

# Státní závěrečná zkouška (Mgr) směr Ekotoxikologie, obor Speciální biologie (od roku 2013)

Státní závěrečnou zkouškou student prokazuje znalost logických souvislostí poznatků nabytých v jednotlivých předmětech po dobu magisterského studia. Součástí státní závěrečné zkoušky je ústní obhajoba diplomové práce a ústní zkoušky ze dvou předmětů:

## Ekotoxikologie

### Chemie životního prostředí

#### Předmět EKOTOXIKOLOGIE

Shrnuje poznatky předmětů Obecná ekotoxikologie, Ekotoxikologické biotesty, Ekotoxikologie vodních ekosystémů, Půdní ekotoxikologie, Ekotoxikologie terestrických ekosystémů, Analýza rizik.

#### Okruhy otázek:

Základní znalost biologických systémů a jejich ekologie. Biologie a ekologie mikroorganismů, hub, rostlin a živočichů. Ekologické faktory prostředí, ekologická valence a tolerance. Popis úrovně biologické organizace a základní charakteristiky (základní biochemické pochody, stavba a funkce buněk, tkáně a pletiva, organismy, populace, společenstva). Biosféra a ekosystém, toky energie a koloběhy látek, potravní řetězce. Ekologická stabilita a její narušování, znečištění ekosystémů. Vnitrodruhové a mezidruhové vztahy, ekologické a potravní strategie. Biodiverzita a její hodnocení.

Základní pojmy a koncepce ekotoxikologie. Základní koncepty ekotoxikologie, definice základních pojmů a principů, ekotoxikologie vs. toxikologie vs. ekologie. Ochrana životního prostředí a role ekotoxikologie v ní. Nejrůznější antropické činnosti a jejich vliv na jednotlivé biologické systémové úrovně (organismus a jeho složky, složky ekosystémů a ekosystémy jako celek). Stresory a jejich působení na organismy, biologická a chemická podstata stresorů. Chemické látky v ekosystémech, jejich vlastnosti a chování – důsledky pro jejich ekotoxikologii. Čisté látky vs. směsi, aditivita, antagonismus a synergismus účinků. Třídy polutantů, zdroje, transport, osud, efekty, příklady. Příjem, výdej a metabolismus cizorodých látek, toxokinetika a toxodynamika, biotransformace, detoxikace, bioaktivace, bioakumulace, biokoncentrace. Toxicita akutní, chronická, subchronická, reprodukční, letální a subletální účinky.

Efekty stresorů na různých úrovních biologické organizace. Efekty na subbuněčné úrovni, biochemické a molekulární mechanismy toxicity, hodnocení těchto efektů v biotestech. Efekty xenobiotik na energetický status buňky, signální dráhy, endokrinní modulace, hodnocení těchto efektů v biotestech. Nejvýznamnější specifické mechanismy toxicity (genotoxicita, dioxinová aktivita, estrogenita, oxidativní stres a jiné negenotoxické efekty v buňce) a jejich hodnocení v biotestech. Nespecifická narkotická (bazální) toxicita organických látek a vztah s lipofilitou. Efekty polutantů na orgánové úrovni a na úrovni organismu, poškození metabolismu, neurotoxicita, endokrinní a

reprodukční toxicita, imunotoxicita, poškození růstu a vývoje, hodnocení těchto efektů v biotestech, mechanismy tolerance a adaptace vůči toxikantům. Teratogenita, karcinogenita, mutagenita, genotoxicita – mechanismy, příčiny, důsledky a metody testování. Efekty polutantů na populace a společenstva, změny druhového složení, diverzita a její vyjadřování, funkce ekosystémů a jejich poškození v důsledku znečištění, resistance a resilience. Efekty na různé typy a úrovně organismů (bakterie, rostliny, bezobratlí, obratlovci, člověk ...), efekty na producenty, konzumenty a destruenty, specifika ekotoxikologie mikroorganismů.

Testy toxicity. Testy toxicity, ekotoxikologické biotesty, jejich rozdělení, koncepce. Legislativní rámec ekotoxikologických biotestů, standardizace, závazné testy (ISO, OECD), alternativní testy, in vivo versus in vitro, nespecifické vs. specifické, monitoring, havárie, přístupy v ČR a EU, REACH. Koncept expozice-dávka-odpověď, dávka a účinek toxické látky, intoxikace a detoxikace, působení směsí, aditivita, antagonismus a synergismus účinků. Baterie testů toxicity - systém a užití testů akvatické a terestrické ekotoxikologie, vícedruhové testy. Testy ekotoxicity s modelovými organismy na různých úrovních potravního řetězce – testy s producenty, konzumenty, destruenty. Biomarkery a in vitro modely v biotestech, testy genotoxicity a specifických účinků látek a směsí, bakteriální testy toxicity. Design a parametry testů, reprezentativnost a interpretace, vlivy faktorů na výsledky testů. Toxikologie prostředí, monitoring, biomonitoring, bioindikace. Parametrické hodnocení vztahů dávka-účinek toxických látek, vyhodnocování výsledků ekotoxikologických testů, princip, získání a interpretace parametrů NOEC, LOEC, ECx, LCx a prahové koncentrace.

Hodnocení zdravotních a ekologických rizik. Nejvyšší přípustné koncentrace, odvozené pracovní limity, primární standard ochrany, emisní standardy, limity pro ovzduší, vodu, půdu, nejvyšší denní příjem škodlivin u potravin, hygienické normy. Nebezpečnost látky, riziko, hodnocení rizik, kontrola rizik, vnímání rizik, řízení rizik, nulové riziko. Expoziční analýza, určení nebezpečnosti, vztah mezi dávkou a odpovědí, referenční dávka, hodnocení expozice, expoziční faktory. Metody hodnocení rizika chemických látek, nekarcinogenních vs. karcinogenních látek. Srovnávací riziko, charakterizace rizik, interpretace dat. Specifika hodnocení ekologických rizik vs. humánních rizik, PEC, PNEC, HI, další přístupy k hodnocení ekologických rizik. Základní nástroje ochrany životního prostředí s principem analýzy rizik.

Ekotoxikologie ve vodních ekosystémech. Tekoucí, stojaté a podzemní vody, vodní ekosystémy – jejich stabilita a rezistence. Podmínky, vlastnosti, probíhající procesy, oživení, trofické sítě, produktivita, význam pro biotu. Biocenózy vodních ekosystémů v ekotoxikologii. Vlivy antropických činností na vodní ekosystémy. Strukturní a funkční parametry vodního ekosystému v ekotoxikologii. Ekotoxikologické testování na ekosystémové úrovni (přírodní sledování, mikrokosmy, mesokosmy). Hodnocení kvality vod, saprobity. Trofie, úloha živin v akvatickém ekosystému, klasické a nové typy polutantů a jejich účinky, změny biodiverzity, endokrinní disrupce. Mikroorganismy ve vodních ekosystémech, specifika, funkce, využití v ekotoxikologii. Sedimenty a hodnocení jejich toxicity v biotestech. Procesy čištění odpadních vod. Rámcová směrnice EU pro vodní politiku.

Ekotoxikologie v terestrickém ekosystému. Klasifikace terestrických biotopů a její vazby na ekotoxikologii. Základní ekologické principy, zákon tolerance. Ekosystém jako modelová jednotka, třídění a popis ekosystémů. Metodika ekotoxikologického výzkumu. Kontaminant v ekosystému, vstup, chování kontaminantu v ekosystému, výstup z ekosystému. Fotolýza, biodegradace. Transport polutantů různými složkami ekosystému. Vliv toxikantu na úrovni populace, vliv na populační

dynamiku a vnitrodruhové vztahy. Ekosystém pod vlivem kontaminantu, vliv na strukturu ekosystému, vliv na tok energie, vliv na koloběh hmoty, koloběh uhlíku a dusíku. Vliv na řízení ekosystému, vliv na vývoj rizika v ekosystému, bioindikační postupy, prognóza, metody odhadu vývoje ekosystémů pod vlivem kontaminantu, vliv látek s dlouhodobým účinkem.

Ekotoxikologie v půdním prostředí. Půda, složení, vlastnosti, funkce, procesy, oživení půd, trofické sítě, biogeochemické cykly látek. Ohrožení půd a politika jejich ochrany, kontaminace půd a legislativa. Osud kontaminantů v půdě a biodostupnost, faktory a procesy. Biodegradace, bioremediace, sanace kontaminovaných půd – základní pojmy a procesy. Půdní ekotoxikologie a její význam v ochraně půd, koncepce výzkumu. Specifika ekotoxicity v půdním prostředí. Půdní biotesty – obecné principy a zásady, testy ISO a OECD, uměle vytvořená půda, expozice v půdním prostředí, možnosti využití v legislativě. Studie v reálných ekosystémech, zákonitosti a úskalí, hodnocení biologického potenciálu půd. Ekotoxikologie jednotlivých skupin půdních organismů: mikroorganismy, hlístice, kroužkovci, členovci, rostliny - studie v reálných ekosystémech a testy toxicity, metodické postupy, sledované parametry. Mikrobiální parametry půd a jejich využitelnost v indikaci půdní kvality a ekologických rizik, metody hodnocení kvantity, aktivity a diversity mikroorganismů v půdách. Analýza ekologických rizik pro půdní prostředí, např. problematika pesticidů, rozhodovací schémata, přístupy.

Principy ekotoxikologického a environmentálního výzkumu, syntéza a aplikace poznatků. Postup při posuzování rizik spojených s chemickými látkami (vyhledání informací, identifikace mezer, design experimentů, vyhodnocení efektů, prediktivní posouzení rizik). Postup při posuzování dopadů znečištění z existujících zdrojů (průmysl, doprava, zemědělství) na konkrétní ekosystémy (vyhledání a kompilace existujících informací, rekognoskace v prostředí, design vzorkování, monitoring, vyhodnocení).

## **Předmět CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

Shrnuje poznatky předmětů Chemie životního prostředí I-III, Analytická chemie ŽP – organické i anorganické kontaminanty.

### **Okruhy otázek:**

Chemické látky v prostředí. Vstupy polutantů do jednotlivých složek prostředí, osud látek v prostředí. Vlivy polutantů na živé organismy a mechanismy těchto vlivů. Hodnocení rizik spojených s přítomností polutantů v životním prostředí. Možnosti omezení vstupu polutantů do ŽP a jejich eliminace z prostředí. Metody výzkumu. Biogeochemické cykly (kyslíku, uhlíku, dusíku, fosforu, síry), vliv člověka na globální cykly.

Osud chemických látek v prostředí. Složky prostředí a jejich charakteristiky. Základní fyzikálně-chemické vlastnosti látek a environmentálně chemické vlastnosti jednotlivých složek prostředí ovlivňující osud látek v prostředí. Základní procesy ovlivňující osud chemických látek v prostředí (sorpce, akumulace), transportní procesy chemických látek v jednotlivých složkách prostředí (pohyb v atmosféře, hydrosféře, pedosféře a biosféře). Základní transformační procesy v prostředí (oxidace a redukce, fotochemické reakce, hydrolýza, biotransformace, biodegradace). Distribuce látek v prostředí, environmentální rozhraní, fázové rovnováhy a mezifázové přechody, abiotické a biotické

environmentální rovnováhy. Základní principy environmentálního modelování, modely distribuce látek v prostředí.

Základní skupiny polutantů. Oxid siřičitý, oxidy dusíku, oxid uhličitý, freony, atmosférické aerosoly, tuhé částice, těžké kovy (rtuť, kadmium, olovo). Těkavé organické látky, uhlovodíky a ropné znečištění. Pesticidy, detergenty, polycyklické aromatické uhlovodíky, chlorované polutanty (chlorované fenoly, polychlorované bifenoly, polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany). Základní vlastnosti, výskyt, zdroje, dálkový transport, osud v prostředí, toxikologické a ekotoxikologické vlastnosti. Legislativa, limity, mezinárodní konvence.

Znečištění atmosféry. Základní vlastnosti atmosféry související s rozptylem škodlivin (teplotní stratifikace, teplota, tlak, vlhkost, sluneční záření, srážky). Přirozené chemické složení atmosféry. Znečišťující látky, emise, imise, transport a rozptyl škodlivin, zdroje znečištění z hlediska původu, rozložení a času. Primární a sekundární znečištění, hodnoty NPK, K<sub>max</sub>, K<sub>d</sub>. Reakce polutantů v atmosféře, fotochemické reakce. Smog oxidační a redukční, ozón, acidifikace.

Znečištění hydrosféry. Voda a její funkce, chemické složení, hydrologický cyklus, chemismus vod. Voda atmosférická, povrchová, podzemní, pitná, užitková a provozní. Znečišťování recipientů, odpadní vody, vody splaškové, průmyslové a komunální. Primární a sekundární znečištění, typy znečištění (ropné látky, detergenty, radioaktivní látky, anorganické a organické polutanty, pesticidy). Sedimenty, vlastnosti a funkce, znečištění a osud polutantů v nich.

Znečištění pedosféry. Vlastnosti půd, půdotvorné procesy a faktory, složení a vlastnosti půd, půdní typologie. Přímé a nepřímé znečišťování, průmyslová hnojiva, pesticidy, acidifikace, odpady. Osud polutantů v půdě, reakce půdy a půdní chemismus. Přímé a nepřímé znečišťování půd. Hnojení, chemická ochrana rostlin, neselektivní účinky, vedlejší vlivy a rezidua, přenos v potravních řetězcích, nechemická ochrana rostlin.

Metody analýzy environmentálních polutantů – odběr vzorků. Kvalita vzorku a kvalita vzorkovaného objektu, typy vzorkovaných objektů, náhodné vzorkování, systematické vzorkování, zabezpečení jakosti. Vzorkování složek životního prostředí. Techniky odběru plyných vzorků (emise, imise, pevné částice, atmosférická depozice, aktivní a pasivní vzorkovače). Vzorkování vod (povrchové, podzemní vody, využití sorbentů). Vzorkování sedimentů (bez zachování vertikální struktury, vzorkování profilu). Vzorkování půd a tuhých odpadů, vzorkování bioty, odběrová zařízení, úprava vzorků.

Příprava vzorků k analýze. Extrakce, zakoncentrování, preseparace, frakcionace. Kapalinová extrakce, Soxhletova extrakce, mikrovlnná extrakce (MAE), urychlená extrakce rozpouštědlem (ASE), extrakce kapalinou v nadkritickém stavu (SFE), extrakce na pevnou fázi (SPE, SPME). Membránové separace, kolonová chromatografie. Gelová permeační chromatografie.

Metody analytického stanovení organických látek. Separační metody - principy, separační mechanismy, instrumentace, možnosti detekce, možnosti aplikace. Chromatografické metody (GC, HPLC, HPTLC)

Kapilární elektroforéza a kapilární elektrochromatografie. Hmotnostní spektrometrie (principy a instrumentace, iontová past, techniky MS/MS, spojení MS se separačními technikami), IR spektrometrie.

Kombinované techniky - GC/MS, HPLC/MS, CEC/MS, HPLC/GC, GC/FTIR, HPLC/FTIR, GC/AED. Stanovení organických polutantů v ovzduší, ve vodě a v pevných matricích. Analýza těkavých organických látek (VOCs) - analýza rovnovážné plynné fáze, techniky headspace, purge & trap.

Metody analýzy anorganických polutantů. Instrumentální metody - atomová emisní spektrometrie, ICP, AAS (v plameni, hydridový systém, ETA), spektrometrie UV-VIS, fluorimetrie, IR spektrometrie, elektroanalytické metody (ISE, ASV, DPASV, coulometrie), průtoková injekční analýza. Stanovení anorganických polutantů v environmentálních matricích. Speciace prvků - elektrochemické techniky, aplikace plynové chromatografie ve spojení s detektorem elektronového záhytu, AAS, plamenově fotometrickým detektorem, MIP a ICP, aplikace HPLC v kombinaci s UV-VIS detektory, fluorescenčním detektorem, AAS, ICP a ICP-MS.

Stanovení polutantů v environmentálních matricích. Stanovení SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, Nox, NH<sub>3</sub>, CO, ozónu v ovzduší. Stanovení prachových částic. Analýza vod – stanovení neutralizační kapacity, chemické spotřeby kyslíku, olova, kadmia, rtuti, dusičnanů, ortofosforečnanů, dusitanů, siřičitanů, síranů, fluoridů, chloridů, kyanidů, stanovení rozpuštěného kyslíku, chloru a amoniakálního dusíku. Analýza biologického materiálu a pevných vzorků (sedimentů a půd) - vysokoteplotní a nízkoteplotní suché spalování, vysokoteplotní rozklad na mokré cestě za normálního a vysokého tlaku, autoklávy, mikrovlnné rozkladné systémy, nízkoteplotní rozklad mokrou cestou, rozklad UV zářením.