



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

Doc. RNDr. Petr Anděl, CSc.

Ekotoxikologie terestrického ekosystému



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

# Posuzování vlivů na životní prostředí



Centrum pro výzkum  
toxických látek



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdelávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována  
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem  
České republiky



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdelávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

# Ekotoxikologie terestrického ekosystému



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí

1. **Úvod do ekotoxikologie terestrického ekosystému**
2. Toxikant v terestrickém ekosystému
3. Biosystém ve vztahu k toxikantu
4. Expozice terestrického ekosystému
5. Osud toxikantů v terestrickém ekosystému
6. Účinky toxikantu na úrovni organismu
7. Účinky toxikantů na úrovni populace
8. Účinky toxikantů na úrovni ekosystému – energie, hmota
9. Účinky toxikantů na úrovni ekosystému – řízení, vývoj
10. Metodika ekotoxikologického výzkumu



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# MINAMATA



# MINAMATA

chemická  
továrna

- záliv Minamata, Japonsko
- továrna na výrobu acetaldehydu
- za období 1932 – 1970 vypuštěno asi 600 tun rtuti

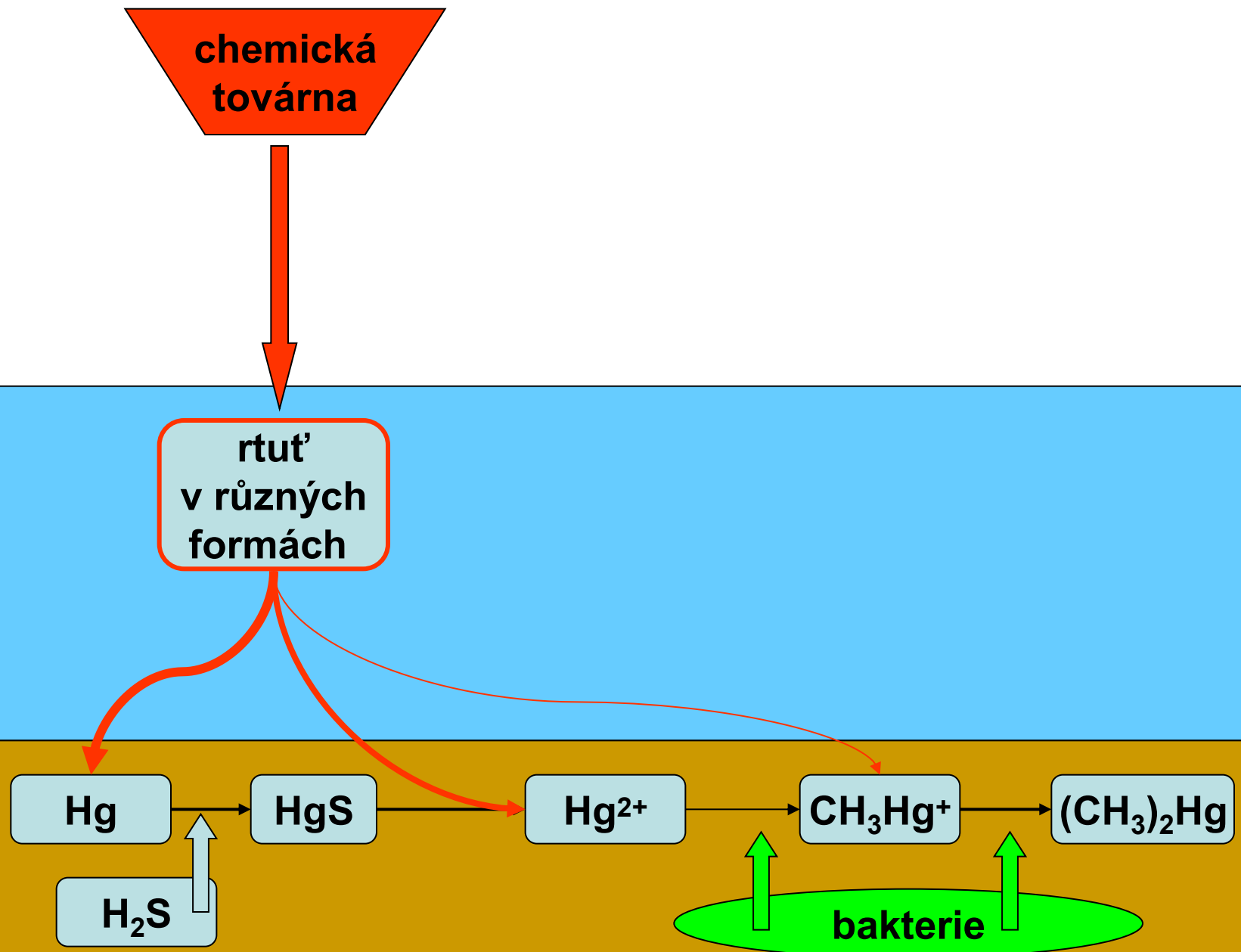
rtuť  
v různých  
formách

Hg

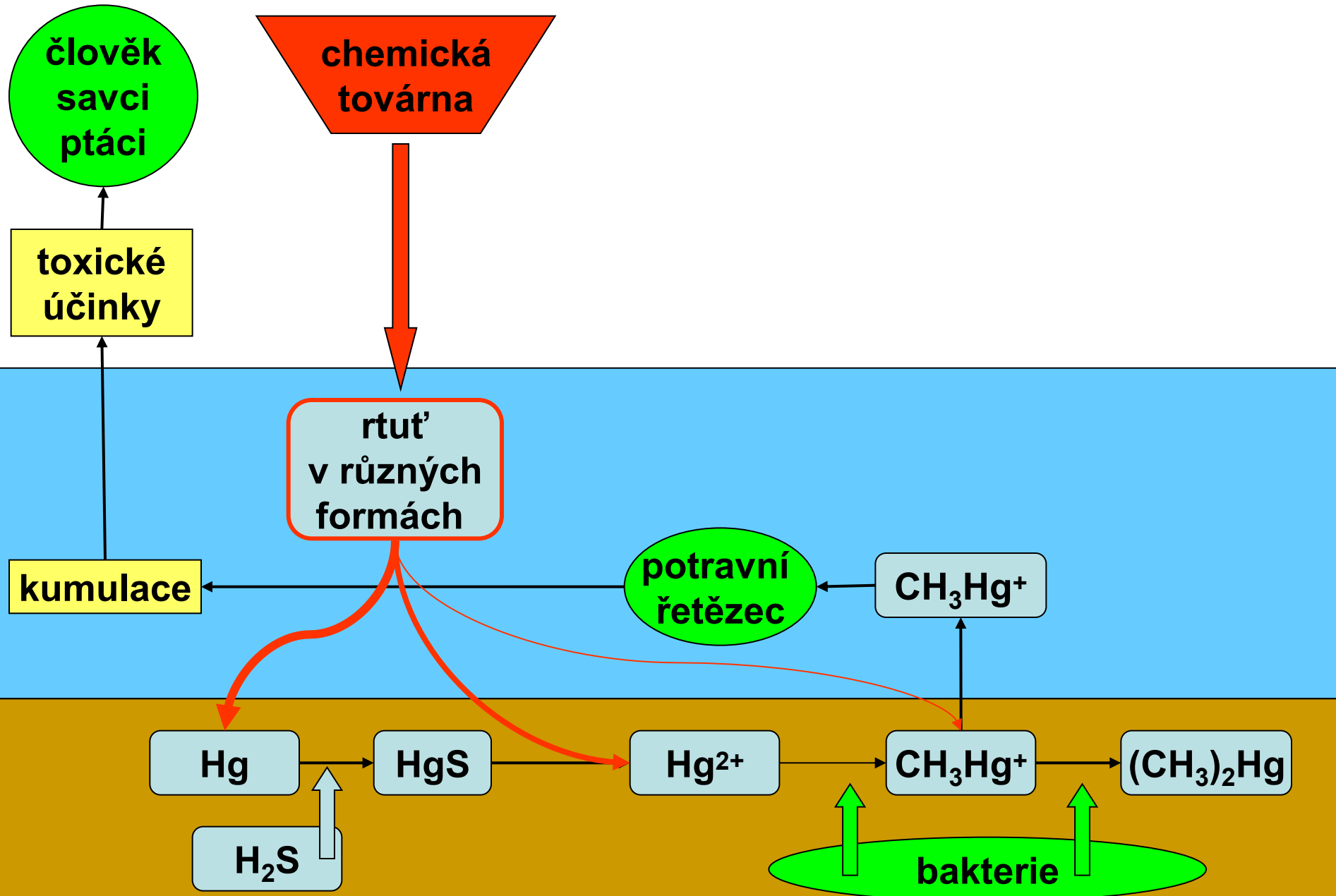
Hg<sup>2+</sup>

CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>

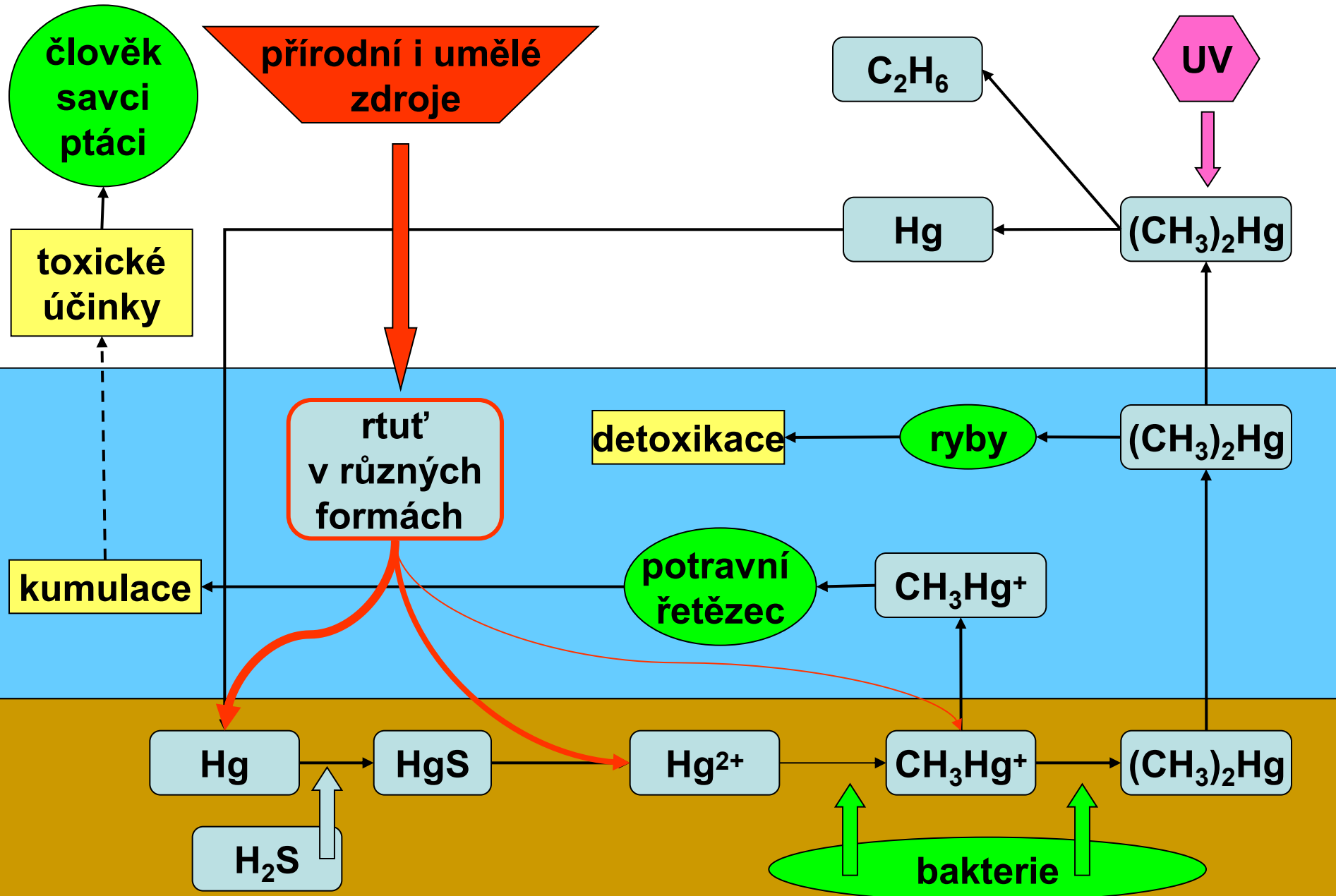
# MINAMATA



# MINAMATA



# KOLOBĚH RTUTI





# 1. ÚVOD

# 1.1 VYMEZENÍ OBORU

# BIOINDIKACE - DEFINICE

## obecná definice

**Bioindikace =  
metoda, kdy na základě vlastností biologických  
systémů se odhadují vlastnosti prostředí**

# BIOINDIKACE - DEFINICE

prostředí formuje živé systémy



*faktory prostředí*

*živé systémy*

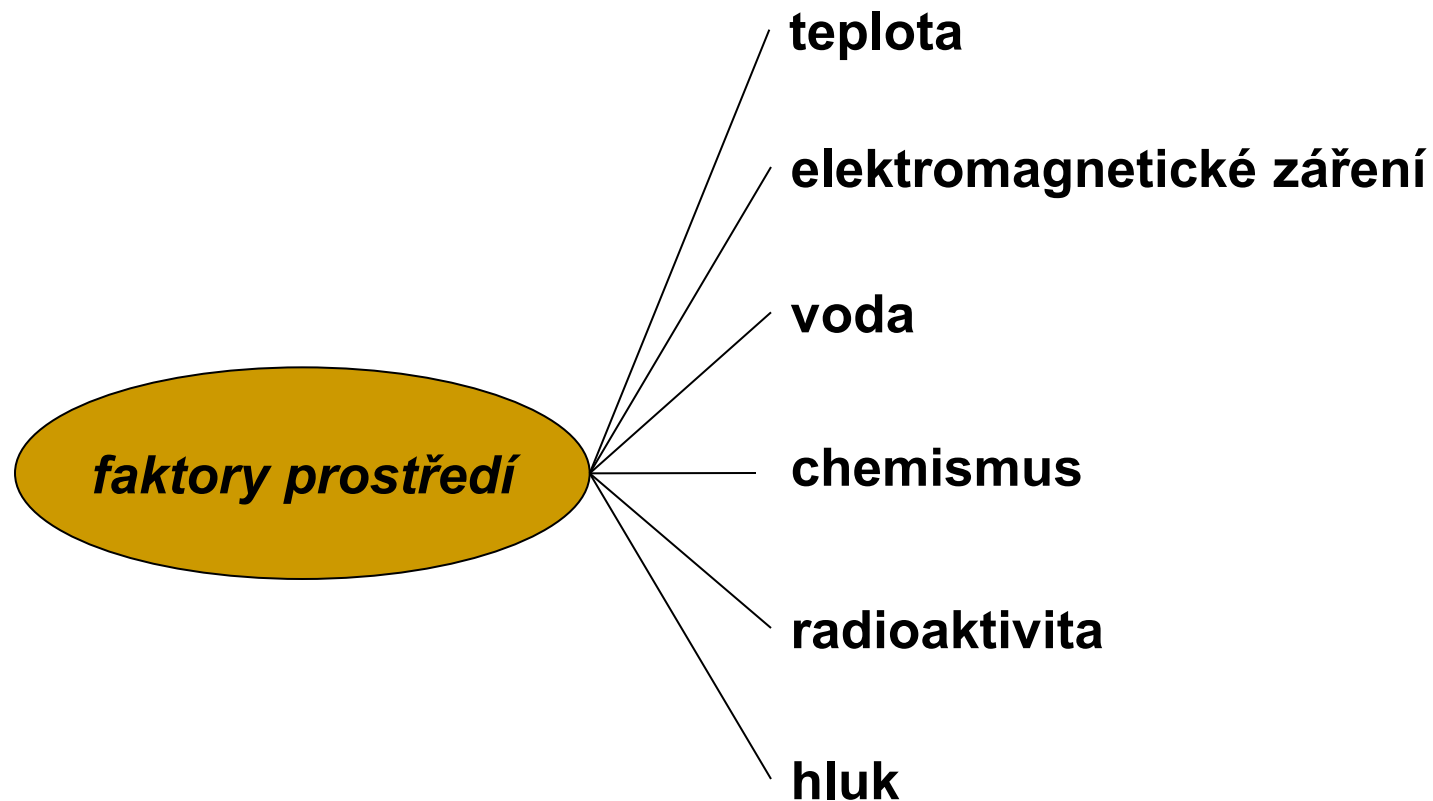
# BIOINDIKACE - DEFINICE

prostředí formuje živé systémy

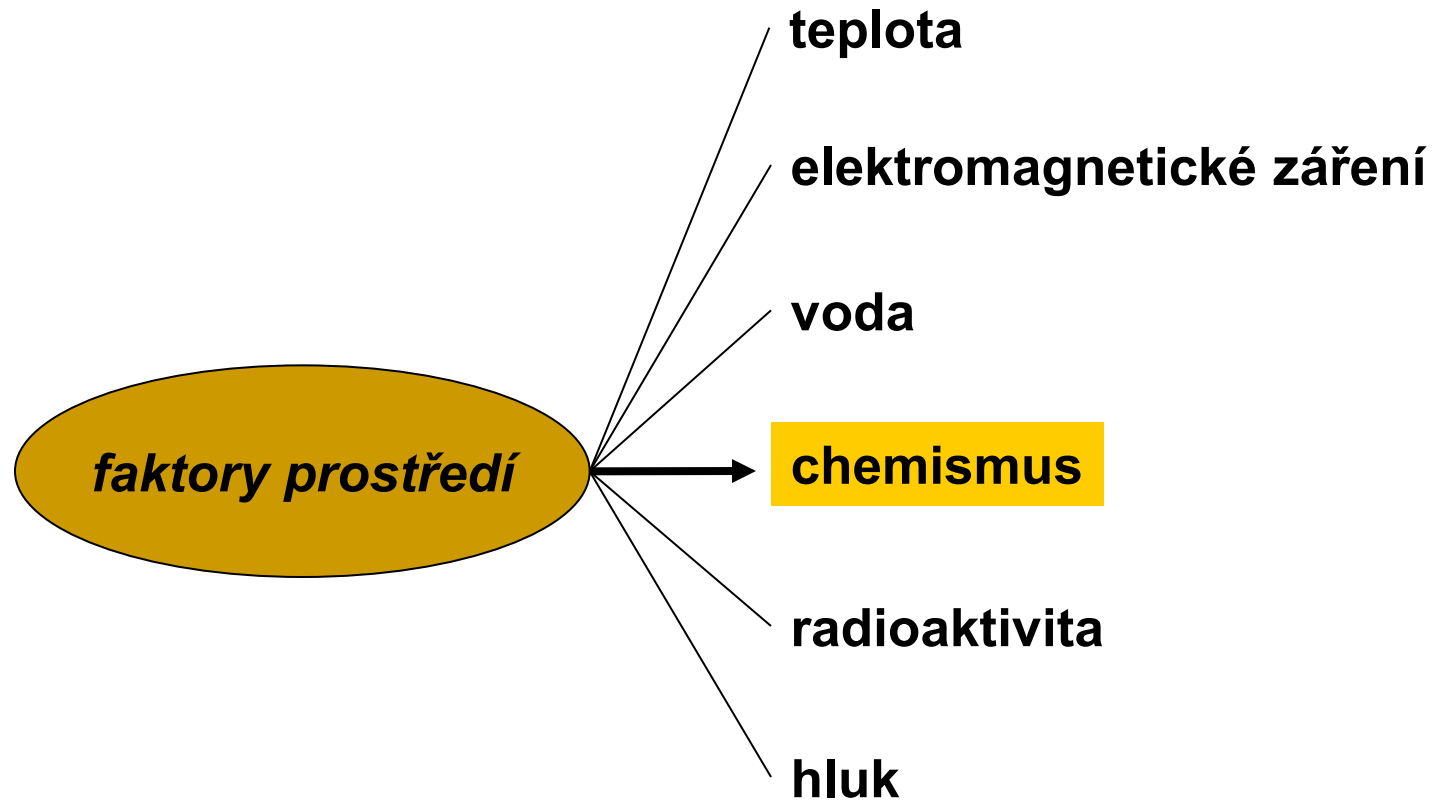


živé systémy poskytují informace o prostředí

# BIOINDIKACE - DEFINICE



# BIOINDIKACE - DEFINICE



# BIOINDIKACE - DEFINICE

**zúžená definice**

**Bioindikace =  
metoda, kdy na základě vlastností biologických  
systémů se odhadují chemické vlastnosti  
prostředí**



# BIOINDIKACE - DEFINICE

**zúžená definice**

**Bioindikace =  
metoda, kdy na základě vlastností biologických  
systémů se odhadují chemické vlastnosti  
prostředí**

**základním oborem ze kterého se vychází je  
ekotoxikologie**

# KONTAMINANT X EKOSYSTÉM

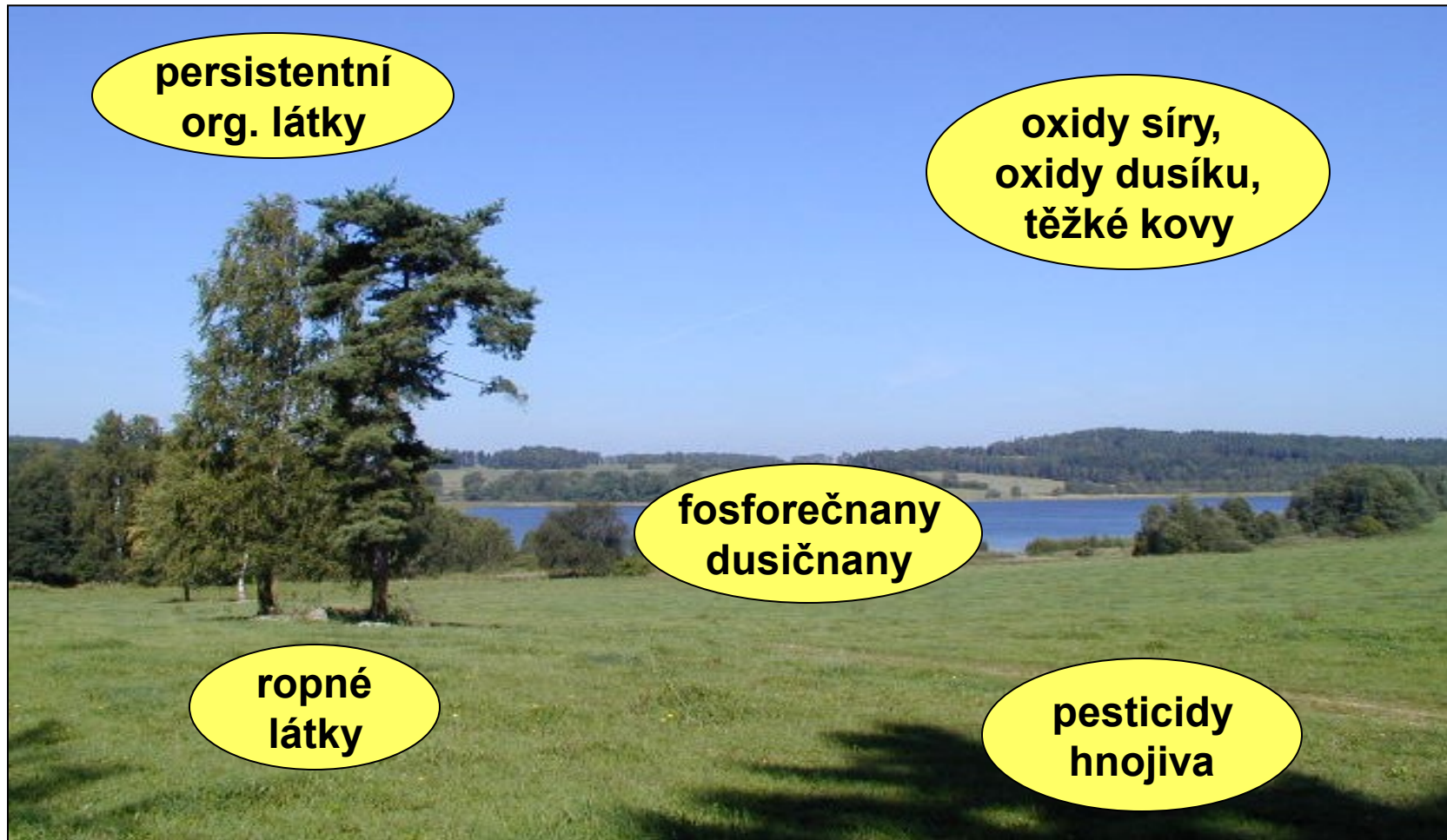
**persistentní  
org. látky**

**oxidy síry,  
oxidy dusíku,  
těžké kovy**

**fosforečnany  
dusičnany**

**ropné  
látky**

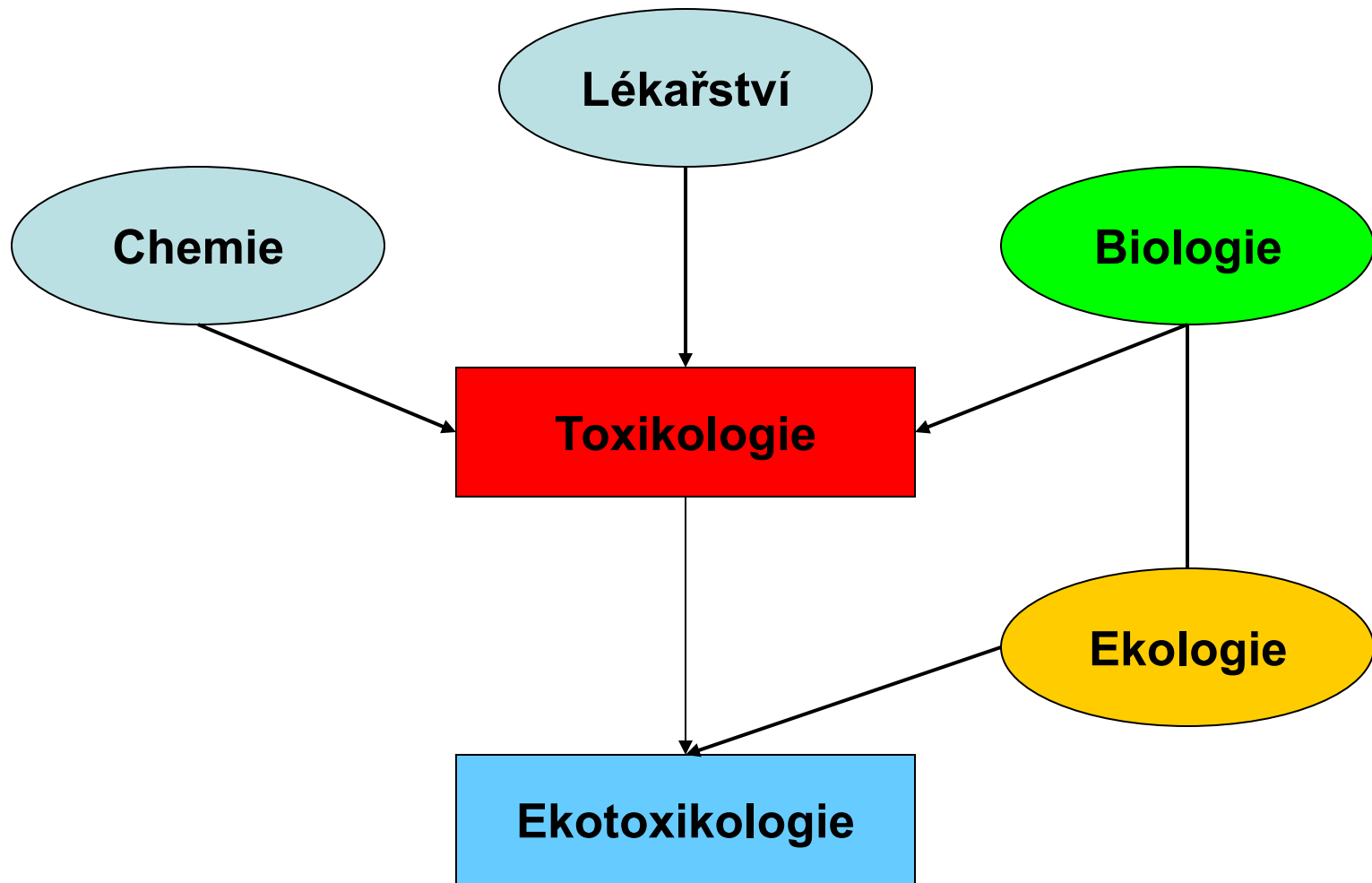
**pesticidy  
hnojiva**



# **EKOTOXIKOLOGIE - DEFINICE**

**Ekotoxikologie – věda, která se zabývá negativním působením chemických látek na živé systémy**

# EKOTOXIKOLOGIE – HRANIČNÍ VĚDNÍ OBOR



➤ ekotoxikologie je hraniční obor mezi ekologií a toxikologií

# EKOTOXIKOLOGIE - OBORY

## Dílčí obory:

- vliv emisí ze spalovacích procesů
- vliv používání pesticidů
- látky ovlivňující ozónovou díru
- látky ovlivňující tepelnou bilanci Země
- nově uváděné chemikálie na trh
- dioxiny
- radionuklidy
- polyaromatické uhlovodíky
- volatilní organické látky
- těžké kovy aj.

# ŠÍŘE POJETÍ EKOTOXIKOLOGIE

2 KRAJNÍ PŘÍSTUPY KE STUDIU VZTAHU  
TOXIKANT X BIOLOGICKÝ SYSTÉM:

# ŠÍŘE POJETÍ EKOTOXIKOLOGIE

## 2 KRAJNÍ PŘÍSTUPY KE STUDIU VZTAHU KONTAMINANT X BIOLOGICKÝ SYSTÉM:

1 jedovatá  
látka

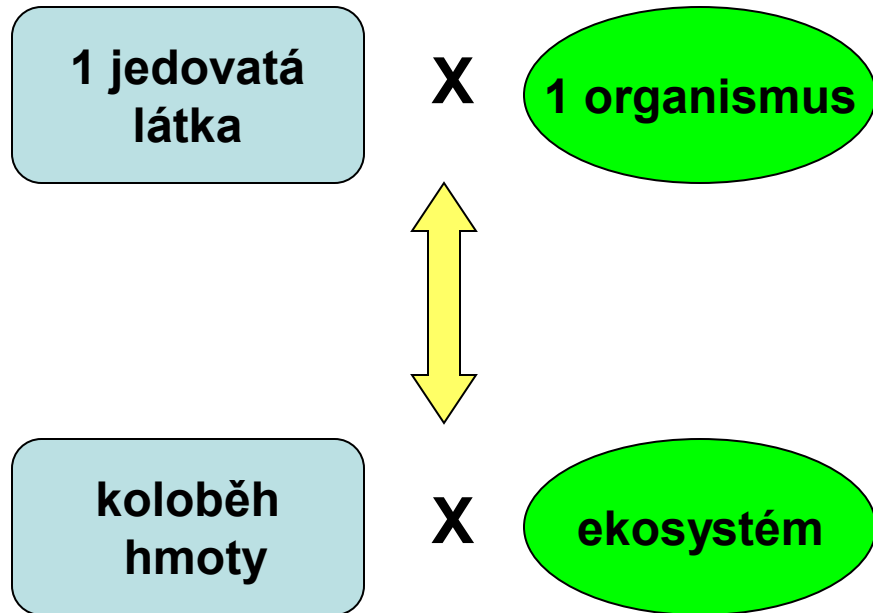
X

1 organismus

- klasická toxikologie
- základ: laboratorní pokusy
- hlavní problém: neodpovídá reálným podmínkám v přírodě

# ŠÍŘE POJETÍ EKOTOXIKOLOGIE

## 2 KRAJNÍ PŘÍSTUPY KE STUDIU VZTAHU KONTAMINANT X BIOLOGICKÝ SYSTÉM:



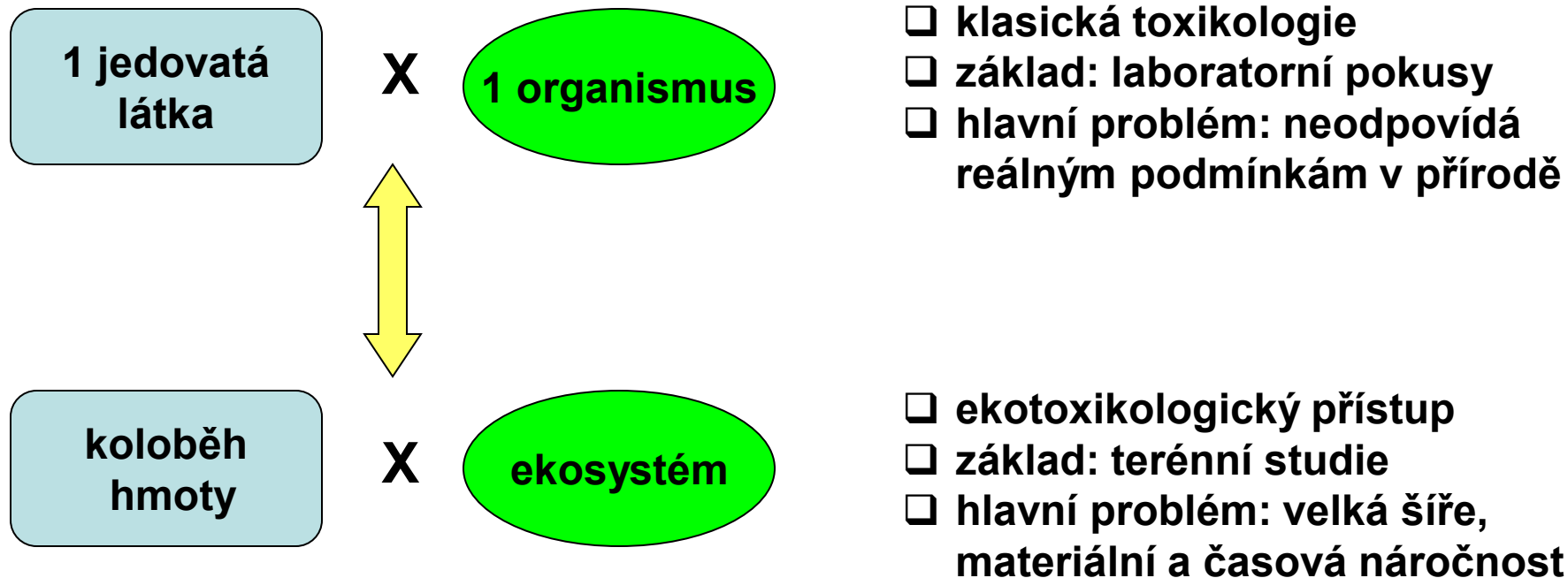
- klasická toxikologie
- základ: laboratorní pokusy
- hlavní problém: neodpovídá reálným podmínkám v přírodě

- ekotoxikologický přístup
- základ: terénní studie
- hlavní problém: velká šíře, materiální a časová náročnost



# ŠÍŘE POJETÍ EKOTOXIKOLOGIE

## 2 KRAJNÍ PŘÍSTUPY KE STUDIU VZTAHU KONTAMINANT X BIOLOGICKÝ SYSTÉM:



- uvedeným studijním přístupům odpovídá i různý rozsah chápání ekotoxikologie: od úzkého na úrovni organismu, až ke komplexnímu ekosystémovému přístupu
- praktické aplikace se nacházejí většinou mezi oběma krajními přístupy

# 1.2 METODICKÉ SCHÉMA

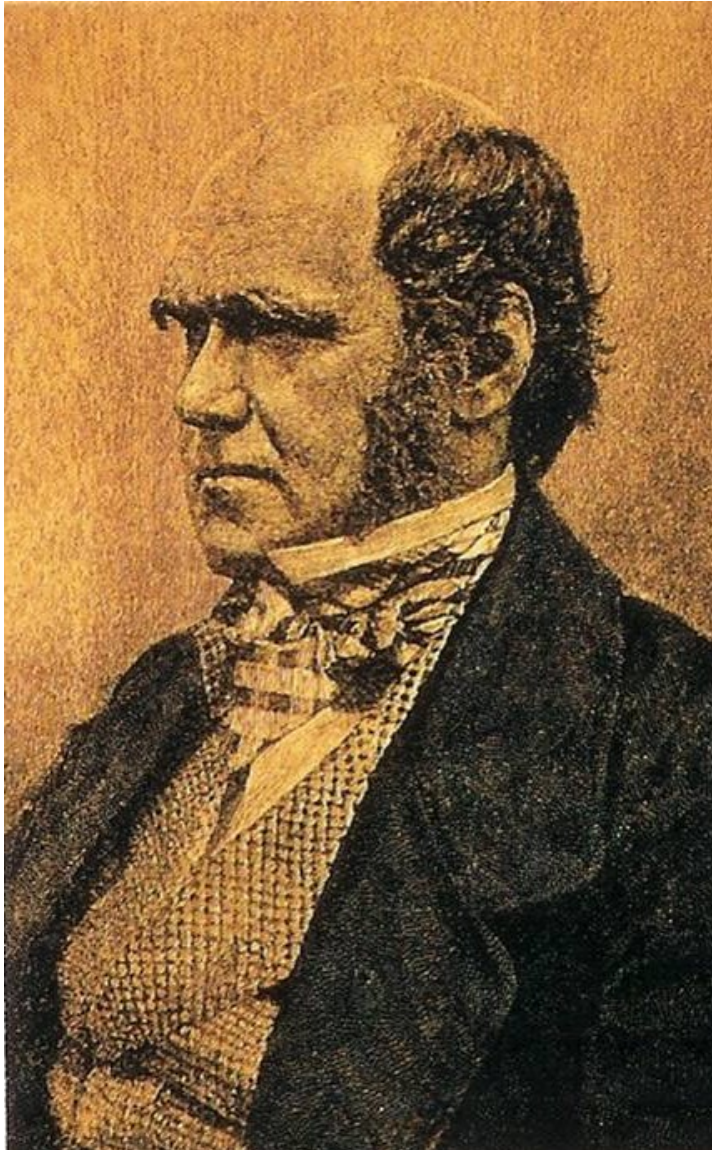
# ZÁKLADNÍ METODICKÉ SCHÉMA

## 4 ZÁKLADNÍ METODICKÉ PŘÍSTUPY:

- systémový přístup
- pravděpodobnostní přístup
- hodnocení expozice a účinku
- evoluční přístup

# 1.3 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP

# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



**Charles DARWIN**  
**(1809 – 1882)**

***„O původu druhů přírodním  
výběrem „ (1859)***

# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“

jetel

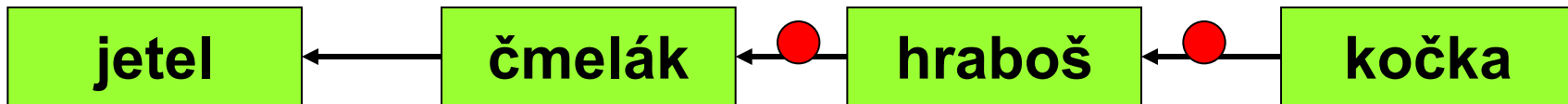
čmelák



# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“

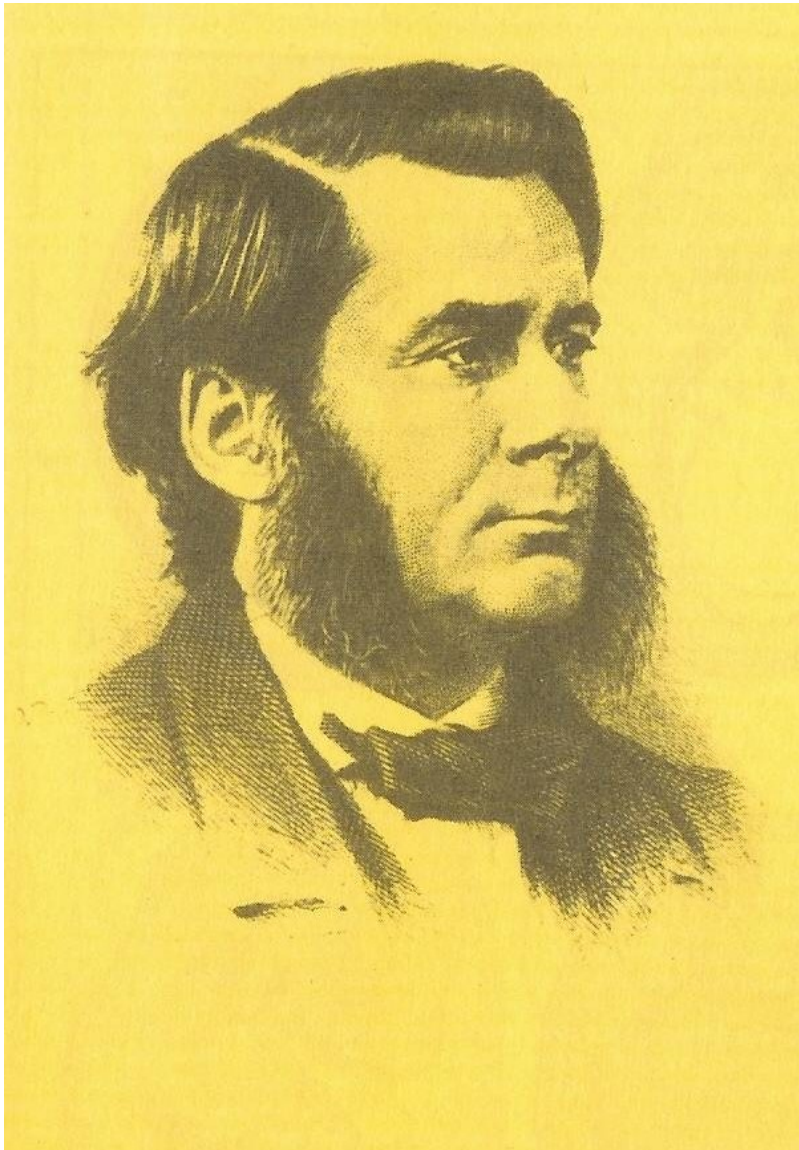


# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“





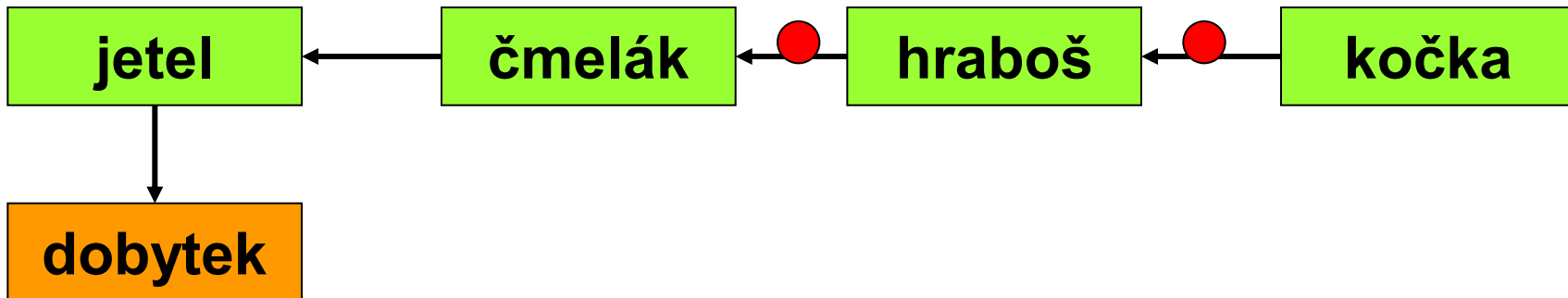
# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



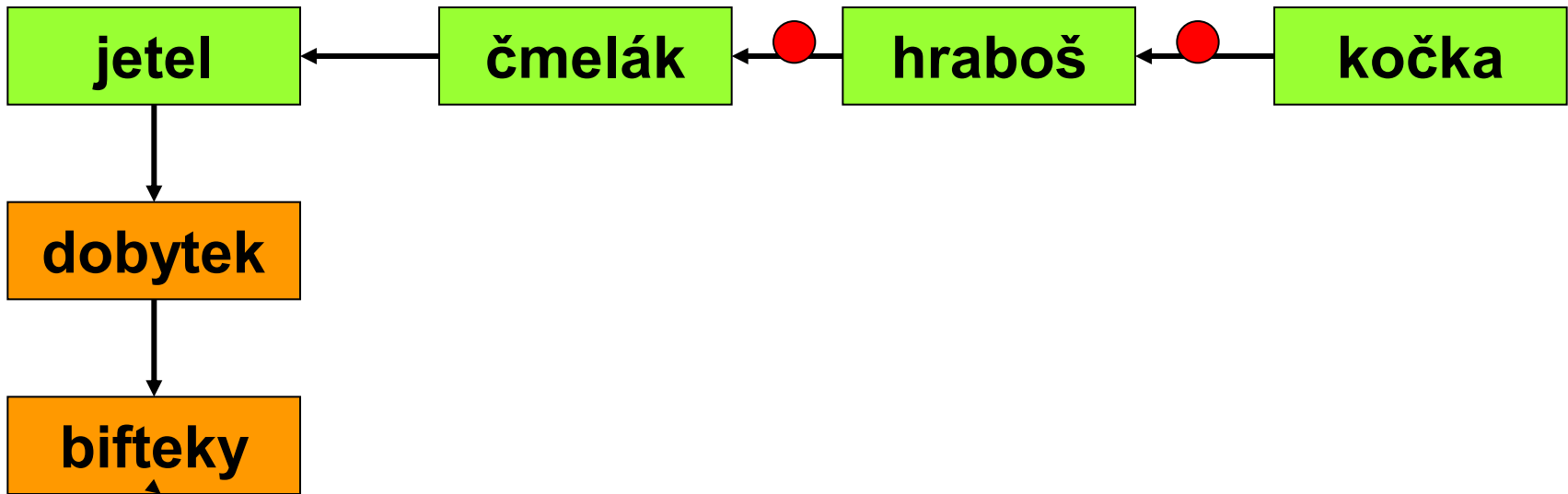
**Thomas HUXLEY  
(1825 - 1895)**

**anglický lékař a  
přírodovědec**

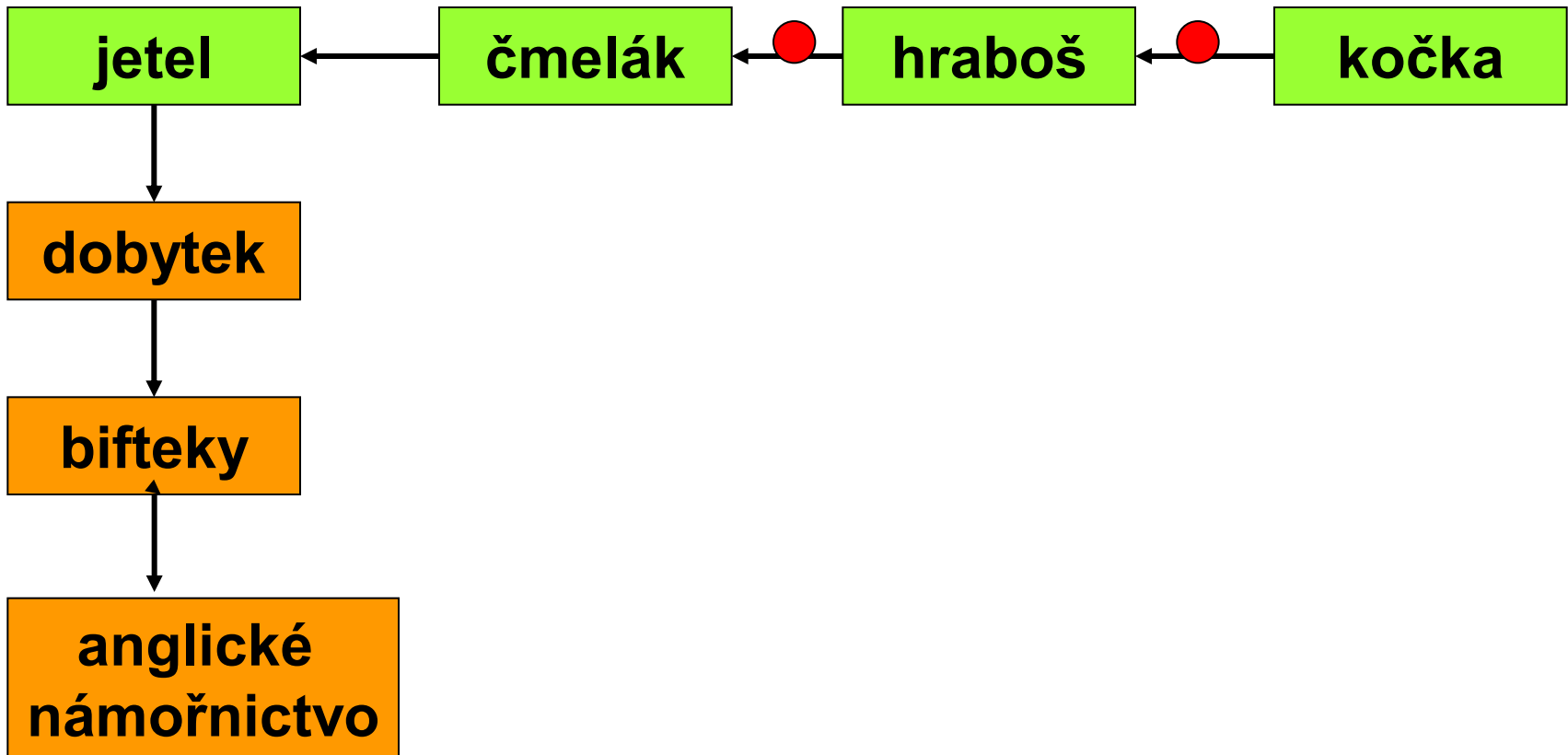
# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



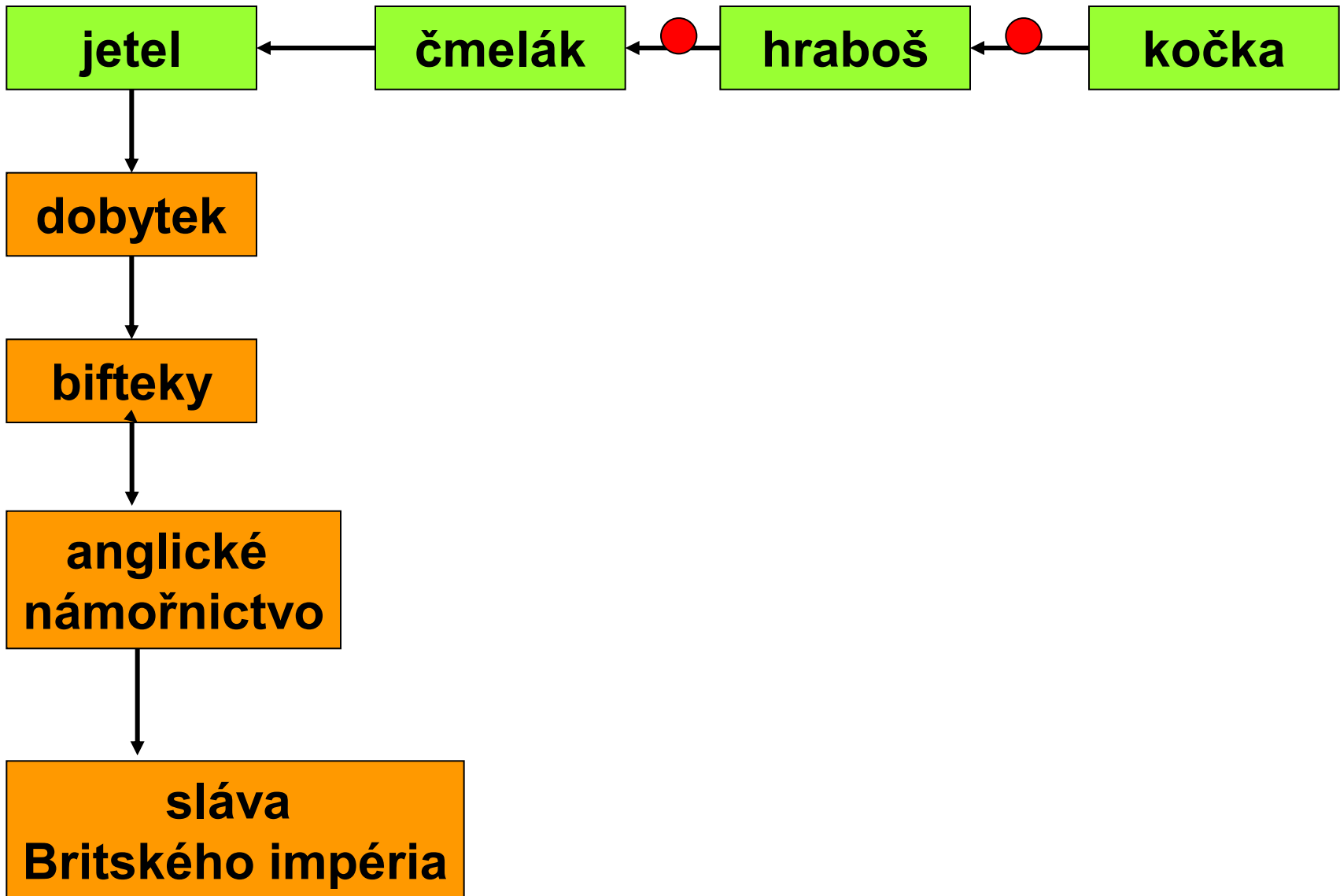
# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



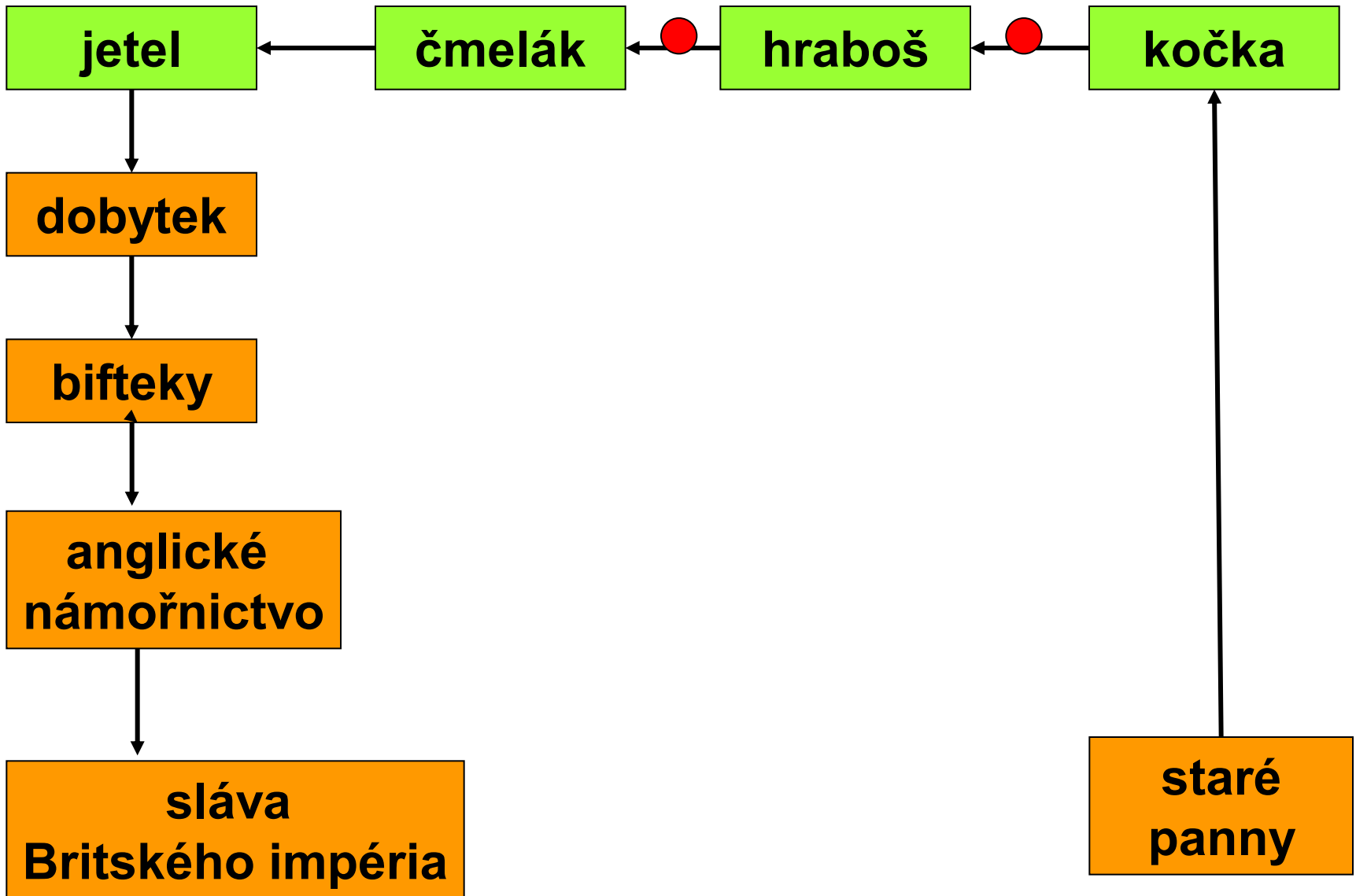
# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



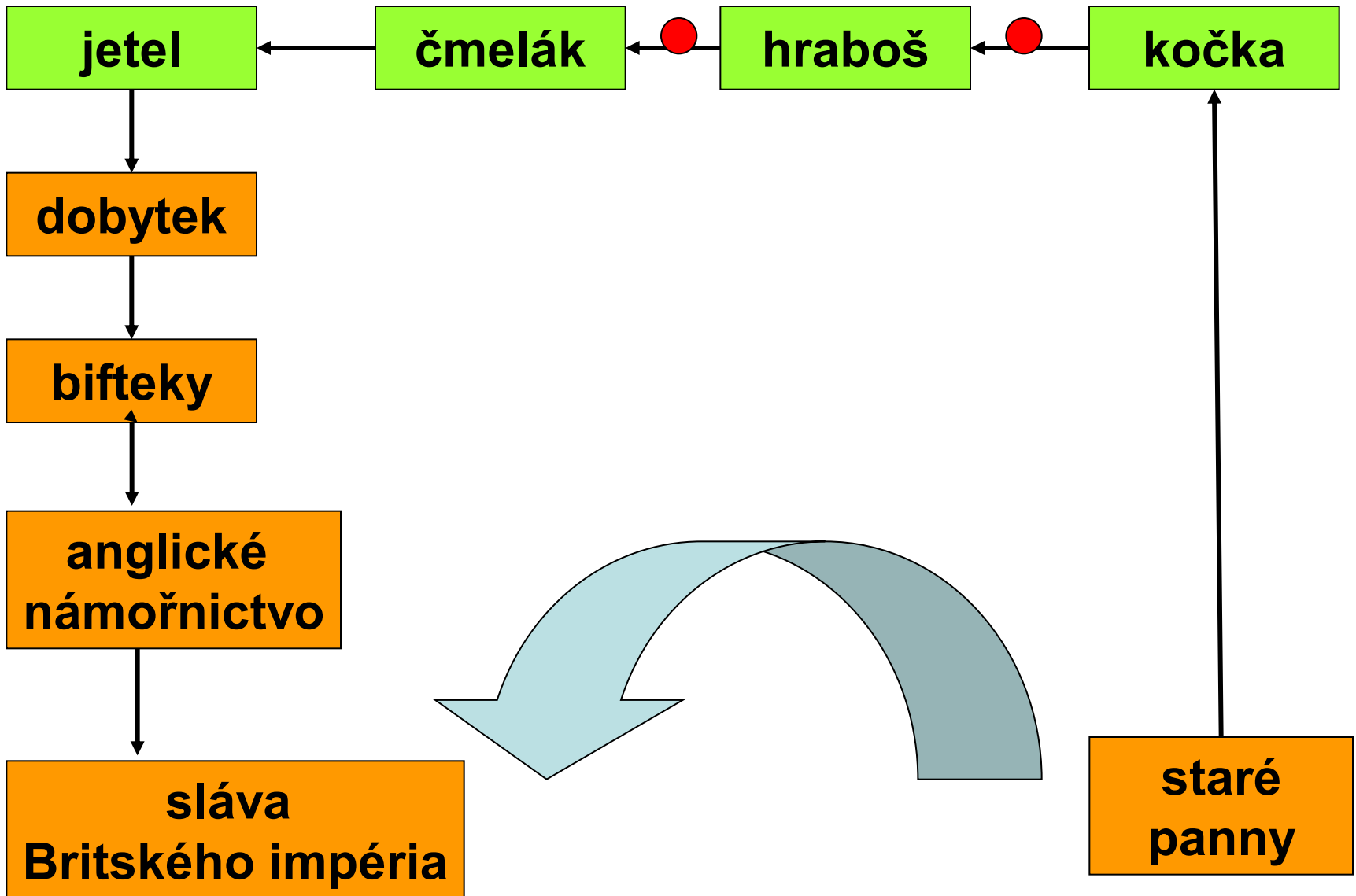
# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“

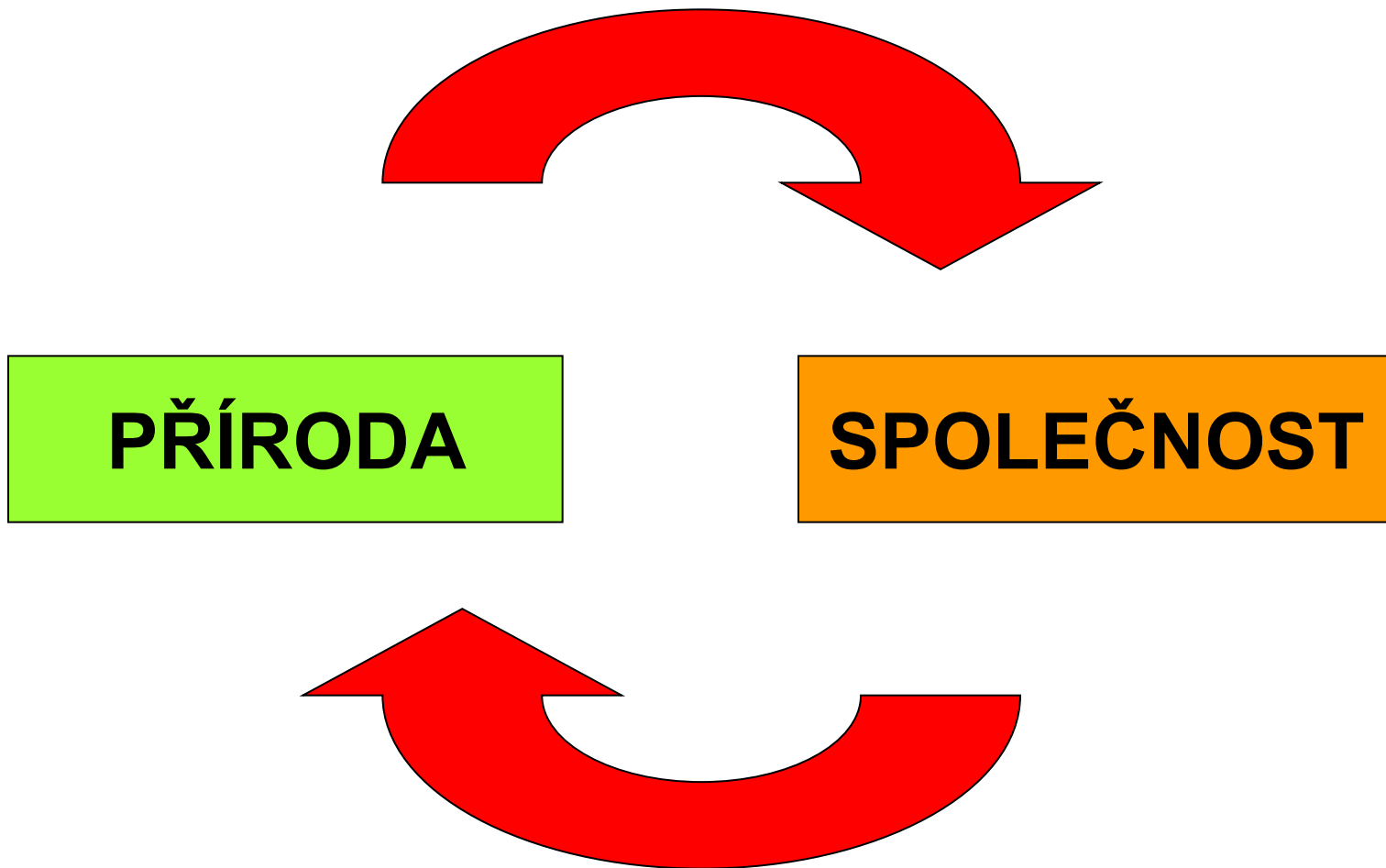


*„všechno souvisí se vším“*

**PRINCIP KOMPLEXNOSTI**

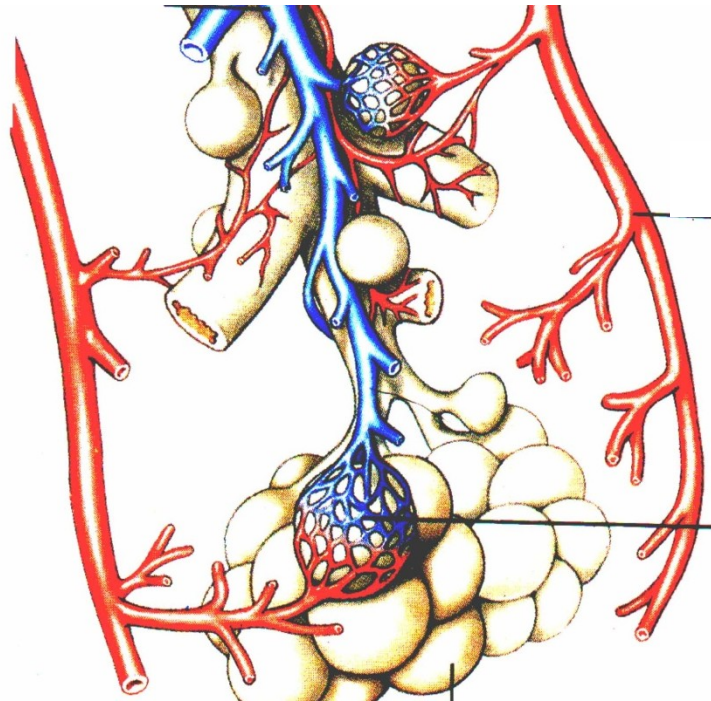
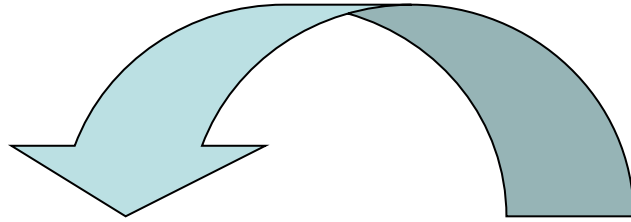


# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“

kyslík



# „PRVNÍ EKOLOGICKÝ PRINCIP“



**kontaminace**

# ***SYSTEM – DEFINICE A VLASTNOSTI***

# DEFINICE SYSTÉMU

**= soubor pravidelně na sebe působících a vzájemně na sobě závislých složek, které tvoří jeden celek**

# VLASTNOSTI SYSTÉMU

- celek je víc než součet částí

# VLASTNOSTI SYSTÉMU

- celek je víc než součet částí
- stupňovité (hierarchické) uspořádání

# VLASTNOSTI SYSTÉMU

- celek je víc než součet částí
- stupňovité (hierarchické) uspořádání
- celek i jeho části se vzájemně ovlivňují



# VLASTNOSTI SYSTÉMU

- **celek je víc než součet částí**
- **stupňovité (hierarchické) uspořádání**
- **celek i jeho části se vzájemně ovlivňují**
- **system má vstup a výstup a s okolím si vyměňuje energii, hmotu, informace**

# DEFINICE POJMŮ

**Struktura** = způsob uspořádání vztahů mezi prvky systému

**Vazba** = hmotné, nehmotné nebo informační spojení mezi prvky systému

**Zpětná vazba** = vazba mezi výstupem a vstupem téhož prvku, která způsobuje, že vstup je závislý na výstupu

**Chování systému** = způsob reakce systému na podněty z okolí

# 1.4 PRAVDĚPODOBNOSTNÍ PŘÍSTUP

***RIZIKO***

# RIZIKO

**Riziko = pravděpodobnost, že za dané situace dojde ke škodlivému (negativnímu) působení na hodnocený systém**

# RIZIKO

**Riziko = pravděpodobnost, že za dané situace dojde ke škodlivému (negativnímu) působení na hodnocený systém**

**ekotoxikologie vychází z hodnocení rizik**

**Výsledek ekotoxikologického průzkumu:**  
**toxikant (T) bude mít na biologický systém (B)**  
**za daných podmínek s pravděpodobností  $\alpha$**   
**definovaný vliv**

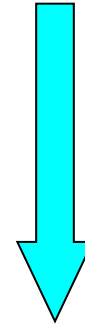
# Co je škodlivé?

**Základní problém:**

**-co je škodlivý vliv pro biosystém?**

**Organizační úrovně:**

- organismus**
- populace**
- ekosystém**



**roste neurčitost odpovědi**

# Co je škodlivé

**V praxi:**

**za negativní vliv budou považovány všechny změny současného stavu, které se projeví ve struktuře , v toku energie, koloběhu hmoty, řízení nebo vývoji ekosystému, kromě změn plynoucích z přirozeného vývoje a přirozené variability**



# POTENCIÁL

**POTENCIÁL:**

**= souhrn možností a schopností něco udělat**

# POTENCIÁL

**POTENCIÁL:**

**= souhrn možností a schopností něco udělat**

**Příklady ve všech fázích hodnocení:**

- způsobilst toxikantů k vyvolání účinku**
- způsobilst biosystému k přijetí účinku**
- způsobilst místa k depozici látek**
- způsobilst místa k fotolýze látky**
- aj.**

# 1.5 HODNOCENÍ EXPOZICE A ÚČINKU

# ***OSNOVA HODNOCENÍ RIZIKA***

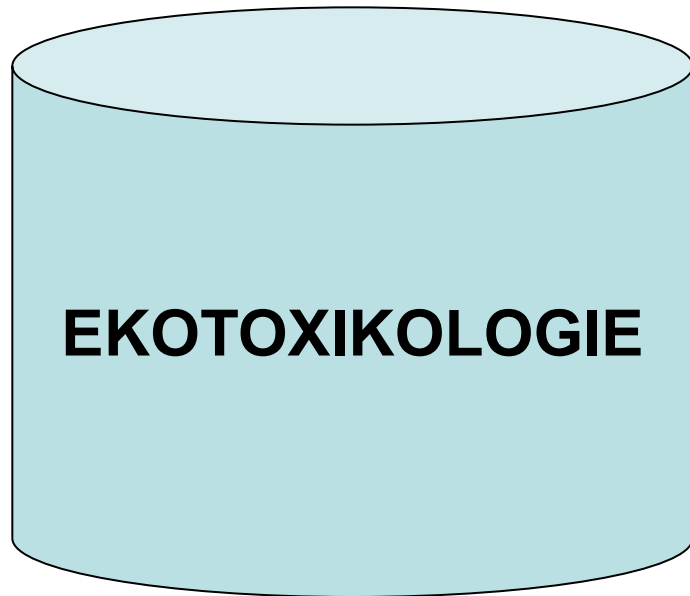
# OSNOVA HODNOCENÍ RIZIKA

**METODIKA HODNOCENÍ RIZIKA  
= ZÁKLADNÍ PŘÍSTUP V EKOTOXIKOLOGII**

## **ZÁKLADNÍ KROKY:**

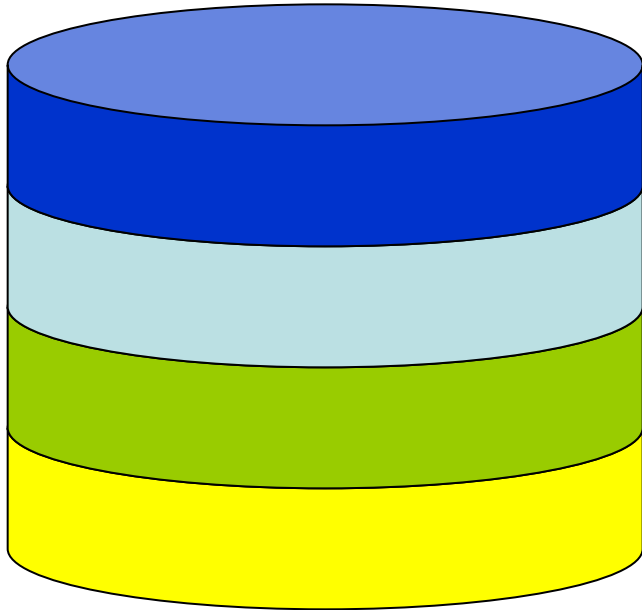
- 1. DEFINICE PROBLÉMU (hodnocení nebezpečnosti)**
- 2. HODNOCENÍ EXPOZICE**
- 3. HODNOCENÍ ÚČINKU**
- 4. CHARAKTERISTIKA RIZIKA**

# ROZDĚLENÍ EKOTOXIKOLOGIE



# ROZDĚLENÍ EKOTOXIKOLOGIE

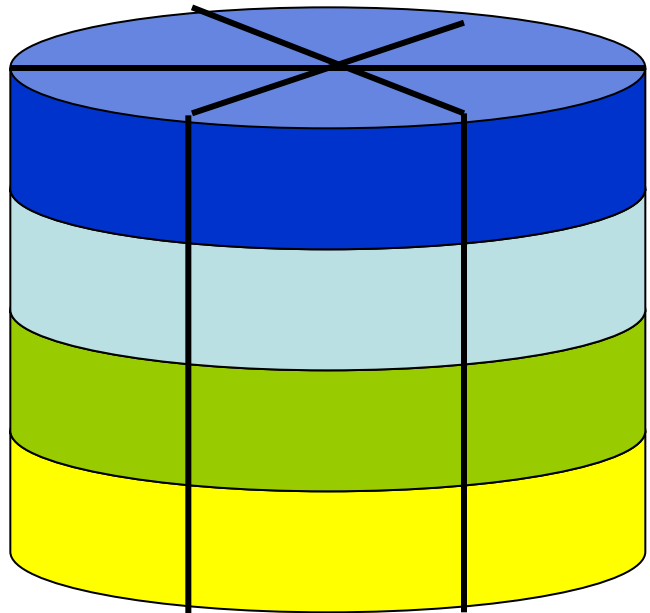
## OBECNÉ DISCIPLÍNY



- **hodnocení nebezpečnosti**
- **hodnocení expozice**
- **hodnocení účinku**
- **charakterizace rizika**

# ROZDĚLENÍ EKOTOXIKOLOGIE

## TAXONOMICKÉ TŘÍDĚNÍ





# ROZDĚLENÍ EKOTOXIKOLOGIE

## TAXONOMICKÉ TŘÍDĚNÍ

Např.:



**dioxiny**

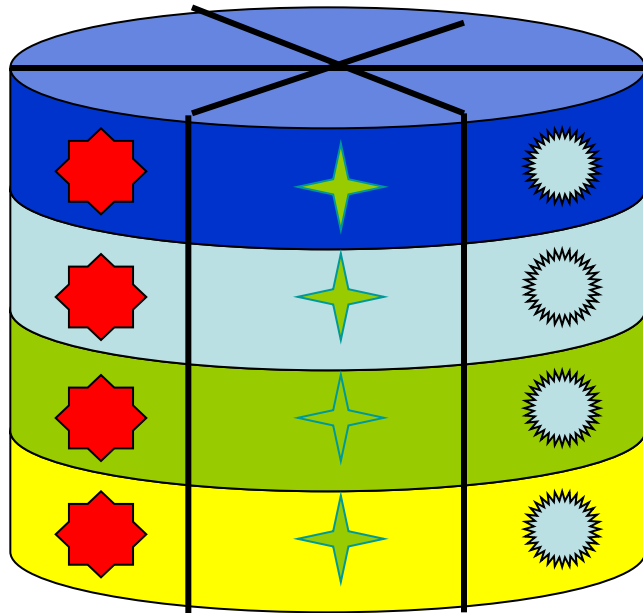


**těžké kovy**



**pesticidy**

.....



# 1.6

## EVOLUČNÍ PŘÍSTUP

# CHEMICKÝ BOJ

**Chemický boj**

**= běžná součást vztahu mezi organismy**

# CHEMICKÝ BOJ

**Chemický boj**

**= běžná součást vztahu mezi organismy**

**Chemické látky z pohledu jedince:**

**☐ vlastní – součástí jeho metabolismu**

**☐ cizí = xenobiotika – všechny ostatní**

**⇒ každý organismus obklopen cizími látkami**

**⇒ nutnost vytvořit si obranné mechanismy**

# CHEMICKÝ BOJ

**Xenobiotika vytvořená člověkem:**

**= v principu stejný problém jako od jiných druhů**

**⇒ využívání stejných obranných mechanismů  
vytvořených během evoluce**

# VYLUČOVACÍ SOUSTAVA

VS

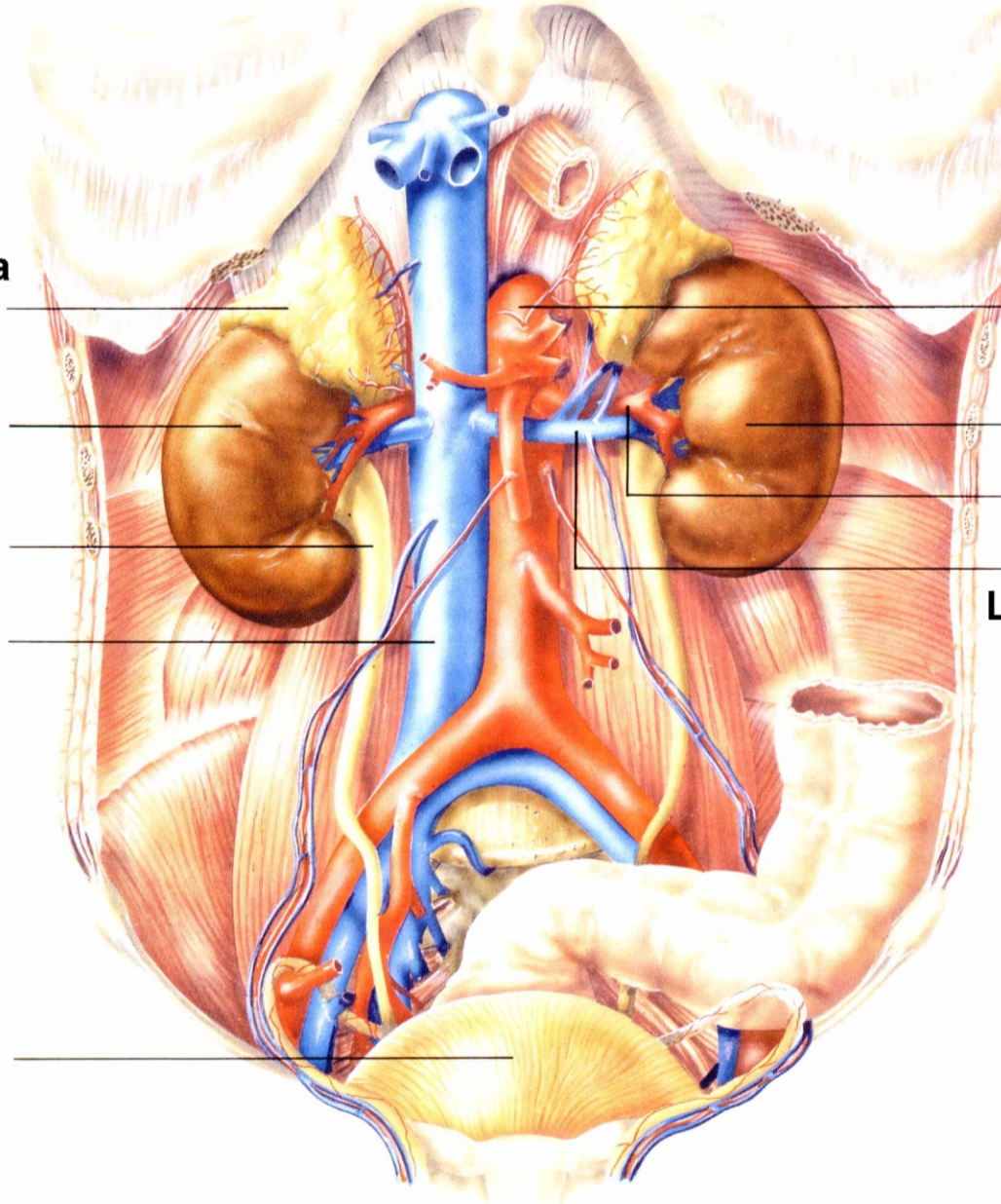
Nadledvina

Ledvina

Močovod

Dolní  
dutá žíla

Močový  
měchýř



Aorta

Ledvina

Ledvinná  
tepna

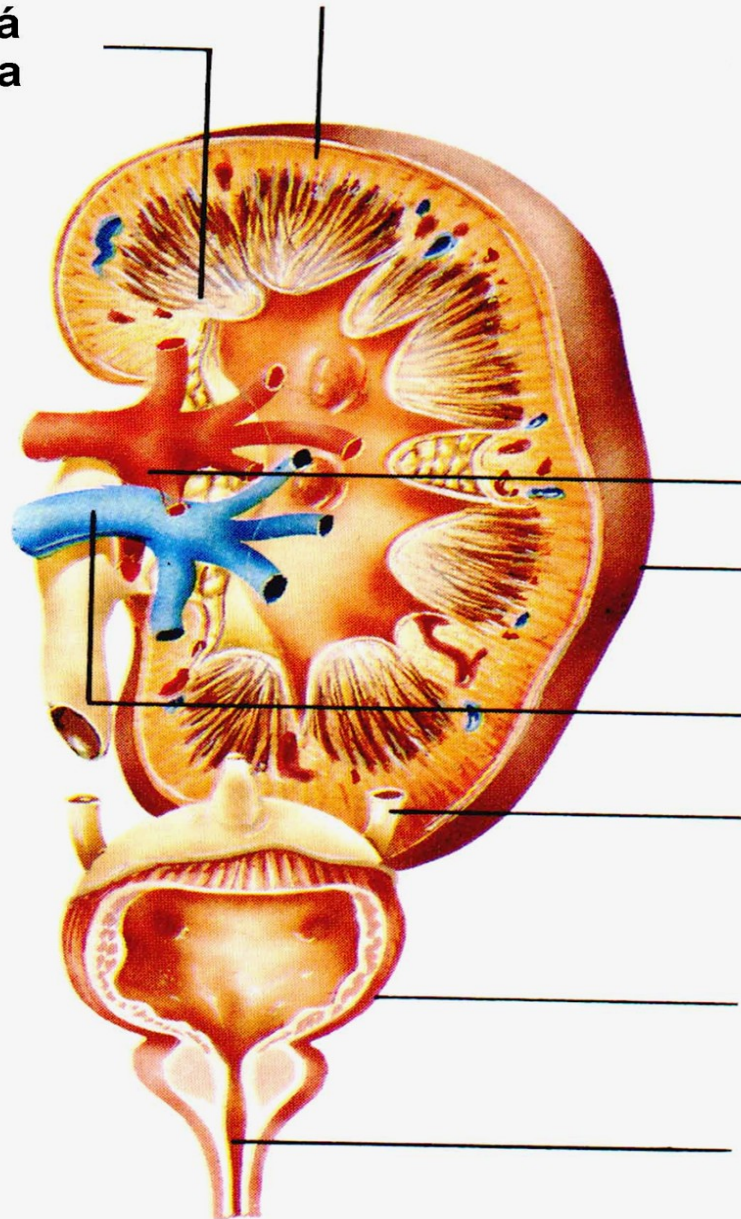
Ledvinná  
žíla

# ŘEZ LEDVINOU

VS

Ledvinná  
pyramida

Ledvinná kůra



Ledvinná tepna

Ledvinné pouzdro

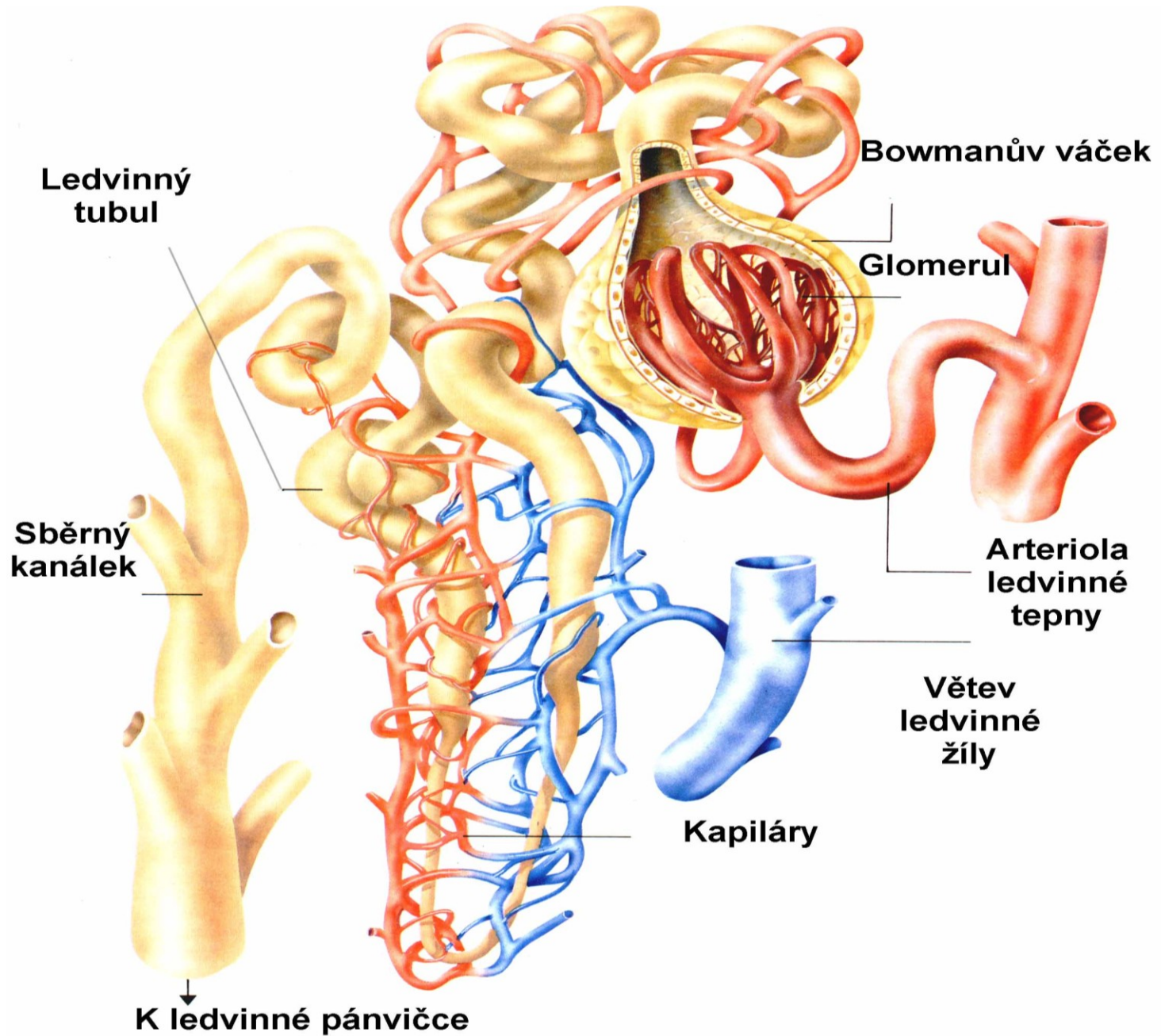
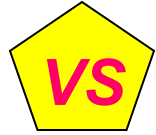
Ledvinná žíla

Močovod

Močový měchýř

Močová trubice

# NEFRON





# CHEMICKÝ BOJ

**2 základní bojové způsoby využívání látek:**

- obrana
- útok

**Stručný přehled rozdělený na:**

- mikroorganismy + houby
- rostliny
- živočichy

# ***LÁTKY PRODUKOVANÉ MIKROORGANISMY***

# Mikrobiální toxiny

- u většina mikroorganismů
- př.:  
*Clostridium botulinum* – botulinotoxin  
*Bacillus anthracis* – snět' slezinná



**vodní květ sinic**



**vodní květ sinic**

# Antibiotika

**= chemické látky vylučované organismy k potlačení růstu mikroorganismů**

**fytoncidy – antibiotika produkovaná vyššími rostlinami**

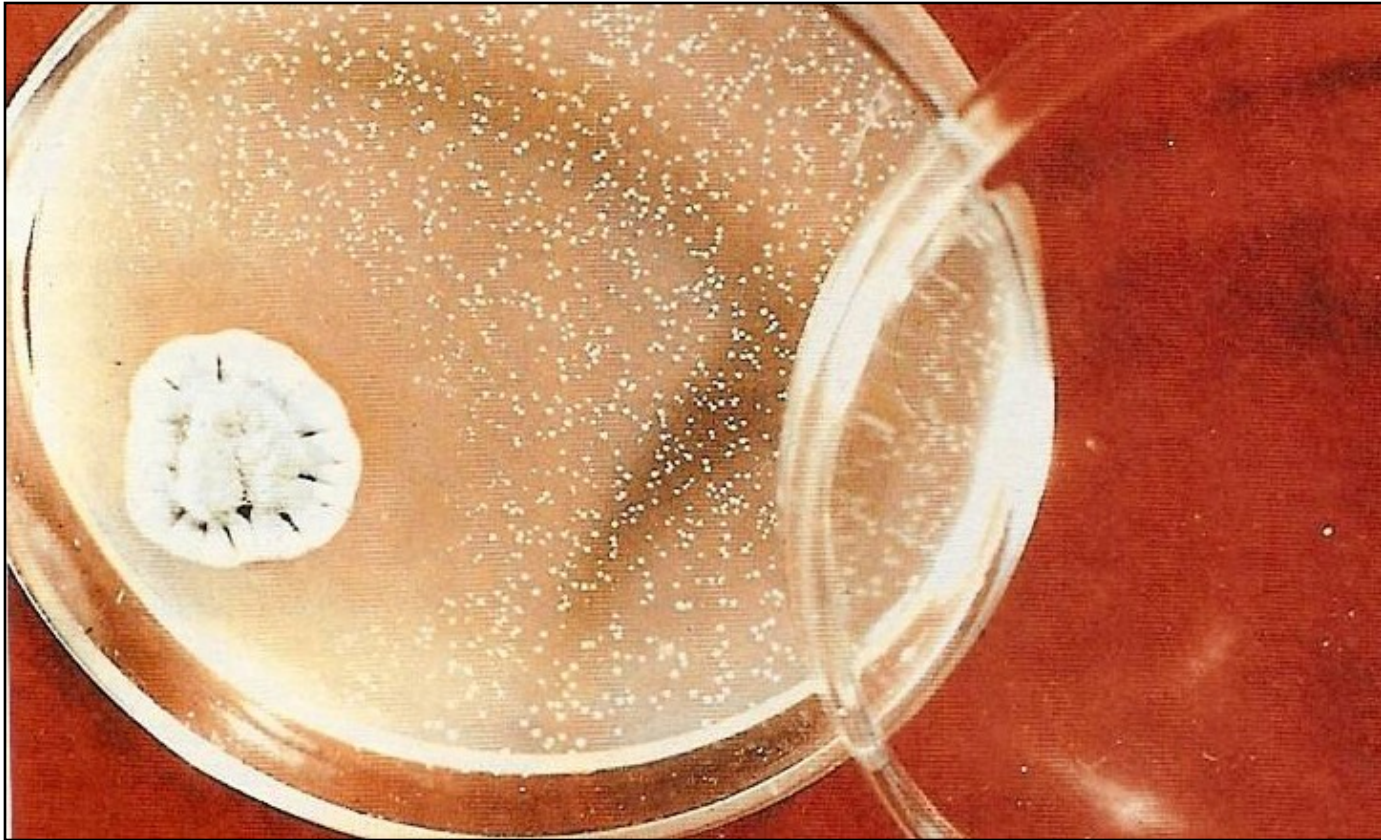
# Alexander Fleming



# Alexander Fleming

1928

St. Mary's Hospital, Londýn



kolonie bakterie *Staphylococcus aureus* a plísně *Penicillium chrysogenum*



# **Alexander Fleming**

**( 1881 – 1955 )**

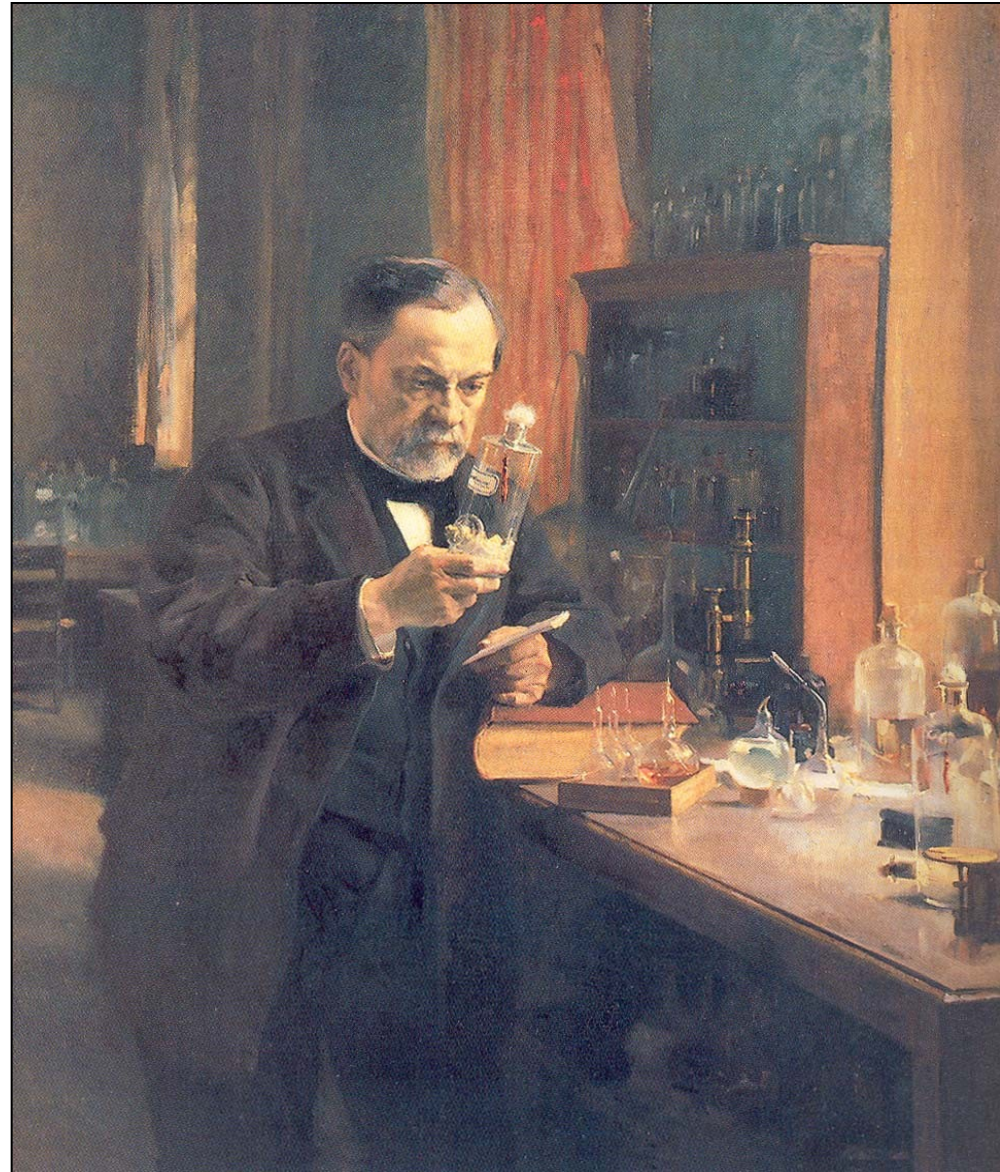
- ☐ skotský bakteriolog**
- ☐ objevitel prvního antibiotika - 1928**
- ☐ praktická využitelnost – na základě prací  
E. Chain, H. Florey 1940**
- ☐ nositel Nobelovy ceny (1945)**

# LOUIS PASTEUR

1822 – 1895

francouzský chemik  
a mikrobiolog

- průkopník antiseptiky  
( studie a základy  
bakteriologie)
- objevil očkování  
proti vzteklině a  
sněti slezinné
- objev pasterizace



# LOUIS PASTEUR

**1874 – úvodní řeč L. Pasteura  
v Akademii lékařských věd v Paříži**

**„Kdybych, pánové, měl čest být chirurgem jako vy, každý nástroj bych před použitím protáhl plamenem.**

# LOUIS PASTEUR

**1874 – úvodní řeč L. Pasteura  
v Akademii lékařských věd v Paříži**

**„Kdybych, pánové, měl čest být chirurgem jako vy, každý nástroj bych před použitím protáhl plamenem.**

**Kdybych měl čest být chirurgem, umýval a dezinfikoval bych si před operací pečlivě ruce a neužíval bych ani vaty, ani obvazů, které nebyly předem důkladně vystaveny vzduchu ohřátému na 130 až 150 stupňů.**

# LOUIS PASTEUR

**1874 – úvodní řeč L. Pasteura  
v Akademii lékařských věd v Paříži**

**„Kdybych, pánové, měl čest být chirurgem jako vy, každý nástroj bych před použitím protáhl plamenem.**

**Kdybych měl čest být chirurgem, umýval a dezinfikoval bych si před operací pečlivě ruce a neužíval bych ani vaty, ani obvazů, které nebyly předem důkladně vystaveny vzduchu ohřátému na 130 až 150 stupňů.**

**Kdybych měl čest být chirurgem, nepoužíval bych při operaci vodu, která nebyla očištěna zahřátím na 110 až 120 stupňů“**

# LOUIS PASTEUR

**1874 – úvodní řeč L. Pasteura  
v Akademii lékařských věd v Paříži**

**„Kdybych, pánové, měl čest být chirurgem jako vy, každý nástroj bych před použitím protáhl plamenem.**

**Kdybych měl čest být chirurgem, umýval a dezinfikoval bych si před operací pečlivě ruce a neužíval bych ani vaty, ani obvazů, které nebyly předem důkladně vystaveny vzduchu ohřátému na 130 až 150 stupňů.**

**Kdybych měl čest být chirurgem, nepoužíval bych při operaci vodu, která nebyla očištěna zahřátím na 110 až 120 stupňů“**

**.... pískot a nesmírný povyk mu byly odpovědí.**

# ***LÁTKY PRODUKOVANÉ ROSTLINAMI***

# OCHRANA PROTI BÝLOŽRAVCŮM



# Alkaloidy

- dusíkaté látky vesměs se silnými účinky na organismus
- č. makovité: mák setý, vlašovičník větší
- č. dýmnivkovité: dýmnivka dutá
- č. lilkovité: rulík zlomocný, blín černý, durman obecný
- č. pryskyřníkovité: oměj šalamounek
- č. liliovité: ocún jesenní

# Glykosidy

- lehce se štěpící esterové deriváty cukrů
- dělení podle složení – gl. kyanovodíkové, antrachinonové, fenolové aj.
- velká množství glykosidů mají zástupci č. pryskyřníkovitých, vikvovitých, svlačcovitých, tolejšovitých
  
- např. glykosidy s účinky na srdeční sval  
hlaváček jarní, náprstník červený, konvalinka vonná

# Saponiny

- látky podobné glykosidům, při třepání s vodou silně pění
- ve vyšších koncentracích – rozrušují červené krvinky (hemolýza)
- podráždění žaludeční a střevní sliznice
  
- mydlice lékařská, divizna velkokvětá, prvosenka jarní, jehlice trnitá

# Silice

- směsi těkavých, často vonných látek
- především terpeny a jejich deriváty
- č. hluchavkovité, růžovité, mrkvovité, vavřívovité
- zvláštní skupinou jsou furokumariny
- kumarin a jeho deriváty – antagonisté vitamínu K, snižují srážlivost krve
- č. mrkvovité, vikvovité

# Medvídek koala

a

blahovičník manový

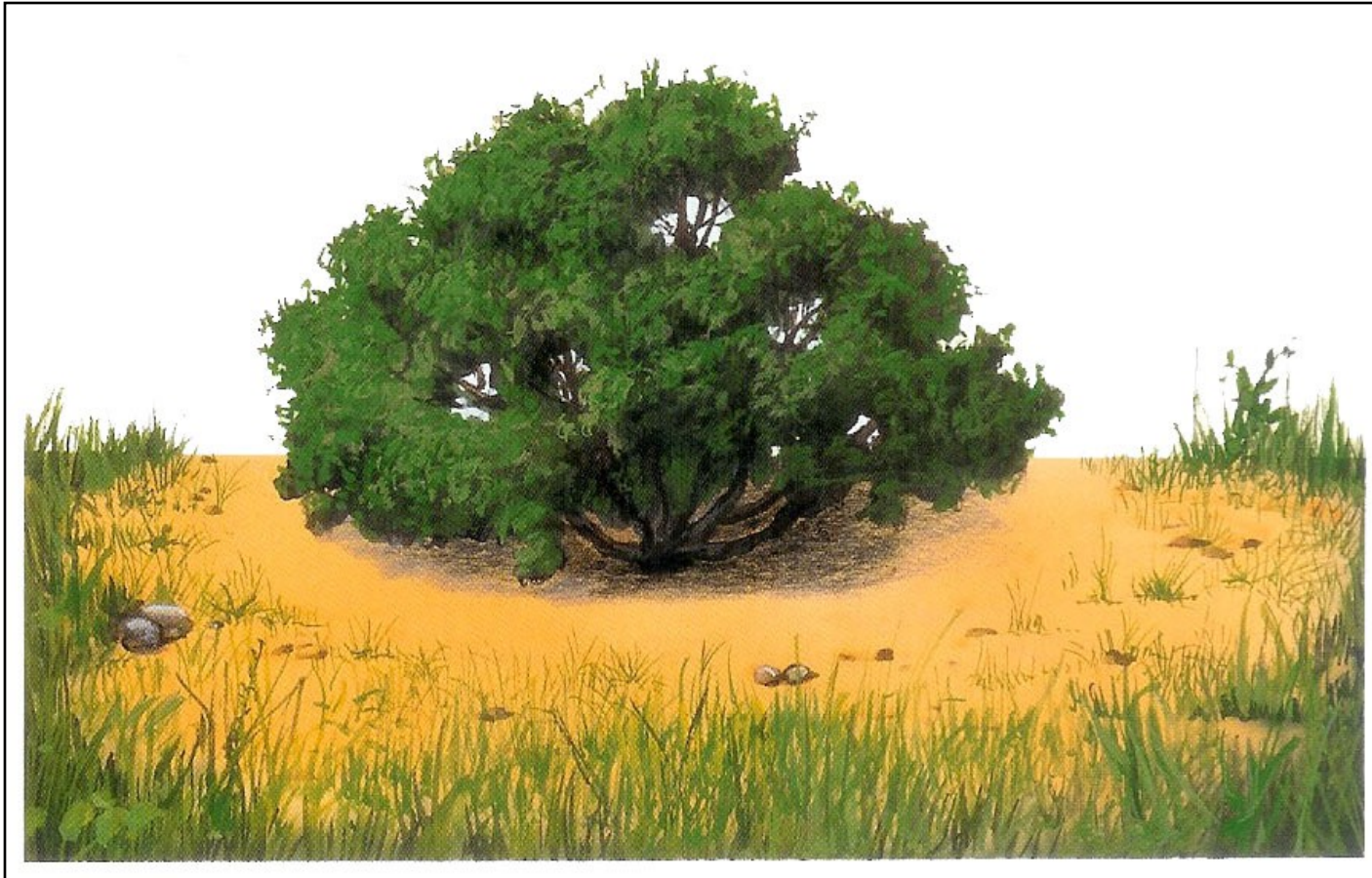


# Rostlinné toxiny x pesticidy

<b>Rostlinná látka</b>	<b>Mechanismus účinku</b>	<b>analogické pesticidy</b>
<b>pyrethriny</b>	<b>Na – kanál na axonální membráně</b>	<b>Pyrethroidy DDT</b>
<b>dikumarol</b>	<b>Antagonista vitamínu K (protisrážlivé účinky krve)</b>	<b>Warfarin</b>
<b>fysostigmin</b>	<b>Inhibitor cholinesterázy</b>	<b>Karbamátové insekticidy</b>
<b>nikotin</b>	<b>Nikotinový receptor pro acetylcholin</b>	<b>Neonikotinové insekticidy</b>

**ALELOPATIE**

# Alelopatie



**dub (*Quercus coccifera*)**





# BOROVICE VEJMUTOVKA

# BOROVICE VEJMUTOVKA



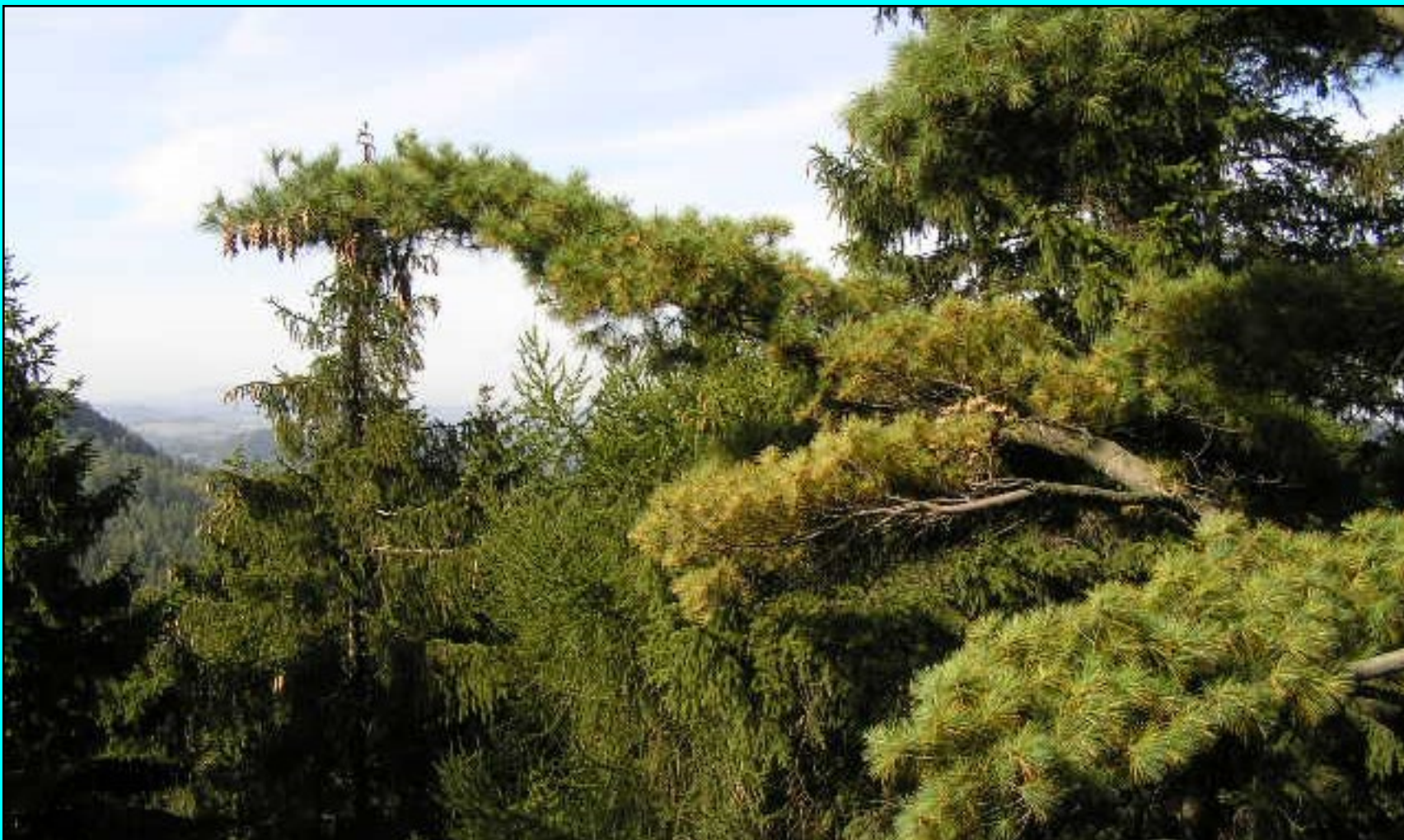
**Národní park České Švýcarsko**

# BOROVICE VEJMUTOVKA



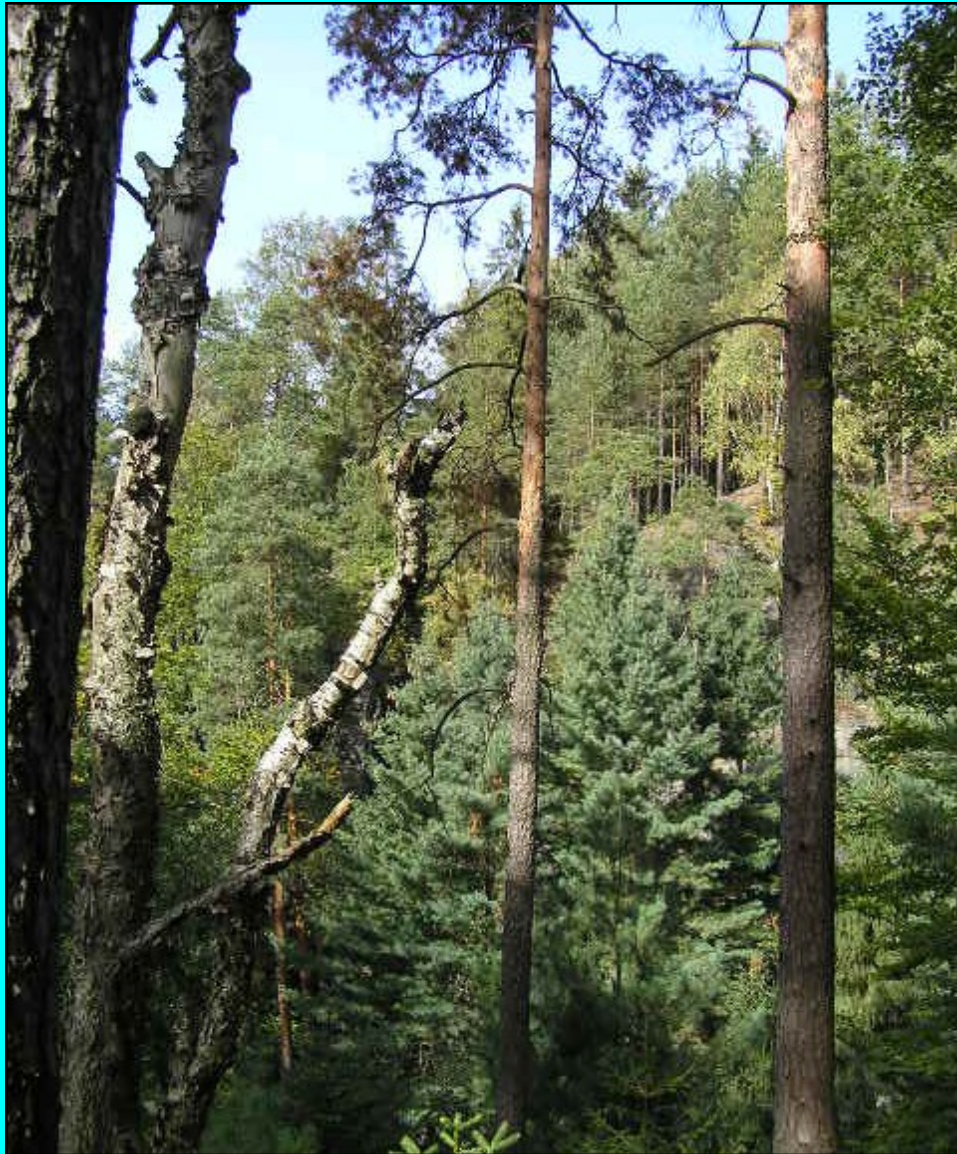
- **latinský název**  
*Pinus strobus L.*
- **původ – východní oblast Severní Ameriky**
- **do Evropy dovezena r. 1705 – lord Weymouth**

# BOROVICE VEJMUTOVKA



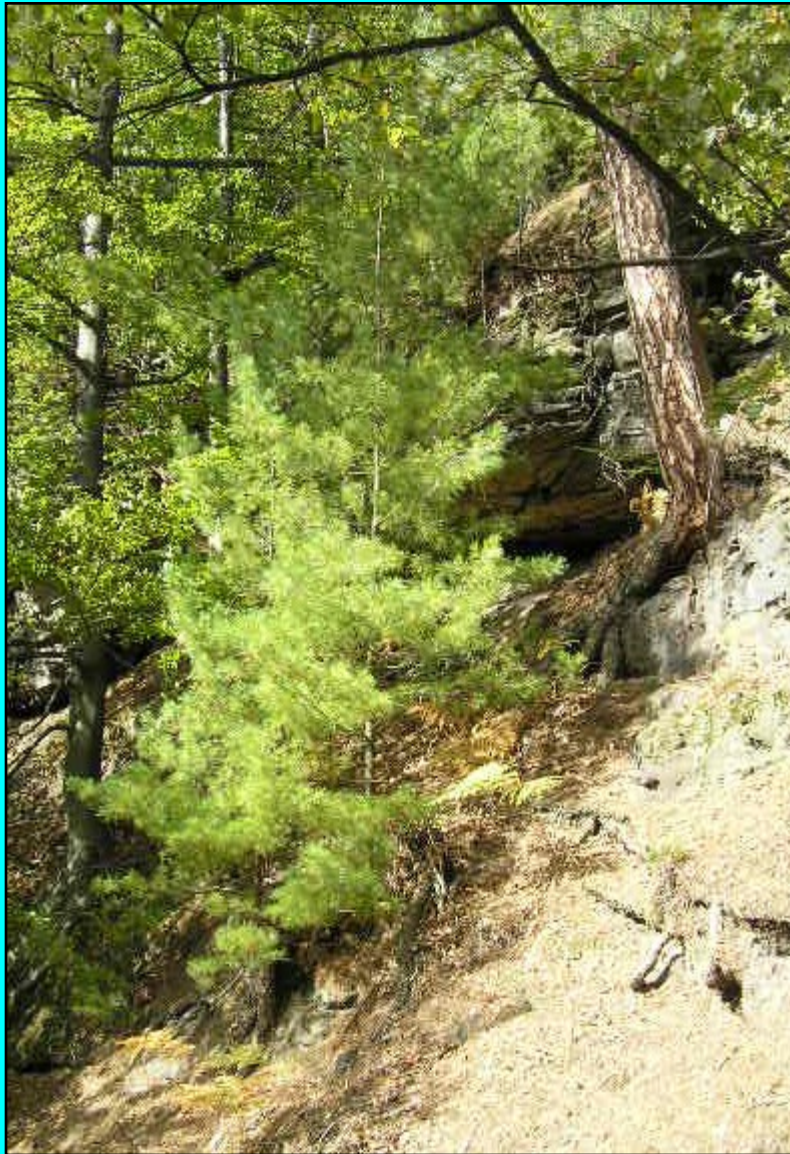
- jehlice ve svazcích po 5, délka 10 – 15 cm
- převislé úzké šišky

# BOROVICE VEJMUTOVKA



**invazní dřevina, vytlačuje borovici lesní**

# BOROVICE VEJMUTOVKA



**výskyt ve všech věkových stádiích**

# BOROVICE VEJMUTOVKA



**kácení vejmutovky na území národního parku**

# BOROVICE VEJMUTOVKA



**kácení vejmutovky na území národního parku**



# *LÁTKY PRODUKOVANÉ ŽIVOČICHY*

# OBRANA

## Jedovaté látky :

- v žahavých buňkách – medúzy, mořští plži
- v kůži – obojživelníci – bufotoxiny, batrachotoxiny
- v ostnech – ryba ropušnice
- v mase – ryby čtverzubci (*Fugu vermicularis*) – tetrodoxin

# OBRANA

**Jedovaté látky :**

- v žahavých buňkách – medúzy, mořští plži
- v kůži – obojživelníci – bufotoxiny, batrachotoxiny
- v ostnech – ryba ropušnice
- v mase – ryby čtverzubci (*Fugu vermicularis*) – tetrodoxin

**Doprovázeno výraznými barevnými nebo morfologickými znaky – výstražné zbarvení**

**Chemická obrana je především tam, kde chybí rychlost pohybu (pro únik).**

# OBRANA

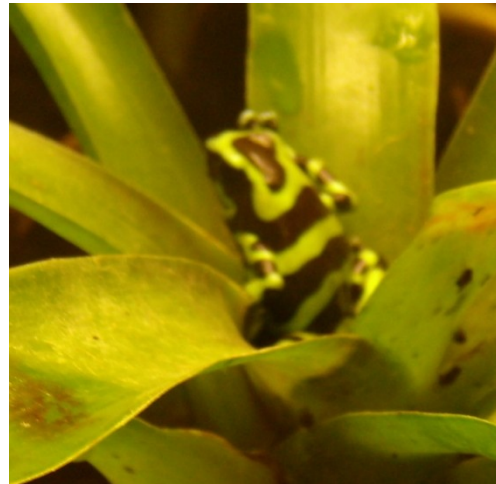
## **Žáby č. pralesničkovité (*Dendrobatidae*)**

- **vysoce účinné toxiny produkované kožními žlázami**
- **patří k nejsilnějším živočišným jedům nebílkovinné povahy**
- **alkaloidy – přes 200 druhů**
- **působí na přenos nervového vzruchu**
- **používány jako šípový jed**

# OBRANA

## Žáby č. pralesničkovité (*Dendrobatidae*)

- vysoce účinné toxiny produkované kožními žlázami
- patří k nejsilnějším živočišným jedům nebílkovinné povahy
- alkaloidy – přes 200 druhů
- působí na přenos nervového vzruchu
- používány jako šípový jed



# OBRANA

## Žáby č. pralesničkovité (*Dendrobatidae*)

- vysoce účinné toxiny produkované kožními žlázami
  - patří k nejsilnějším živočišným jedům nebílkovinné povahy
  - alkaloidy – přes 200 druhů
  - působí na přenos nervového vzruchu
  - používány jako šípový jed
- 
- nejsilnější batrachotoxiny žab r. *Phyllobates*
  - pralesnička strašná (*Phyllobates terribilis*) vyloučí až 2 mg jedu = smrtelná dávka pro 20 000 labor. myší  
pro 10 lidí

# ÚTOK

**Jedovaté látky využívány k lovu kořisti:**

- pavouci
- štíři
- hmyz (vosy, včely,...)
- hadi
- rejsci (jedovaté sliny)

# ÚTOK

**Jedovaté látky využívány k lovu kořisti:**

- pavouci
- štíři
- hmyz (vosy, včely,...)
- hadi
- rejsci (jedovaté sliny)

**Většina jedů na ochromení a usmrcení kořisti jsou neurotoxiny.**

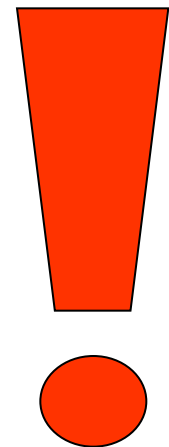
**Nervová soustava je dobrým cílem pro chemické zbraně.**

**Rovněž většina komerčních insekticidů jsou rovněž neurotoxiny.**



# CHEMICKÝ BOJ

**Účinek všech látek vyrobených člověkem musí být vždy posuzován v kontextu dlouhé evoluční historie přirozené chemické války mezi organismy na Zemi.**



# Posuzování vlivů na životní prostředí



Centrum pro výzkum  
toxických látek



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována  
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem  
České republiky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace tohoto předmětu je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky