# **Státní závěrečná zkouška (Mgr.) pro studijní program Životní prostředí a zdraví**

# **(pro SZZ v roce 2025 a 2026)**

SZZ začíná obhajobou diplomové práce, při které má studující prokázat schopnost prezentovat získané výsledky a orientaci v dané problematice na úrovni soudobého poznání. Obhajoba má formu prezentace, při které studující představí téma a cíle práce, představí řešené problémy, použité metody a získané výsledky, které diskutuje v rámci aktuálního poznání. Následně studující odpovídá na připomínky a dotazy v posudcích vedoucí/ho i oponenta/ky a reaguje na případné další vznesené dotazy.

Po obhajobě diplomové práce následuje ústní zkouška. Komisí zkoušejících jsou položeny otázky, které odpovídají náplni předmětů SZZ, tematicky spadají do níže uvedených okruhů a jsou blízké tématu diplomové práce. Cílem je prokázat všeobecný přehled znalostí a zejména širších souvislostí mezi nimi s důrazem na porozumění principům a mechanismům jednotlivých dějů a na schopnost logicky propojovat a kombinovat znalosti a dovednosti z více předmětů.

Předměty SZZ:

1) Environmentální chemie

2) Toxikologie a ekotoxikologie

3) Interpretace chemických a biologických dat a analýza rizik

4) Student si dále volí čtvrtý předmět podle své profilace během studia:

4.1) Analýza chemického znečištění a lidské expozice

4.2) Biomarkery a mechanismy toxicity

4.3) Technologie ochrany životního prostředí a environmentální management

4.4) Environmentální epidemiologie

Tematické okruhy těchto předmětů SZZ pokrývají hlavní teoretické znalosti a praktické dovednosti, které studující získali během studia programu Životní prostředí a zdraví. Takové znalosti a dovednosti by si absolventi a absolventky Životního prostředí a zdraví měli odnášet do další profesní dráhy.

# **Okruhy otázek v jednotlivých předmětech SZZ**

## **1) Environmentální chemie**

*Znalosti k následujícím okruhům otázek získají studující v předmětech* ***E1220, E1230, E2220, E2221 a E1250****. Obecným očekávaným předpokladem k úspěšnému složení SZZ (Mgr.) je také základní povědomí o klíčových vlastnostech složek životního prostředí (ŽP) a zásadních procesech osudu znečišťujících látek v ŽP, které studenti získali v předchozích stupních studia.*

* základní biogeochemické procesy v životním prostředí, přestup látek mezi složkami prostředí, osud látek v prostředí, (bio)dostupnost
* globální problematika znečištění prostředí, znečištění jednotlivých složek prostředí: ovzduší, vody, půdy, bioty, sedimentů a vnitřního prostředí
* skupiny polutantů: fotochemické oxidanty, oxidy uhlíku, síry, dusíku, suspendované částice, aerosoly, ozon, toxické kovy, POPs (PAHs, PCBs, OCPs, PCDD/Fs, FRs, PFAS atd.), léčiva a produkty osobní hygieny, pesticidy, aditiva plastů, přírodního původu: produkty hoření
* základy environmentální politiky a legislativy, regulace, mezinárodní úmluvy
* specifické problémy environmentální analýzy, environmentální monitoring, humánní biomonitoring, interpretace dat, základní přístupy zajištění kvality analytických dat
* teorie vzorkování, metody vzorkování ovzduší a depozice, základní metody vzorkování vodního prostředí – sediment, voda, přehled odběrových technik pro sledování základních vlastností půd a environmentální analýzy, základní metody odběru biologických vzorků, fyzikální úprava a stabilizace vzorků před analýzou, stanovení základních fyzikálně-chemických parametrů v terénu
* základní metody v analýze vod, organoleptické analýzy, stanovení aniontů ve vodách, stanovení anorganických plynů v ovzduší
* analytická chemie toxických prvků, techniky extrakce a rozkladu vzorků, detekce prvků technikami atomové spektrometrie, speciační analýza
* analytická chemie organických polutantů, techniky extrakce vzorků, čištění a frakcionace extraktů, přehled separačních a identifikačních technik se zvláštním důrazem na chromatografii a hmotnostní spektroskopii, vlastnosti sloučeniny (polarita, těkavost) ve vztahu k volbě analytické metod

Příklad otázky: (DP se věnovala testování ekotoxicity vzorků povrchových vod pro dafnie): Co jsou to PAHs, jaký mají osud v akvatickém prostředí a jakým způsobem byste je v povrchových vodách stanovil(a)?

## **2) Toxikologie a ekotoxikologie**

*Znalosti k následujícím okruhům otázek získají studující v předmětech* ***E1240, E1241, E2240, E2241, E3230****. Obecným očekávaným předpokladem k úspěšnému složení SZZ (Mgr.) je také základní povědomí o konceptech toxikologie, fyziologie, ekotoxikologie a ekologie, které studenti získali v předchozích stupních studia.*

* nebezpečnost a riziko chemických látek pro živé organismy, toxicita a ekotoxicita, definice, základní typy efektů, efekty na různých úrovních biologické organizace, koncept drah škodlivého účinku (AOP)
* základní pojmy (eko)toxikologie (toxikokinetika, toxikodynamika, biokoncentrace, bioakumulace, bioobohacování, biodostupnost)
* testy toxicity a ekotoxicity, typy testů a členění, nejběžnější testy a jejich stručná charakteristika
* experimentální design a data z (eko)toxikologických testů, křivka dávka – odpověď, parametry charakterizující (eko)toxicitu a jejich použití v hodnocení rizik
* testy (eko)toxicity s mikroorganismy, rostlinami, živočichy, vodní a půdní ekotoxikologie
* in vitro toxikologie, biomarkery, molekulární a buněčná toxikologie, mechanismy toxicity
* legislativní kontext hodnocení chemických látek a kvality ŽP, role biotestů v legislativě chemických látek, koncept REACH, standardizace testů OECD/ISO, validita testů
* prediktivní a retrospektivní koncepce hodnocení (eko)toxicity
* půda a voda jako prostředí pro život, základní pojmy ekologie, vztahy mezi organismy a mezi organismy a prostředím, základní vlastnosti půdy a vody
* biota terestrických a akvatických ekosystémů, bioindikace, postupy vzorkování, sledované parametry, biodiverzita
* typy stresorů v akvatických a terestrických ekosystémech, jejich dopady na organismy
* hodnocení účinků stresorů v terénních studiích – design, TRIAD přístup, směsi stresorů
* kontaminace půdy a vody, základní rozdíly v osudu kontaminantů ve vodě a v půdě, biodostupnost
* patofyziologie, onemocnění, zánět, imunologie, přenos chorob
* choroby různých orgánových soustav, kancerogeneze

Příklad otázky (DP se věnovala testování ekotoxicity vzorků povrchových vod pro dafnie): Jaké typy měření by bylo vhodné doplnit do vaší studie, aby byly pokryty všechny tři linie přístupu TRIAD?

## **3) Interpretace chemických a biologických dat a analýza rizik**

*Znalosti k následujícím okruhům otázek získají studující v předmětech* ***E7541, E8601, E2250, E2251, E4220, E4221****. Obecným očekávaným předpokladem k úspěšnému složení SZZ (Mgr.) je také povědomí o základních statistických metodách, které studenti získali v předchozích stupních studia.*

*Modelování a statistická analýza chemických a biologických dat*

* Úvod do environmentálních modelů: definice a výpočet základních rozdělovacích koeficientů mezi environmentálními médii, fugacita a fugacitní kapacita, boxové modely a jejich matematické řešení: rovnovážné, nerovnovážné, ustálené, neustálené.
* Degradační procesy polutantů v životním prostředí, dálkový transport a globální distribuce, bioakumulace.
* Prostorové modelování: princip autokorelace, prostorová a časová závislost, základní interpolační techniky pro prostorové modely polutantů.
* Základy experimentálního designu: hypotéza, určení vhodného počtu vzorků studie, zvolení adekvátní statistické metody pro analýzu dat.
* Rozdělení pravděpodobnosti: náhodný vektor a jeho realizace, popisné statistiky, interval spolehlivosti, odlehlá pozorování, transformace proměnných.
* Testování hypotéz, rozložení proměnných a jejich transformace, parametrické a neparametrické testy.
* Korelační a regresní analýza: Pearsonova a Spearmanova korelace a lineární regrese
* Vícerozměrné metody: podobnosti a vzdálenosti ve vícerozměrném prostoru: Shluková analýza hierarchická a nehierarchická, Ordinační analýzy – analýza hlavních komponent (PCA).

*Analýza rizik*

* Nebezpečnost, riziko, hodnocení a kontrola rizik, prospektivní a retrospektivní přístupy.
* Důvody aplikace analýzy zdravotních rizik: lokální, regionální a globální vlivy, vnímání rizik, interpretace expozice, role zákonných limitních hodnot.
* Hlavní části metody analýzy rizik: identifikace nebezpečnosti, hodnocení dávka-účinek, hodnocení expozice, charakterizace rizika, risk management.
* Využití metody analýzy zdravotních rizik v konceptu exposomu – základní rozdělení metod externí a interní expozice pro analýzu rizik, (diference přístupů NOAEL × BMD).
* Metody hodnocení rizik karcinogenních a nekarcinogenních látek.
* Popis parametrů expozice pro jednotlivé expoziční cesty a scénáře (analýza citlivosti, databáze expozičních parametrů) – inhalační, dermální a dietární expozice. Pravděpodobnostní hodnocení (např. Monte Carlo metoda).
* Fyziologicky založené toxikokinetické modely (PBTK) - využití při analýze zdravotních rizik (zpětná rekonstrukce expozičního příjmu). Popis hlavních procesů ADME (absorpce, distribuce, metabolismus a exkrece) a jejich aplikace do výpočtů příjmů

Příklad otázky: Jak bylo postupováno při tvorbě experimentálního designu s ohledem na statistické vyhodnocení dat a danou hypotézu

## **4.1) Analýza chemického znečištění a lidské expozice**

*Znalosti k následujícím okruhům otázek získají studující v předmětech* ***E0210, E0220, E5010, E2050***

* separační techniky, obecná charakterizace: chromatografie, elektroforéza, typy instrumentace dle stanovovaných látek, princip separace, rovnováhy, účinnost separace a její zvýšení, vlivy matrice
* plynová chromatografie: princip, instrumentace, mobilní fáze a její zdroje, injektory, metody zavádění vzorku, stanovení plynných vzorků, kapalných vzorků; kolony: náplňové, kapilární, vliv na účinnost separace; detektory, záznam dat
* kapalinová chromatografie: princip, instrumentace, zavádění vzorku, čerpadla, mísení mobilní fáze a její zdroje, injektory; stanovení polárních látek, stanovení nepolárních látek; separace: kolony, s normální fází, s reverzní fází, vliv na účinnost separace; detektory, záznam dat
* hmotnostní spektrometrie, obecná charakterizace: rozlišení, hmotnostní spektrum, ionizace, analyzátory, detektory, typy sběru dat
* zdroje vakua: čerpadla nízkého a vysokého vakua
* hmotnostní spektrometrie ve spojení se chromatografickými technikami: interface (rozhraní), iontové zdroje dle použité chromatografické techniky
* iontové zdroje pro přímé zavádění vzorků, ICP-MS
* fokusace iontů, iontová optika
* analyzátory: kvadrupólový, sektorový, průletový, iontová past, orbitální past, iontová cyklotronová rezonance: výhody a nevýhody jednotlivých typů, aplikace, principy funkce
* tandemová hmotnostní spektrometrie: princip, aplikace
* detektory a záznam dat
* interpretace hmotnostních spekter

Příklad otázky (DP se věnovala testování ekotoxicity vzorků povrchových vod pro dafnie): Popište, možnosti stanovení pesticidů (např. chlorpyrifos) ve vodě: volba instrumentace, popis a princip, zajištění kvality dat.

## **4.2) Biomarkery a mechanismy toxicity**

*Znalosti k následujícím okruhům otázek získají studující v předmětech* ***E0230, E0240, E5510****,* ***E0290, E2050***

* specifické a nespecifické mechanismy působení malých molekul na biomolekuly - fosfolipidy (membrány), proteiny (enzymy, strukturní a transportní proteiny), nukleové kyseliny, malé endogenní molekuly (GSH, nízkomolekulární antioxidanty, vitamíny, hormony)
* narkotická toxicita, reaktivní toxicita, oxidativní stres, obecná stresová reakce (hsp) a adaptační mechanismy (detoxifikace, antioxidační ochrana)
* biomarkery účinků po působení toxických látek v organismu a související metodické přístupy – metody stanovení poškození DNA, vlivu látek na transkripci, translaci a post-translačních modifikace, metody stanovení biomarkerů změn ve fyziologii a metabolismu
* biomarkery a mechanismy toxicity na buněčné úrovni (cytotoxicita, typy buněčné smrti), tkáňové úrovni (narušení tkáňové homeostáze, karcinogeneze, zánět), orgánové úrovni (lokální a systémová toxicita, endokrinní disrupce, neurotoxicita, imunotoxicita, reprodukční a vývojová toxicita, hepatotoxicita
* , Aplikace biomarkerů a mechanistických informací v rámci principu 3Rs a drah škodlivého účinku (AOP)
* Definice biomarkeru, efekt dávky, vliv efektu dávky na přípravu a provedení experimentu, plánování experimentů, vlastnosti dat z omicsových experimentů z pohledu detekce biomarkerů, metody validace biomarkerů

Příklad otázky (DP se věnovala testování ekotoxicity vzorků povrchových vod pro dafnie): Popište, jaké obecné (nespecifické) biomarkery účinků by bylo možné sledovat u dafnií ve vašich experimentech a uveďte metody stanovení těchto biomarkerů účinků.

## **4.3) Technologie ochrany životního prostředí a environmentální management**

*Znalosti k následujícím okruhům otázek získají studující v předmětech* ***E0250, E0270, E0280, E0380****.*

* Historie vývoje technologií na ochranu prostředí (vodní hospodářství, odpadové hospodářství, ochrana ovzduší)
* Technologie pro zajištění čistoty ovzduší (odsiřování, denitrifikace, odlučování tuhých částic, úprava paliv)
* Moderní trendy zajištění čistoty ovzduší (snižování exhalací v dopravě a chemickém průmyslu, technologie snižování emisí CO2)
* Technologie na úpravu vody (pro pitné účely, pro technologické účely)
* Technologie čistění vody (čistírny komunálních odpadních vod, čistírny průmyslových vod, malé čistírny odpadních vod)
* Kalové hospodářství (úprava a zneškodnění kalů)
* Moderní trendy ve vodním hospodářství (terciární čištění, recyklace odpadních vod)
* Struktura odpadového hospodářství (komunální odpad, odpad z průmyslu a živnostenský odpad, stavební odpady, katalog odpadů)
* Sběr a svoz odpadů (komunální, průmyslový, stavební a nebezpečný odpad)
* Druhotné využití odpadů (příprava opětovnému využití, materiálové využití odpadů, energetické využití odpadů
* Nápravy environmentálních škod (biologické metody, fyzikálně – chemické metody)
* Principy sanací kontaminovaných lokalit (sanace in-situ a ex-situ, integrované technologie, polární a nepolární polutanty, organické a anorganické polutanty)
* Strategie udržitelného rozvoje (historie konceptu, princip trans-generační odpovědnosti, Limity růstu (1972), Our Common Future (1987), Earth Summit (1992), Rozvojové cíle milénia (MDGs, 2000-2015), Cíle udržitelného rozvoje (SDGs, 2015-2030)
* Program OSN pro životní prostředí (UNEP) a Strategický přístup pro nakládání s chemickými látkami (SAICM)
* Stockholmská úmluva o perzistentních organických polutantech (modelový globální nástroj k chemickým látkám, struktura a obsah, příklady z praxe a aktivity ČR)
* Rotterdamská úmluva, Basilejská úmluva, Vídeňská úmluva + Montrealský protokol (struktura a obsah, příklady z praxe a aktivity ČR)
* Srovnání finančních mechanismů globálních nástrojů (Globální fond pro životní prostředí, GEF, a Mnohostranný fond Montrealského protokolu, MLF)
* Regionální úmluvy Evropské hospodářské komise OSN (Helsinská úmluva o prevenci závažných havárií a CLRTAP úmluva) a aktivity WHO a OECD v problematice ochrany před chemickým znečištěním
* Legislativa EU a ČR (REACH) a zahraniční rozvojová spolupráce v oblasti chemických látek

Příklad otázky (DP se věnovala testování ekotoxicity vzorků povrchových vod pro dafnie): Popište princip primárního a sekundárního čištění OV v čistírně komunálních odpadních vod a jak by mohl být test na dafniích využit pro posouzení, zda je toto čištění OV účinné.

## **4.4) Environmentální epidemiologie**

*Znalosti k následujícím okruhům otázek získají studující v předmětech* ***E2040, E2040, E4080, E0240, E0290, E0420, E0430, E2050***

* Indikátory zdravotního stavu (incidence, prevalence, úmrtnost, specifické typy úmrtnosti, střední délka života), klasifikace zdravotního stavu a typy proměnných.
* Míry asociace a efektu (absolutní a relativní riziko, odds ratio, rozdíl rizik, atribuce rizika)
* Observační epidemiologické studie (série případů, ekologické studie, průřezové studie, studie případů a kontrol, kohortové studie, intervenční studie), intervenční studie a Mendelovská randomizace
* Interpretace epidemiologických studií (vliv náhody, selekční a informační bias, confounding, kauzalita)
* Hodnocení zdravotního stavu za použití rutinních dat
* Systematické přehledy literatury, kritické hodnocení kvality a validity studií
* Demografický a epidemiologický přechod
* Socioekonomické nerovnosti ve zdraví, relativní a absolutní rozdíly
* Individuální, skupinové a geografické expozice a jejich vliv na zdraví
* Vliv psychosociálních faktorů a mechanismy působení sociálních vlivů na zdraví
* Determinanty zdraví v průběhu životního cyklu

Příklad otázky: Vyjmenujte příklady rutinních dat o zdravotním stavu populace. Která z těchto dat je možno použít ke studiu vztahu mezi zdravotním stavem a faktory životního prostředí? Jaký typ studie byl pro tyto účely vhodný?