



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí



# Hodnocení ekologických rizik

## 2 – Plánování a stanovení rozsahu hodnocení rizik, formulace problému

Mgr. Jana Vašíčková, Ph.D.

[vasickova@recetox.muni.cz](mailto:vasickova@recetox.muni.cz)



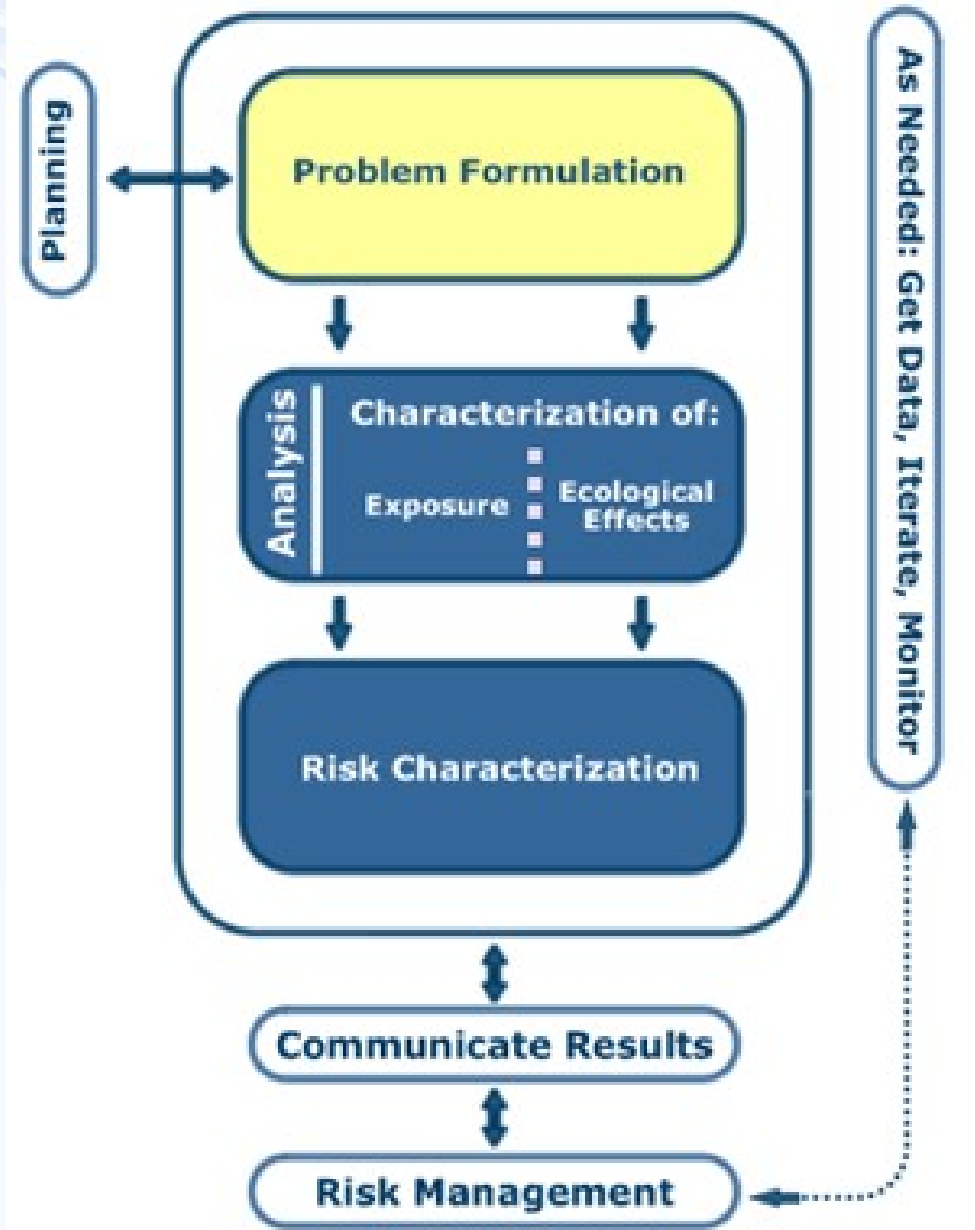
# Osnova

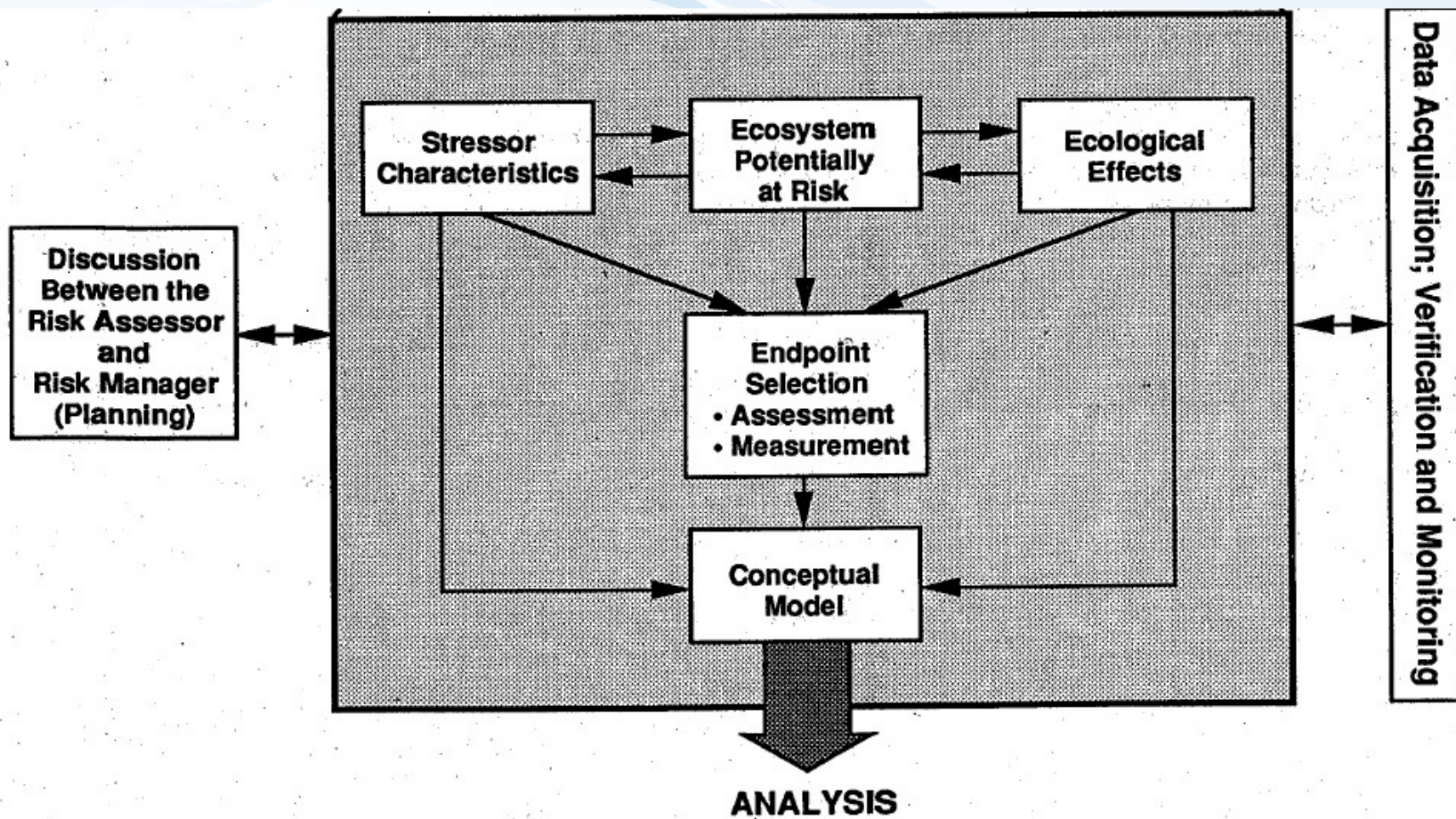
- Formulace problému
- Cíle analýzy rizik
- Zdroje rizik, charakteristika stresorů
- Výběr endpointů
- Koncepční model
- Plánování analýz



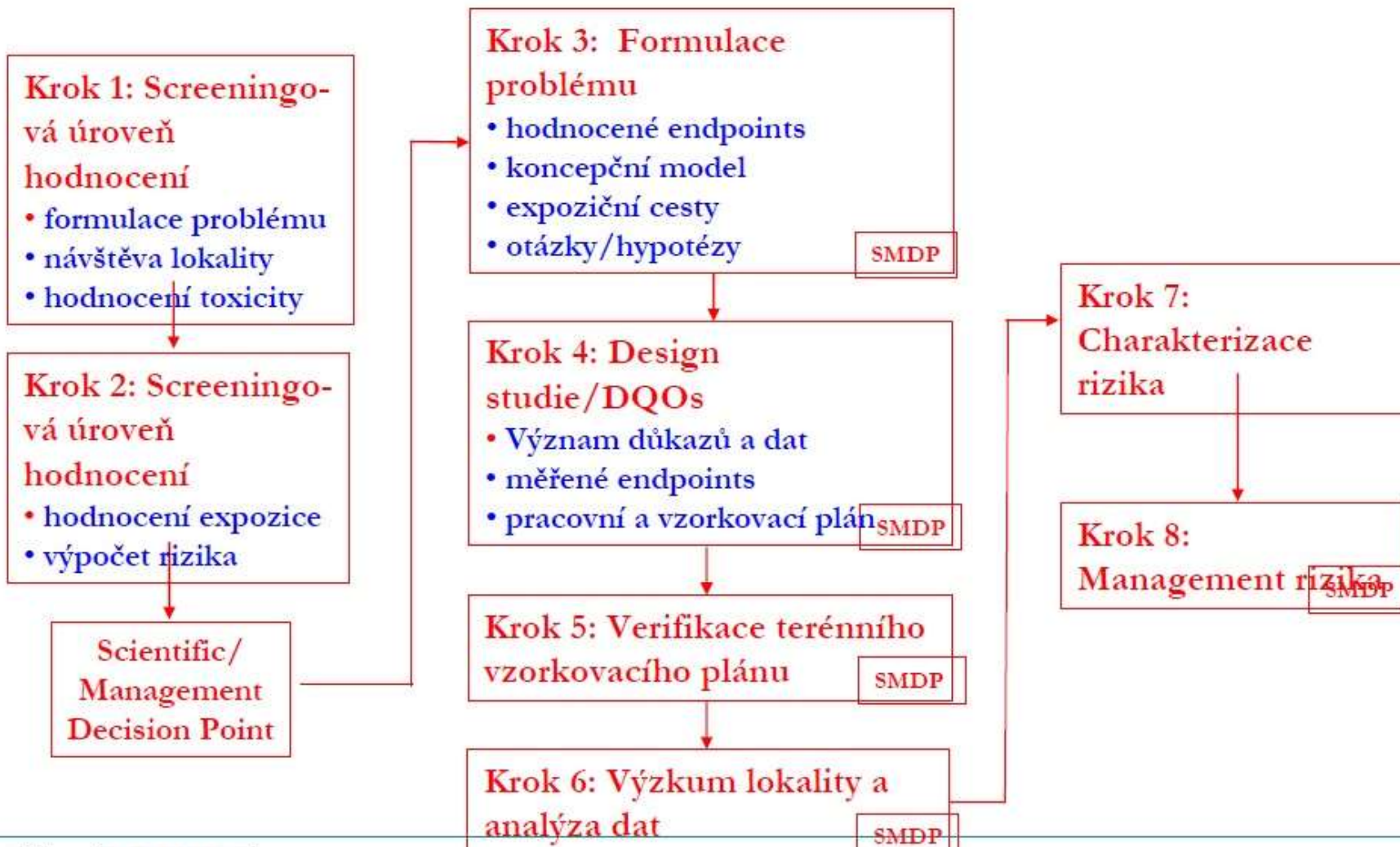
# Plánování

- Hodnocení cílů analýzy
- Výběr endpointů
- Příprava koncepčního modelu
- Příprava plánu analýzy





# EPA Superfound Ecological Risk Assessment Guidance



- **1) Plánování**
- **2) Formulace problému**
  - Charakteristika stresoru
  - Charakteristika expozice
  - Potenciálně ohrožené ekosystémy
  - Ekologické efekty
  - Výběr endpointů
  - Koncepční model



## Plánování

### Zapojení zúčastněných stran do dialogu ohledně plánování a formulace problému

- Regulační opatření
  - Definování akce pro regulaci problému
- Cíle managementu
  - Dohoda o cílech, rozsahu a načasování hodnocení rizik, očekávané výstupy
- Možnosti managementu vedoucí k dosažení cílů
  - Analýza zdrojů, které jsou k dispozici a nezbytné k dosažení cílů, finanční a technická podpora dostupná pro dosažení cílů
- Rozsah a složitost posouzení rizik



# Plánování

## Otázky pro manažery rizik

- Jaká je podstata problému?
- Jaké jsou cíle řízení a nutná rozhodnutí, jak hodnocení rizik pomůže?
- O jaké ekologické hodnoty se jedná (např. subjekty a ekosystémové charakteristiky)?
- Jaký je kontext posouzení (např. Průmyslové lokality, národní park)?
- Jaké zdroje (například personální, čas, peníze) jsou k dispozici?
- Jaká úroveň nejistoty je přijatelná?

## Otázky hlavně pro rizikové posuzovatele odpovědět:

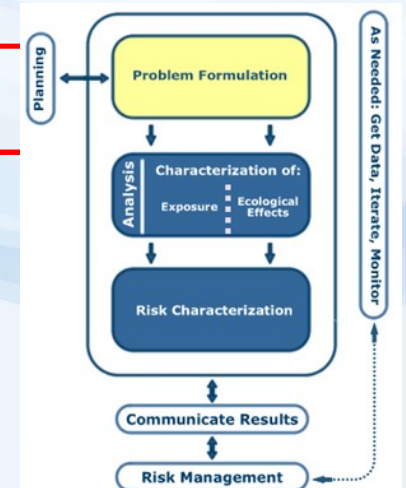
- Jaký je rozsah posouzení rizika?
- Jaké jsou rozhodující ekologické endpointy a vlastnosti ekosystémových receptorů?
- Jaká je pravděpodobnost zotavení, a jak dlouho to bude trvat?
- Jaká je podstata problému: minulost, současnost, budoucnost?
- Jaký je náš stav poznání problému?
- Jaká data a datové analýzy jsou dostupné a vhodné?
- Jaké jsou potenciální omezení (například omezení odborných znalostí, času, dostupnosti a metod, data)?





# Hodnocení ekologických rizik

- 1) Plánování
- 2) Formulace problému
  - Charakteristika stresoru
  - Charakteristika expozice
  - Potenciálně ohrožené ekosystémy
  - Ekologické efekty
  - Výběr endpointů
  - Koncepční model



# Formulace problému

Proces definování podstaty problému, který je třeba vyřešit a ve kterém se určí posouzení rizik které je potřebné k vyřešení problému

- Určuje celkovou časovou a finanční náročnost práce
- Předurčuje samotný výsledek hodnocení
- Vymezuje podstatu problému a cíle hodnocení
- Charakterizaci zdrojů potenciálních ekologických rizik
- Zachycuje základní informace o konkrétní situaci včetně vymezení zasaženého území, čímž vytváří nezbytnou informační základnu pro další postup
- S rostoucí znalostí problému klesá rozsah a potřeba provedených měření
- Zajištění informačních zdrojů musí na konci fáze formulace problému vyústit v popis konkrétního scénáře koncepčního modelu EcoRA.



# Cíle analýzy rizik

- Cílem charakterizace rizik plynoucích z přítomnosti chemické látky v prostředí je postižení environmentálních zátěží a dopadů těchto zátěží
- Zpřesnění a zkvalitnění podkladů pro rozhodovací proces zaměřený na snížení vyhodnoceného rizika
- Problematika komplexnosti a složitosti většiny stávajících ekosystemů
- Kombinace různých stresorů působících na biologický systém v různém rozsahu
- Znalost (formulace) problematiky a plánování je zásadní!

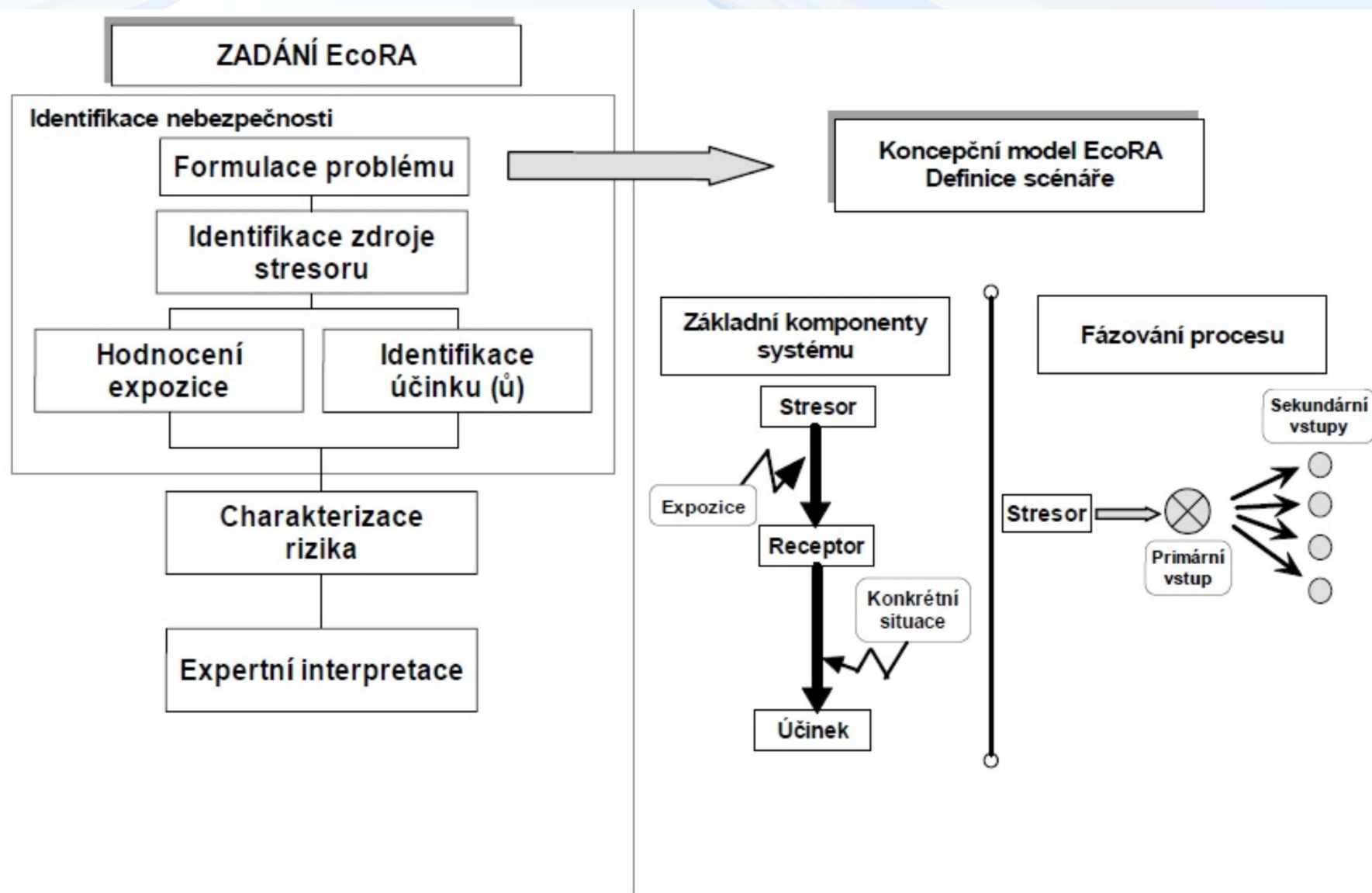


# Základní metodické schéma

- Metodický postup musí mít univerzální a standardizovanou podobu
- Není-li prokazatelně doložena existence zdroje znečištění (nebo jiného stresoru), není-li prokazatelná expozice nebo účinky na biologické systémy, nelze hovořit o existenci jakékoli úrovně rizika !
- Metodické schéma pokrývá všechny aspekty problému, které podmiňují existenci ekologického rizika:
  - zdroje stresoru představujícího nebezpečí pro identifikované ekosystémy
  - expozice jako procesu vstupu stresoru do ekosystému (základní předpoklad pro rizikové působení )
  - vznik nebo reálné nebezpečí biologických účinků souvisejících se stresem

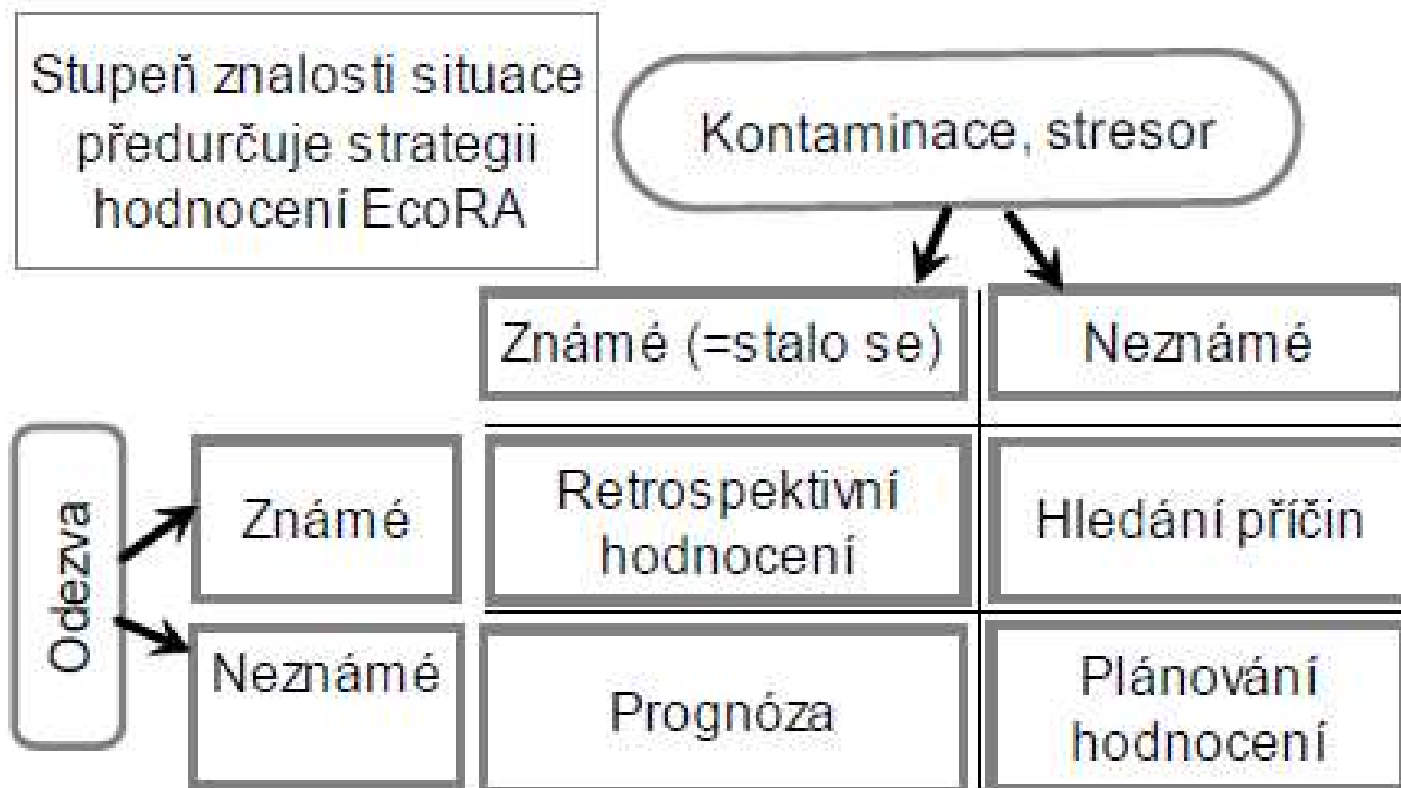


# přístup k tvorbě scénářů EcoRA



# Významná třídící kritéria ovlivňující výběr postupů v procesu EcoRA

- Stupeň znalosti situace



## Čtyři úrovně EcoRA

- Prospektivní hodnocení - analýza potenciálních rizik souvisejících s plánováním zásahů do ekosystémů.
  - Podchycení iniciálního stavu a hodnocení rizik je provedeno v rovině potenciálních odhadů.
  - významná možnost prevence.
- Retrospektivní hodnocení – potřeba postihnout možný negativní vliv v minulosti, případně i podchytit stávající stav systému.
  - Relativně velmi komplikována situace úspěšnost analýzy je závislá na dostupnosti informací o zdrojích znečištění.
  - Výstupem hodnocení starých zátěží mohou být například sanační doporučení apod.



## Čtyři úrovně EcoRA

- Analýza EcoRA stávajícího stavu systému
  - nejčastější případ, vyvoláno reálně pozorovaným vlivem nějakého stresoru na ekosystémy nebo je na takový vliv důvodné podezření
  - analyzuje stávající stav systému a při zjištění významné míry rizika dává i doporučení k jeho řešení
- Hodnocení ve stavu ohrožení, akutní rizikové situace
  - průmyslové havárie nebo katastrofy
  - při vlastním průběhu neštěstí hraje hodnocení EcoRA pouze pomocnou roli
  - zásadní pro úspěšné podchycení rizik v reálných ekosystémech při katastrofických událostech je především adekvátní odběr vzorků v místě neštěstí, čemuž EcoRA napomáhá pouze předchozí definicí odběrových plánů.
  - Vlastní hodnocení dopadu na ekosystémy a krajinné celky nastává až po stabilizaci situace





# Stressors

## Situation



**Stress factors**

**Source of stress factors**

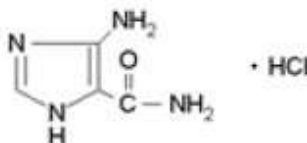
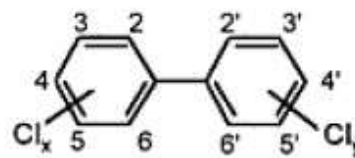
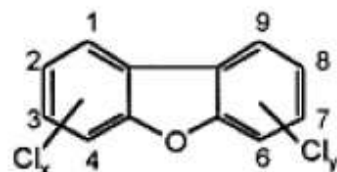
**Hazardous compounds**

**Area of interest**

**Risk situation  
Natural factors**

**Assessment  
endpoints**

**Measurement  
endpoints**

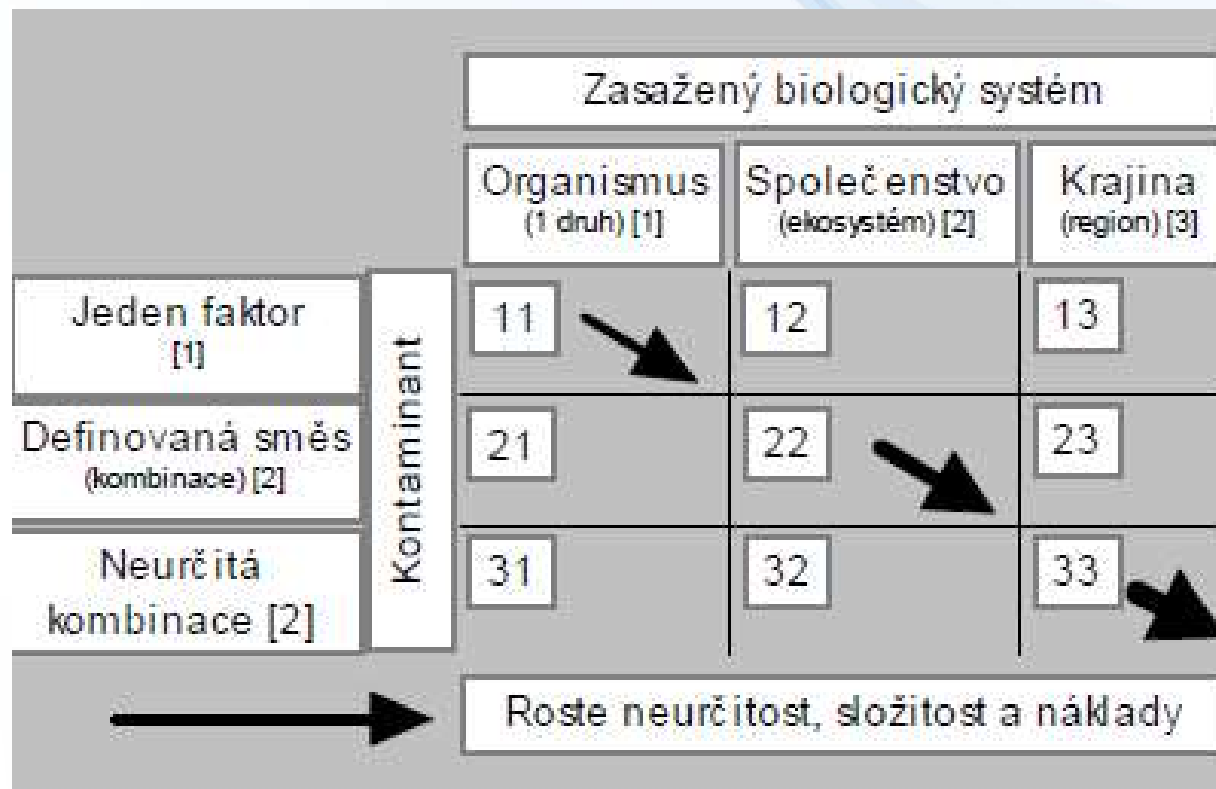


**Biological receptors**



# Významná třídící kritéria ovlivňující výběr postupů v procesu EcoRA

- Komplexnost problému



## Formulace problému – Cíle

- Definice kompletních cest vstupů kontaminantů – od zdroje k receptoru s využitím místně specifických informací
  - Vymezení a popis zájmového území
  - Zjištění vlastnosti stresoru, osud v prostředí - transformace a transport polutantu
  - Ekologické habitaty včetně fauny a flory
  - Identifikace ekologicky významných kontaminantů s využitím místně specifických a realistických předpokladů
  - Komplexní expoziční cesty
- Vývoj integrovaného místně specifického koncepčního modelu
  - Velikost a rozsah kontaminace vzhledem k hodnoceným endpointům



## Formulace problému

- Úspěšné absolvování fáze formulace problému je závislá na třech bodech:
  - Adekvátní hodnocené endpointy které odpovídají cílům zadání hodnocení EcoRA a ekosystému který reprezentují
  - Koncepční model který popisuje klíčové vztahy mezi stresorem a hodnoceným endpointem
  - Detailní plán analýzy



## Které informace jsou potřebné?

- Všeobecné hodnocení lokality
- Fyzikální vlastnosti
- Vzorkovací a monitorovací plán
- Výskyt a distribuce různých habitatů
- Ekologické zdroje
- Ekotoxikologická data
- Nejistoty – odhalení mezer v datech a neznámých
  
- Všechna tato data se získávají z existujících zdrojů



## Indikace nebezpečnosti

- První krok k hodnocení ekologických rizik
- Počáteční hodnocení stresorů, jež mají potenciálně škodlivé vlastnosti a mohou působit na populace volně žijících organismů
- Zaměření na co nejúplnější poznání vlastností daného stresoru
- Prostým popisem stavu a uspořádaným informací však formulace problému v žádném případě nekončí
- Směřujeme k výběru vhodných modelových biologických receptorů a cílových parametrů ekotoxikologického hodnocení a dále k vytvoření koncepčního modelu dane situace EcoRA a k pojmenování scénáře EcoRA.



- **1) Plánování**
- **2) Formulace problému**
  - **Charakteristika stresoru**
  - **Charakteristika expozice**
  - **Potenciálně ohrožené ekosystémy**
  - **Ekologické efekty**
  - **Výběr endpointů**
  - **Koncepční model**

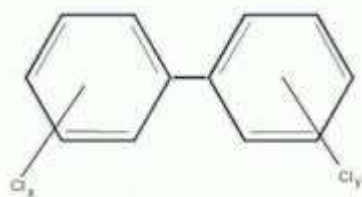


## Charakteristika zdroje a stresoru

- Co je zdrojem?
  - antropogenní, přírodní, bodový zdroj, nebo difúzní
- O jaký typ stresoru se jedná?
  - chemický, fyzikální nebo biologický?
- Jaká je intenzita stresoru?
  - například dávky nebo koncentrace chemické látky, velikost nebo rozsah fyzikálního narušení, velikost hustota obyvatelstva nebo biologického stresor
- Jaký je způsob účinku?
  - Jaký je účinek stresoru na úrovni organismu nebo ekosystému?



Centrum pro výzkum  
toxických látek  
v prostředí





- **1) Plánování**
- **2) Formulace problému**
  - Charakteristika stresoru
  - Charakteristika expozice
  - Potenciálně ohrožené ekosystémy
  - Ekologické efekty
  - Výběr endpointů
  - Koncepční model



# Charakteristika expozice

- S jakou frekvencí se událost stresor objevuje?
  - izolovaný, epizodické, nebo kontinuální, přirozená denní, sezónní nebo roční periodicitata?
- Jaká je doba jeho trvání?
  - Jak dlouho přetrvává v životním prostředí -chemický stresor - jaký je jeho poločas rozpadu, schopnost bioakumulace;
  - Biologický – reprodukce, množení
- Jaké je načasování expozice?
  - Kdy k němu dochází - kritické body v životním cyklu (reprodukce) nebo ekosystémové události (? Limnická erupce)
- Jaký je prostorový rozsah expozice?
  - lokální, regionální, globální, specifický pro určité habitaty nebo ekosystémy?
- Jaká je distribuce? Jak funguje pohyb v životním prostředí?



## Popis expozičních scénářů – příklad s pesticidy

- Žadatel o povolení uvést na trh nový pesticid musí navrhnout plodinu kterou chce chránit stejně tak jako škůdce, který má být tímto pesticidem kontrolován.
- Další otázky musí být zodpovězeny pro definování scénáře expozice.
  - Při jakém počasí je možno pesticid aplikovat?
  - Jaké druhy ptáků jsou v ohrožení při aplikaci pesticidů?
  - Bude se pesticid používat více než jednou ročně? V jakém intervalu?
  - Bude se pesticid používat v po sobě jdoucích letech?



- **1) Plánování**
- **2) Formulace problému**
  - Charakteristika stresoru
  - Charakteristika expozice
  - **Potenciálně ohrožené ekosystémy**
  - Ekologické efekty
  - Výběr endpointů
  - Koncepční model



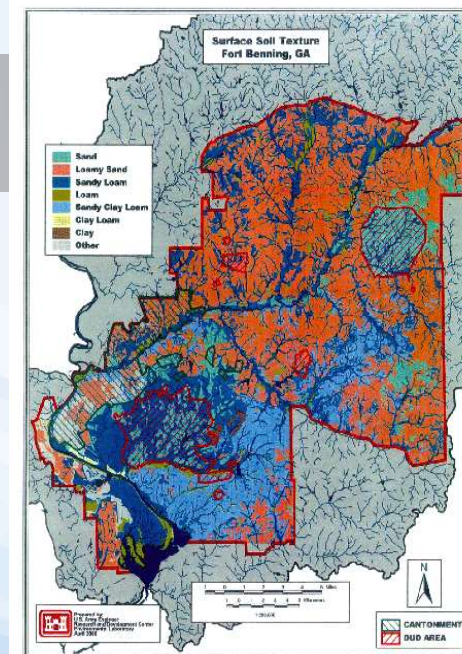
## Identifikace potenciálních zájmových oblastí

- Kontaminované oblasti
- Přítomné ekologické receptory
- Oblasti se zřejmým ekologickým dopadem
- Oblasti se zřejmým nebo postřehnutelným rizikem
- Provedení zhodnocení lokality či oblasti a jejich ekologických zdrojů
- Účast zainteresovaných stran



## Popis prostředí

- Umístění a hranice území
- Topografie
- Důležité klimatické a hydrologických prvky
- Současné a stávající využití území
- Zasahuje zájmové území do oblastí s vysokou environmentální hodnotou?
  - (např. parky, území s výskytem ohrožených druhů apod.)
- Typ ekosystém (stanoviště)
- Vyskytují se na území druhy zasluhující zvláštní pozornost? (např. chráněné či ohrožené druhy živočichů a rostlin)
- Znalost historie lokality
- Prostorová distribuce – vytvoření mapy zájmového území, obsahující lokality, kde probíhalo vzorkování s uvedením nalezených koncentrací



## Ekosystémy a rizika

- Jaké jsou geografické hranice? Jak se týkají funkčních vlastností ekosystému?
- Jaké jsou klíčové abiotické faktory ovlivňující ekosystém (například klimatické faktory, geologie, hydrologie, půdní druhu, jakosti vody)?
- Kde a jaké funkční vlastnosti řídí ekosystému (například zdroje a zpracování energie, koloběh živin)?
- Jaké jsou strukturální charakteristiky ekosystému (počet druhů a hojnost, trofické vztahy)?
- Jaké typy stanovišť jsou přítomny?
- Existují jedinečné vlastnosti ekosystému (poslední představitel typu ekosystému)?



- **1) Plánování**
- **2) Formulace problému**
  - Charakteristika stresoru
  - Charakteristika expozice
  - Potenciálně ohrožené ekosystémy
  - **Ekologické efekty**
  - Výběr endpointů
  - Koncepční model





## Ekologické efekty

- Jaké jsou typy a rozsah dostupných informací ekologických efektů
  - například terénní průzkumy, laboratorní testy?
- Vzhledem k povaze stresoru (pokud je známo), jaké jsou očekávané účinky, které jsou vyvolány vlivem stresoru?
- Za jakých okolností efekty nastanou?



- **1) Plánování**
- **2) Formulace problému**
  - Charakteristika stresoru
  - Charakteristika expozice
  - Potenciálně ohrožené ekosystémy
  - Ekologické efekty
  - Výběr endpointů
  - Koncepční model



## Biologické receptory

- Důležitou součástí formulace problému je výběr vhodných biologických receptorů
- Hodnoceným biologickým receptorem myslíme biologický systém, který bude využit jednak k identifikaci existujících nebo potenciálních účinků stresoru a na kterém bude dokumentována nebezpečnost stresoru pro hodnocené zájmové území a jeho ekosystémy
- Cílovým parametrem (endpointem) hodnocení je miněň znak hodnoceného biologického systému, kterému je podřizena metodika hodnocení, a který je jednoznačně parametrizován.
- Jeden typ modelového biologického receptoru může být současně hodnocen více cílovými parametry nebo tyto mohou být členěny na primární a sekundární dle priority poskytované informace.



## Výběr endpointů

- Výběr endpointů založený na hodnocení na úrovni ekosystémů, společenstev jednotlivých druhů vyžaduje hodnocení:
  - Forem výskytu a koncentrace kontaminantů - biodostupnost
  - Mechanismu toxicity vůči organismu
    - Síla skořápky, mortalita, nárůst deformit
    - Citlivost receptorů – aquatická vs. terestrická biota, predátoři
    - Úplný přehled expozičních cest



## Biologické receptory

Vhodně zvolený biologický receptor a k němu přiřazené cílové parametry tedy vyhovují následujícím kritériím:

- ekologicky významný
- dostatečně citlivý
- adekvátně parametricky hodnotitelné
- metodicky uchopitelné
- vyhovují praktickým požadavkům
- vyhovuje cílům EcoRA



## Kritéria výběru

- Rozmanitost ekosystémů ztěžuje výběr endpointů
- US EPA definuje tři základní kritéria
  - Ekologická relevance
  - Citlivost vůči známým nebo očekávaných kontaminantům
  - Relevance pro cíle managementu



## Ekologicky relevantní biologické receptory

- odráží významné charakteristiky ekosystému
- může zahrnovat jakoukoliv úroveň organizace
  - Individuum, populace, společenstvo
- musí být součástí ekosystému spojeného s danou lokalitou
- jsou významné pro strukturu ekosystému, jeho funkce a biodiverzitu
- přidání nebo odebráním dojde k významným změnám na úrovni systému (klíčový druh predátora)
  - Přispívají k potravní základně – primární producenti
  - Vytváří habitat
  - Udržují cykly živin – rozklad nebo koloběh živin
  - Odrážejí ekologickou strukturu jako je druhová diverzita



## Citlivé biologické receptory

- Ekologické receptory jsou považovány za citlivé, pokud jsou citlivé na stresor jemuž jsou nebo mohou být vystaveni
- Dostatečně citlivé jsou systémy, které jsou potenciálně vysoce exponované a na expozici odpovídají; biologické receptory bez pravděpodobně expozice nebo necitlivé i na významné koncentrace stresoru by měly být z hodnocení vyloučeny
- Citlivost:
  - vztahuje se na to, jak snadno ekologický receptor ovlivněn konkrétním stresorem
  - přímo souvisí s mechanismem působení stresorů
  - ovlivněna fyziologií a metabolickými dráhami
  - ovlivněna expozicí v konkrétním životním cyklu





## Relevance pro cíle managementu

- zvláště chráněné druhy, druhy ohrožené a vzácné
- druhy se specialni legislativni ochranou
- vzácná společenstva nebo typy ekosystémů (společenstva bentických bezobratlých)
- chráněné typy ekosystémů
- druhy s rekreační nebo komerční hodnotou (jezero)
- druhy s částečnou estetickou nebo kulturní hodnotou (pozůstatek lužního lesa)



## Biologické receptory

- V praxi se pro studium ekologických účinků uplatňují dva přístupy:
- A) využití modelových testovacích systémů (biotesty)
- B) sledování účinků stresorů přímo v ekosystémech (bioindikační postupy, polní sledování)



- **1) Plánování**
- **2) Formulace problému**
  - Charakteristika stresoru
  - Charakteristika expozice
  - Potenciálně ohrožené ekosystémy
  - Ekologické efekty
  - Výběr endpointů
  - **Koncepční model**



## Tvorba koncepčního modelu

- Písemný popis a vizualizace predikovaných vztahů mezi stresory a ekologickými entitami které mohou být exponovány
- Mohou popisovat primární, sekundární a terciární dráhy expozice nebo spoluobjevení se na expozičních cestách, ekologické efekty a ekologických receptory
- Základem koncepčního modelu je tabulka se soupisem všech uvažovaných expozičních cest, pro které je projektován rozsah prací na analýze rizik. Vhodným doplňkem je schematický řez, mapka nebo blokdiagram, který schematicky zobrazuje jednotlivé transportní cesty a dává představu o situaci na lokalitě.



## Tvorba koncepčního model

- Koncepční modely pro ekologické posouzení rizik jsou vyvinuty na základě informací o stresorech, potenciální expozici a předvídaných účinků na ekologický subjekt
- Složitost koncepčního modelu je závislá na složitosti problému
  - počet stresorů, počet endpointů, povaha účinků a charakteristika ekosystému.
  - Pro jednotlivé stresorů a single koncové body posouzení může koncepční modely být jednoduchý



## Tvorba koncepčního modelu

### Výhody:

- Koncepční modely mohou být snadno modifikovány s přibývajícimi znalostmi
- Zdůrazňují co je známo a kde jsou mezery ve vědomostech - mohou být použity pro plánování budoucí práce
- poskytují explicitní vyjádření předpokladů a pochopení systému pro ostatní hodnotitele
- poskytují rámec pro predikce a pro generování více rizikových hypotéz



## Tvorba koncepčního modelu

- Koncepční model se skládá ze dvou hlavních komponent:
- soubor rizikových hypotéz, které popisují předpovídá vztahy mezi stresory
- expozice a reakce posouzení koncových bodů, spolu s zdůvodnění jejich výběru, diagram, který ilustruje vztah uvedené v rizikových hypotéz.



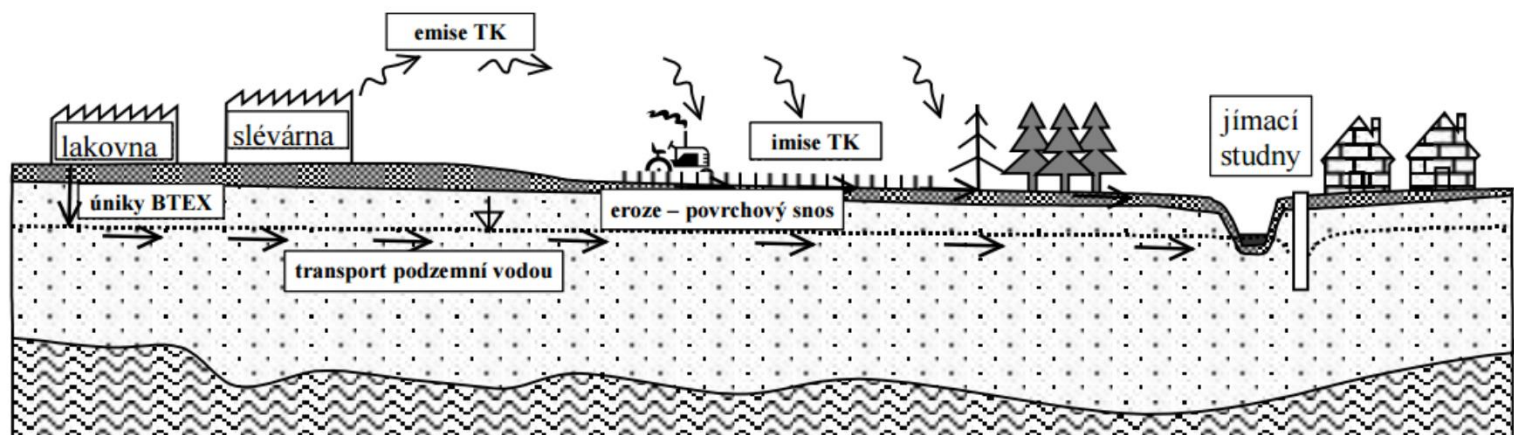
## Rizikové hypotézy

- Předpoklady o potenciálním riziku pro hodnocené endpointy
- mohou být založeny na teorii, logice empirických dat, matematických modelech, nebo pravděpodobnostních modelech
- Formulovány na základě dostupných informací o ohrožených ekosystémách, potenciálních zdrojů stresorů, charakteristiky stresorů a pozorované nebo předpovídané ekologické účinky na vybrané či potenciálních hodnocené endpointy





## Příklad koncepčního modelu 1

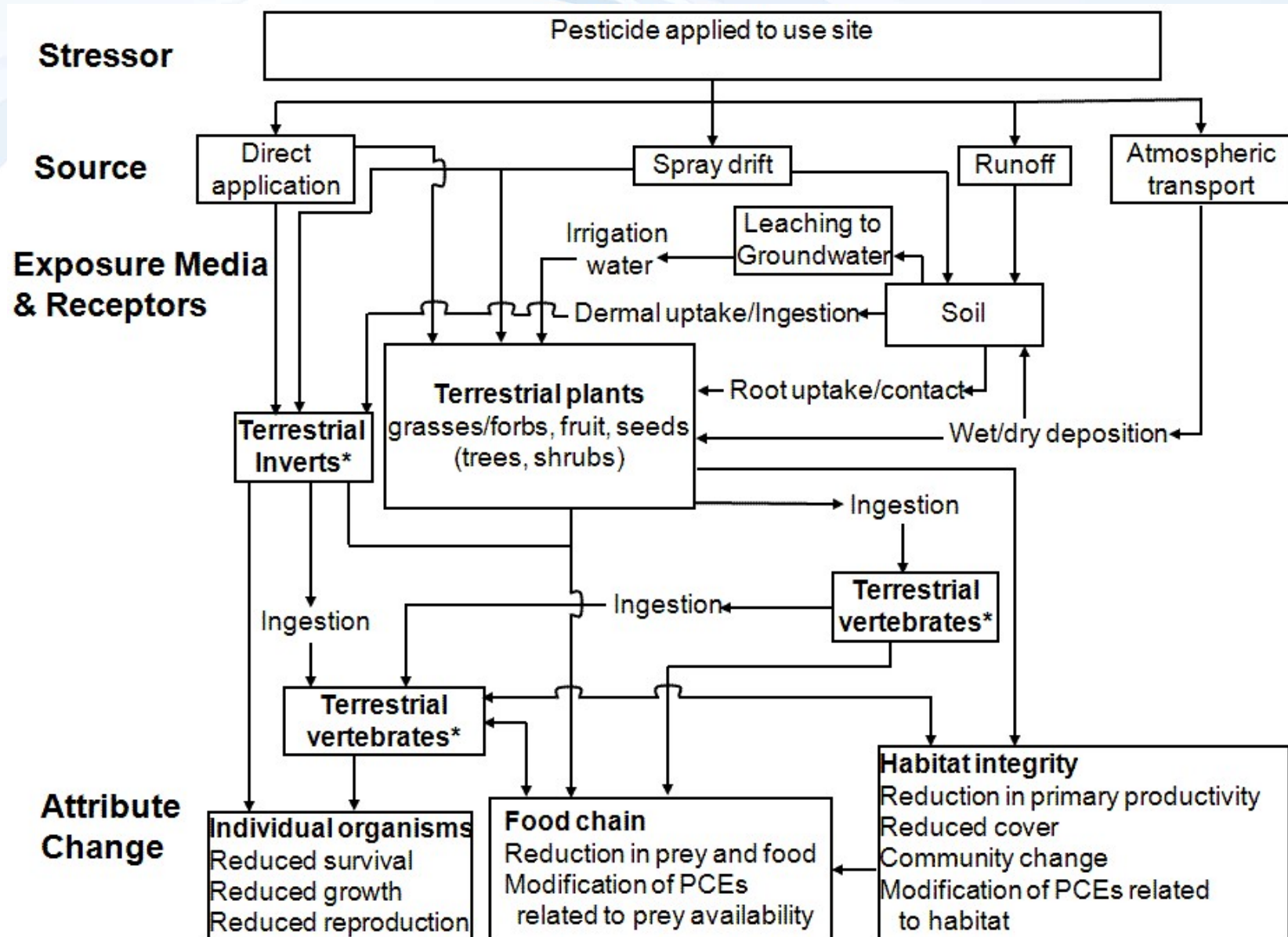


Expoziční cesta = zdroj znečištění + scénář expozice příjemce rizik

Expoziční cesta č.	Ohnisko znečištění	Transportní cesta	Příjemce rizik	Poznámka
1	Lakovna	Únik rozpouštědel a rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → drenáž do potoka	Povrchový tok a lidé spojení s rybařením (expozice ingescí)	Pokud není hladina podzemní vody významně snižována (zakleslá) jímáním podzemních vod
2	Lakovna	Únik a rozpouštění do podzemní vody → transport podzemní vodou → jímání vod studněmi	Obyvatelstvo obce (pitná voda - expozice ingescí, dermální a inhalační)	Pokud není veškerá kontaminace drénována potokem
3	Slévárna	Emise prachu s toxickými kovy do ovzduší → imisní spad na ornou půdu → snížení úrodnosti a kontaminace plodin	Obyvatelstvo (konzumenti plodin - expozice ingescí)	
4	Slévárna	Emise prachu s toxickými kovy do ovzduší → imisní spad na lesní půdu	Lesní ekosystém	Riziko se již naplnilo - část stromů již odumřela
5	Slévárna	Emise prachu s toxickými kovy do ovzduší → imisní spad na lesní půdu → kontaminace lesních plodin	Obyvatelstvo obce (konzumace lesních plodin - expozice ingescí)	
6	Slévárna	Emise prachu s toxickými kovy do ovzduší → imisní spad na zemědělskou a lesní půdu → zvýšená eroze → snos kontaminovaných zemín do potoka	Povrchový tok, především sedimenty a lidé spojení s rybařením (expozice ingescí)	



# Exposure pathways for terrestrial plants, terrestrial invertebrates, and dietary routes of exposure for terrestrial vertebrates



## Koncepční model EcoRA

- Je ovšem samozřejmé, že obecné schéma musí být vždy adekvátně rozpracováno pro konkrétní situaci, což je metodicky standardizováno na úrovni tzv. koncepčního modelu EcoRA, detailně a přehledně charakterizujících vztahy mezi zdroji a receptory.
- Pouze správně definovaný koncepční model hodnocení ekologických rizik vytváří předpoklady pro poznání všech možných důsledků vlivu stresoru a tedy předpoklady pro podchycení a management rizika.
- Proces EcoRA nekončí poznáním existence rizika, ale vytváří i další informační podklady pro jeho řešení nebo prospektivní omezení.
- Standardizovaná metodika EcoRA musí tedy představovat dokument uchopitelný i výkonnou složkou statní správy a využitelný v procesech sporu a při řešení rizikových situací.



## Analýza plánu

- Analýza plánu je konečná syntéza před započítáním posuzování rizik.
- shrnuje co bylo učiněno v průběhu formulace problému
- ukazuje, jak se plán týká managementu a rozhodnutí které musí být provedeny
- ukazuje, jak budou data a analýzy použity pro odhad rizika
- Je-li problém jasně definovaný a existuje dostatek dat, jak dále postupovat, analýza začíná

