

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



**Analýza toxicity průsakových vod ze skládky odpadů
Štěpánovice.**

Diplomová práce

Vedoucí práce:
Mgr. Ing. Magdalena D. Vaverková, Ph.D.

Autorka práce:
Bc. Aranka Pelikánová

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Analýza toxicity průsakových vod ze skládky odpadů Štěpánovice**, vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....

podpis

Poděkování

Mé poděkování patří Mgr. Ing. Magdaleně D. Vaverkové, Ph.D., která mi byla celou dobu nápomocna svým odborným vedením, radami, připomínkami a materiály. Dále mé poděkování patří Bc. Ing. Daně Adamcové, Ph.D., která rovněž přispěla cennými radami a materiály. V neposlední řadě, patří mé poděkování také Ing. Vladimíru Královi, Ph.D., který mi umožnil vstup a prohlídku skládky TKO Štěpánovice.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá skládkováním, monitoringem průsakových vod ze skládky a toxicitou těchto vod. V úvodní teoretické části je práce zaměřena na charakteristiku komunálního odpadu a popisu procesu skládkování. V navazující části se práce věnuje popisu vědního oboru ekotoxikologie a jeho základním metodám. Práce obsahuje informace o skládce odpadů Štěpánovice, která se nachází v Plzeňském kraji. V praktické části je práce zaměřena na popis prováděného testu semichronické toxicity průsakových vod ze skládky Štěpánovice pomocí semen hořčice bílé (*Sinapis alba* L.). V závěru práce je uvedeno vyhodnocení daného testu, které spočívá ve výpočtu inhibice růstu kořene pro určitou koncentraci testované látky.

Klíčová slova: komunální odpady, skládkování, ekotoxikologie, průsakové vody.

Abstract

The thesis deals with landfilling, monitoring leachate from landfill and toxicity of this water. The beginning of theoretical part is focusing on the characteristics of municipal waste and description of the landfill process. The next part is focusing on description of the discipline of ecotoxicology and its basic methods. The work contains information about landfill Štěpánovice, which is located in the region Plzeň. The practical part of the thesis focuses on the description of performed testing of semichronic toxicity of leachate water from the landfill Štěpánovice with the help of seeds of white mustard (*Sinapis alba* L.). In conclusion, there are mentioned results of the test, which consist of calculating the root growth inhibition for a given concentration of the test substance.

Keywords: municipal waste, landfill, ekotoxikologie, leachate.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍL PRÁCE	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Charakteristika komunálního odpadu	11
3.1.1	Základní pojmy	11
3.2	Legislativa.....	12
3.2.1	Zákon o odpadech	13
3.2.2	Zákon o obalech	13
3.2.3	Veterinární zákon	13
3.2.4	Vodní zákon	13
3.2.5	Zákon o ovzduší	14
3.2.6	Zákon o životním prostředí	14
3.2.7	Zákon o územním plánování a stavebním řádu.....	14
3.2.8	Zákon o integrované prevenci a omezování znečištění.....	14
3.2.9	Vyhláška o ukládání odpadů na skládky.....	14
3.2.10	Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady.....	15
3.2.11	Vyhláška o nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.....	15
3.3	Plán odpadového hospodářství	15
3.4	Statistická data o produkci odpadů	16
3.4.1	Evropská unie.....	16
3.4.2	Česká republika	17
3.5	Způsoby nakládání s odpady.....	20
3.5.1	Shromažďování odpadu, sběr a výkup	20
3.5.2	Přeprava a doprava odpadu	21

3.5.3	Dočasné skladování odpadu	21
3.5.4	Třídění, úprava odpadu	22
3.5.5	Využívání odpadu (recyklace, zhodnocení)	22
3.5.6	Odstraňování odpadu	22
3.6	Skládkování	23
3.6.1	Základní pojmy a podklady k výstavbě skládek	24
3.6.2	Klasifikace skládek	24
3.6.3	Provozování skládky	26
3.6.4	Monitorování skládky	26
3.6.5	Uzavírání a rekultivace skládky	28
3.7	Základní metody ekotoxikologie	29
3.7.1	Definice a vymezení oboru	29
3.7.2	Význam a cíl	29
3.7.3	Základní metodiky ekotoxikologie	30
3.7.4	Laboratorní testy ekotoxikologie	33
4	MATERIÁL A METODIKA	35
4.1	Charakteristika lokality skládky Štěpánovice	35
4.2	Přírodní podmínky	35
4.2.1	Biogeografické a geomorfologické členění	35
4.2.2	Klimatické podmínky	37
4.2.3	Pedologické a geologické poměry	37
4.2.4	Fytogeografické členění	38
4.2.5	Hydrologická a hydrogeologické poměry	38
4.3	Charakteristika skládky Štěpánovice	39
4.3.1	Vybavení skládky	39
4.3.2	Technologie ukládání odpadů	40

4.4	Test semichronické toxicity průsakových vod se semeny hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i> L.)	42
4.4.1	Účel a princip testu.....	42
4.4.2	Charakteristika organismu	43
4.4.3	Vstupní materiál	43
4.4.4	Podmínky testu.....	44
4.4.5	Zahájení testu a průběh testu.....	44
4.4.6	Ukončení testu.....	51
4.4.7	Vyhodnocení testu.....	54
5	VÝSLEDKY	56
5.1	Vyhodnocení výsledků a jejich interpretace	56
5.1.1	Test č. 1 – průsakové vody odebrané v lednu 2015	56
5.1.2	Test č. 2 – průsakové vody odebrané v květnu 2015	57
5.1.3	Test č. 3 – průsakové vody odebrané v září 2015	58
6	DISKUZE.....	61
7	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK.....	70
	PŘÍLOHY	73
	SEZNAM PŘÍLOH.....	73

1 ÚVOD

Odpady existují již mnoho let na naší Zemi. Již první lidé na Zemi nějakým způsobem nakládali s odpady. To, co nemohli spotřebovat, nebo nechtěli využít, nechali na místě a odešli. V této době byla populace nízká a vliv odpadů nepatrný. Problémy s odpady začaly až později. Populace obyvatel narůstala, rozvíjel se průmysl, zemědělství a technika, celková životní úroveň lidí se zvyšovala, a tím docházelo i k větší produkci odpadů. Z hlediska vývoje lidstva je potřeba odpadům předcházet, opětovně je využívat, recyklovat, energeticky využívat a odstraňovat.

Odstraňování odpadů se provádí termicky, fyzikálně-chemicky či skládkováním. Skládkování patří mezi nejlevnější a nejčastější způsoby nakládání s odpady. Snad každý se setkal s pojmem skládka. Obecně lze říct, že skládka je místo, kde se skladuje odpad. Můžeme je rozdělit na řízené či neřízené, tzv. černé skládky. Za černé skládky jsou považována místa, která nejsou vyhrazena ze zákona ke skládkování a původci těchto skládek jsou většinou neznámí. Řízené skládky jsou určeny jen pro některé druhy odpadu. Existují skládky inertního odpadu, kde se nachází především zemina a kamení, skládky ostatního odpadu, kde je uložen hlavně komunální a průmyslový odpad a také existují skládky nebezpečného odpadu, kam se navážejí odpady nebezpečného původu.

Při stavbě skládek je důležité zabezpečení stavby, aby nedocházelo k úniku skládkového plynu, průsakům či úletům odpadu ze skládky do okolí. Dále při nedostatečném zabezpečení může docházet ke zvýšené prašnosti, zápachu, hluku či dochází k přemnožení živočichů, především hlodavců. Základním opatřením je těsnění skládky a odvodňovací systém. Těsnění se provádí kvůli zamezení výluhu ze skládky. Průsaky ze skládky mohou obsahovat škodliviny z odpadu a mohou tak kontaminovat životní prostředí.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo následující:

- charakterizovat komunální odpad (základní pojmy, statistika, legislativa, způsoby nakládání),
- stručně popsat proces skládkování se zaměřením na monitoring vod,
- popsat základní metody ekotoxikologie,
- popsat skládku odpadů Štěpánovice (lokalizace, přírodní poměry, základní charakteristika zařízení),
- provést test semichronické toxicity průsakových vod ze skládky odpadů Štěpánovice se semeny hořčice (*Sinapis alba* L.),
- vyhodnotit výsledky a jejich interpretace.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Charakteristika komunálního odpadu

3.1.1 Základní pojmy

V České republice vznikl první zákon o odpadech v roce 1991. V současné době nakládání s odpady upravuje zákon č.185/2001, Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Odpad je ve smyslu zákona č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se ji zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1. k tomu to zákonu (www.mze.cz).

Nebezpečný odpad (dále jen NO) je ve smyslu zákona č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k tomuto zákonu (www.mze.cz).

Komunální odpad (dále jen KO) je ve smyslu zákona č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání – odpad, který vzniká na území obcí při činnostech fyzických osob (www.mze.cz).

Domovní odpad (dále jen DO) je odpad z domácností tvořený zbytky z kuchyně, obaly, po úklidu apod. (FILIP a kol., 2003)

Odpad podobný komunálnímu je ve smyslu zákona č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání, a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů.

Biologicky rozložitelný odpad (dále jen BRKO) zahrnuje veškeré organické odpady nacházející se v DO, včetně organického obalového odpadu a odpad z údržby zeleně (FILIP a kol., 2003).

Katalog odpadů je ve smyslu vyhlášky č.381/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, seznam odpadů, které jsou evidovány podle katalogového čísla. První dvojčíslí označuje skupinu odpadů, druhé dvojčíslí označuje podskupinu odpadu a třetí dvojčíslí druh odpadu.

Odpadové hospodářství (dále jen OH) je ve smyslu zákona č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.

Druhotná surovina je surovina nebo materiál získaný z odpadu, který je způsobilý k dalšímu hospodářskému či jinému využití, zůstává přitom odpadem do dalšího zpracování (GRODA, 1997).

3.2 Legislativa

Odpadové hospodářství musí být upraveno legislativou. V České republice je stěžejním právním předpisem již zmíněný zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Existují i další zákony a vyhlášky, které se váží k odpadovému hospodářství, které jsou zmíněny v následující kapitole.

Zákony:

- Zákon o odpadech,
- Zákon o obalech,
- Veterinární zákon,
- Vodní zákon,
- Zákon o ovzduší,
- Zákon o životním prostředí,
- Zákon o územním plánování a stavebním řádu,
- Zákon o integrované prevenci a omezování znečištění,

Vyhlášky:

- Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky,
- Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady,
- Vyhláška o nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.

3.2.1 Zákon o odpadech

Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, účelem tohoto zákona je stanovit pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí (dále jen ŽP), ochrana zdraví a člověka a trvale udržitelného rozvoje, dále práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy (MAREČEK, 2003).

3.2.2 Zákon o obalech

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech, ve znění pozdějších předpisů. Účelem zákona o obalech je chránit ŽP předcházením vzniku odpadů z obalů, a to prostřednictvím snižováním hmotnosti, objemu a škodlivosti obalů a chemických látek. Zákon stanovuje práva a povinnosti podnikajících právnických a fyzických osob a působnost správních úřadů při nakládání s obaly a uvádění obalů a balených výrobků na trh nebo do oběhu (MAREČEK, 2003).

3.2.3 Veterinární zákon

Zákon č.166/1999 Sb., o veterinární péči, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon stanovuje požadavky na veterinární péči na chov a zdraví zvířat a na živočišné produkty, upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob, soustavu, působnost a pravomoc orgánů vykonávajících státní správu v oblasti veterinární péče, jakož i některé odborné veterinární činnosti a jejich výkon (www.eagri.cz).

3.2.4 Vodní zákon

Zákon č. 254/2001. Sb., o vodách, ve znění pozdějších předpisů. Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství (www.eagri.cz).

3.2.5 Zákon o ovzduší

Zákon č.86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon stanoví práva a povinnosti osob a působnost správních úřadů při ochraně vnějšího ovzduší před vnášením znečišťujících látek, které poškozují ozonovou vrstvu Země (MAREČEK, 2003).

3.2.6 Zákon o životním prostředí

Zákon č.17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon vymezuje základní pojmy a stanoví základní zásady ochrany životního prostředí a povinnosti právnických a fyzických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a při využívání přírodních zdrojů, přitom vychází z principu trvale udržitelného rozvoje (MAREČEK, 2003).

3.2.7 Zákon o územním plánování a stavebním řádu

Zákon č.183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů. Tento stavební zákon vymezuje cíle a úkoly územního plánování, upravuje ve věcech stavebního řádu zejména povolování staveb a jejich změn, dále upravuje podmínky pro projektovou činnost a provádění staveb, obecné požadavky na výstavbu a další věci související s předmětem této právní úpravy (www.eagri.cz).

3.2.8 Zákon o integrované prevenci a omezování znečištění

Zákon č.76/2002 Sb., zákon o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně zákonů. Tento zákon o integrované prevenci stanovuje povinnosti provozovatelů zařízení, dosáhnout vysoké úrovně ochrany životního prostředí jako celku uplatněním prevence a omezování znečištění (www.eagri.cz).

3.2.9 Vyhláška o ukládání odpadů na skládky

Vyhláška č.294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu ve znění vyhlášky č.381/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů. Tato vyhláška upravuje technické požadavky na skládky odpadů a podmínky jejich provozování (www.eagri.cz).

3.2.10 Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady

Vyhláška č.381/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů. Tato vyhláška obsahuje obecné požadavky na zařízení k využívání a odstraňování, sběru a výkupu odpadů (www.eagri.cz).

3.2.11 Vyhláška o nakládání s biologicky rozložitelnými odpady

Vyhláška č.342/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, ve znění pozdějších předpisů. Tato vyhláška obsahuje seznam bioodpadů a požadavky na kvalitu odpadů vstupujících do technologie materiálového využití, dále stanovuje podrobnosti o technickém vybavení a informace o provozu zařízení biologického zpracování bioodpadu (www.mzp.cz).

3.3 Plán odpadového hospodářství

Plán odpadového hospodářství (dále jen POH) je nástroj, který slouží k řízení odpadového hospodářství a k realizaci dlouhodobé strategie odpadového hospodářství.

V České republice (dále jen ČR) byl schválen POH ČR pro období 2015 – 2024 dne 22. 12. 2014. Povinnost ČR zpracovat plán nakládání s odpady na jejím území (POH ČR) je stanoven ve Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech, článku 4.28. Ministerstvo životního prostředí (dále jen MŽP) podle zákona č.185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, zpracoval POH ČR ve spolupráci s příslušnými orgány veřejné správy a veřejností. POH je klíčový dokument pro realizaci dlouhodobé strategie nakládání s odpady, obalovými odpady a výrobky s ukončenou životností.

Mezi hlavní cíle uvedené v POH ČR, patří:

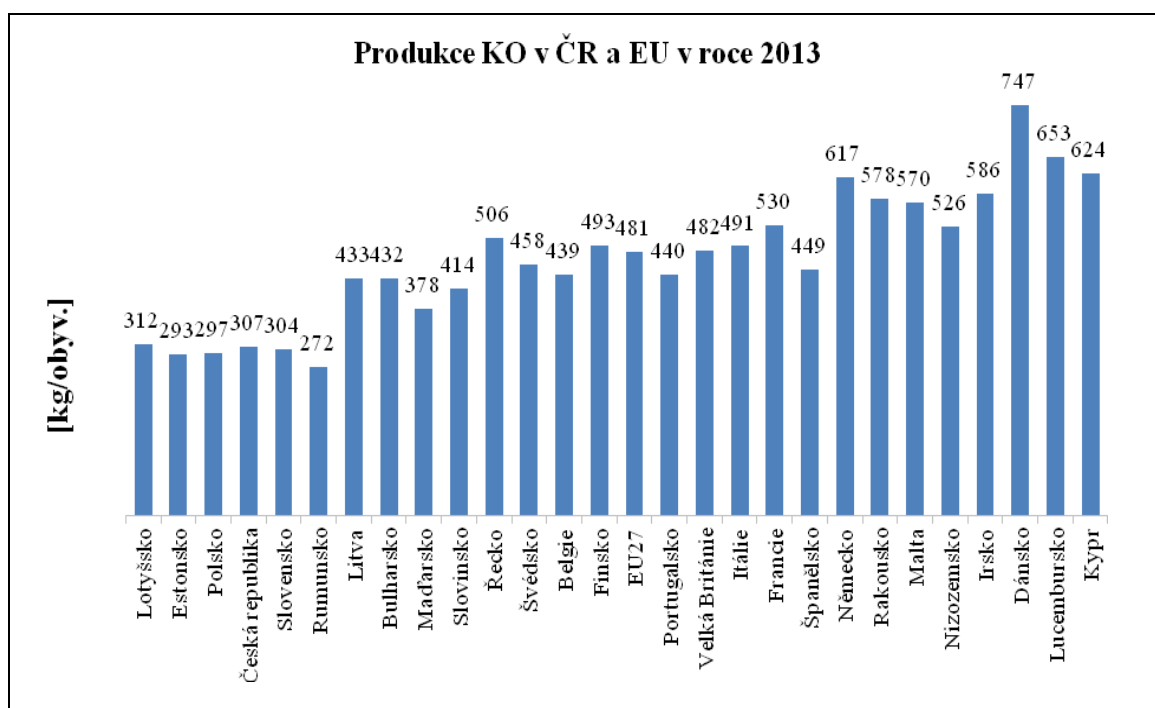
- předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů,
- minimalizace nepříznivých účinků vzniku odpadů a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí,
- udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské "recyklační společnosti",
- maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přechod na oběhové hospodářství.

POH ČR, jako strategický rámec pro rozvoj nakládání s odpady, je plně v souladu s evropskou odpadovou legislativou a je určitým dokumentem pro tvorbu plánů odpadového hospodářství jednotlivých krajů (www.mzp.cz).

3.4 Statistická data o produkci odpadů

3.4.1 Evropská unie

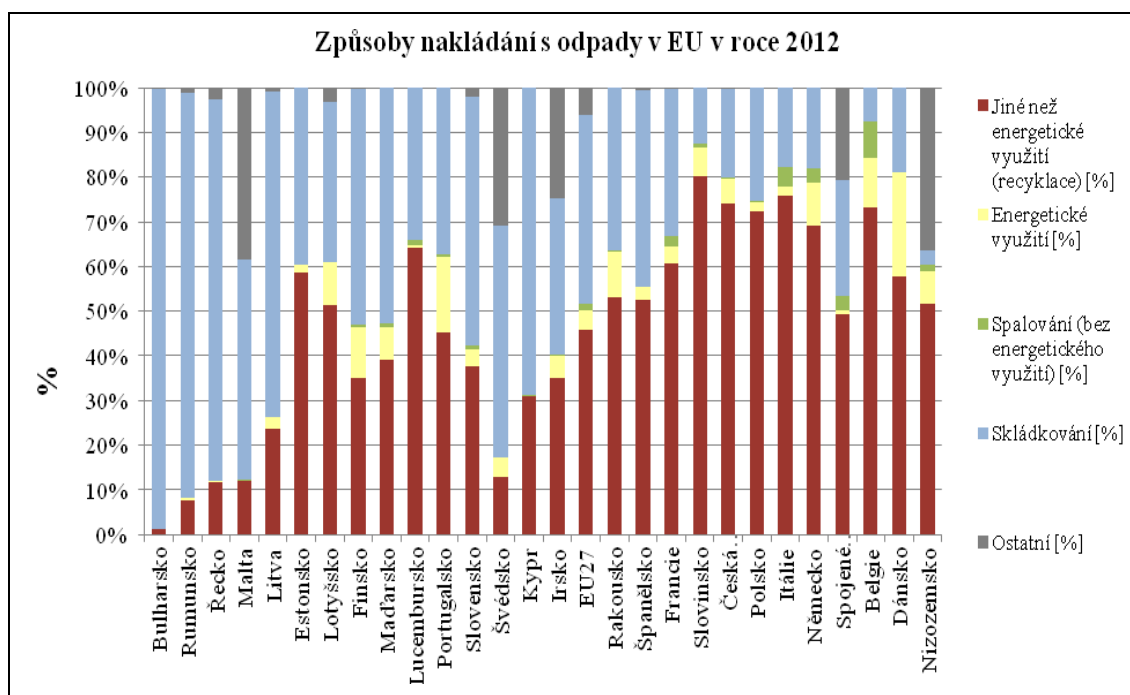
Produkce odpadů v ČR za rok 2013, na jednoho obyvatele, v porovnání s ostatními státy Evropské unie (dále jen EU) je nízká (viz Obrázek 1). V roce 2013 bylo v ČR vyprodukováno 307 kg KO na obyvatele. Největší množství KO bylo vyprodukováno v Dánsku, kde hodnoty překročily 700 kg/obyv. Mezi další státy s vyššími hodnotami nad 600 kg/obyv. patří Kypr, Lucembursko, Německo a Irsko. Mezi státy s nejmenšími hodnotami patří Rumunsko, Estonsko a Polsko (cenia.cz).



Obrázek 1: Produkce komunálního odpadu v ČR a EU v roce 2013

Obrázek 2 znázorňuje způsoby nakládání s odpady v EU v roce 2012. Ve sledovaném roce převládá skládkování, na druhém místě je jiné energetické využití (recyklace), na třetím místě energetické využití. Nejméně využívaným způsobem nakládání s odpady v EU je spalování. Pokud srovnáme nakládání s KO v ČR

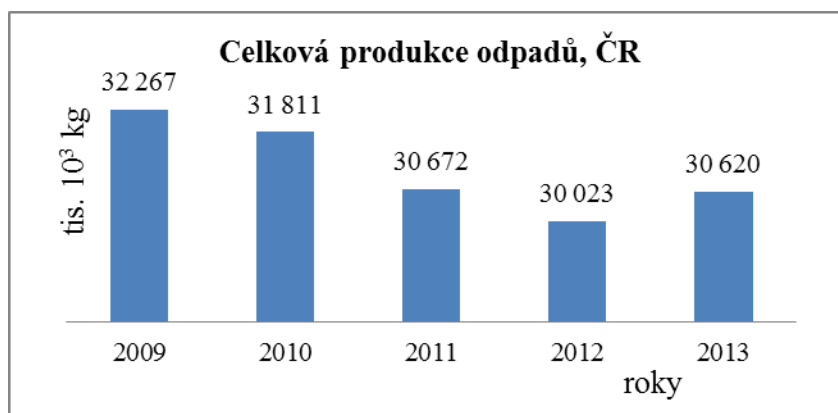
s ostatními státy EU, je nejpoužívanějším způsobem odstraňování KO odpadů skládkování (cenia.cz).



Obrázek 2: Způsoby nakládání s odpady v EU roce 2012 (zdroj: cenia.cz)

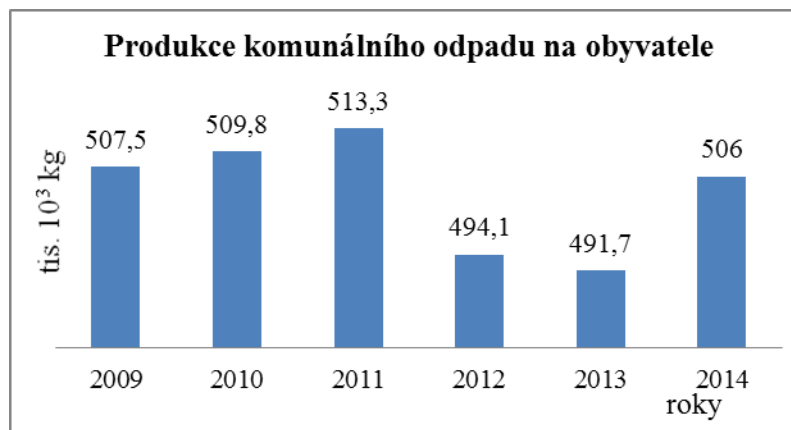
3.4.2 Česká republika

Obrázek 3 znázorňuje celkovou produkci odpadů v ČR v letech 2009 – 2013. V roce 2013 bylo vyprodukováno $30\,620 \cdot 10^6$ kg. Z této celkové hmotnosti bylo $1,6 \cdot 10^9$ kg NO a $30,5 \cdot 10^9$ kg bylo zařazeno do kategorie ostatní odpad (dále jen OO). Na jednoho obyvatele ČR vychází 3 043 kg/rok všech odpadů (cenia.cz)



Obrázek 3: Celková produkce odpadů (Zdroj: cenia.cz, upraveno autorkou)

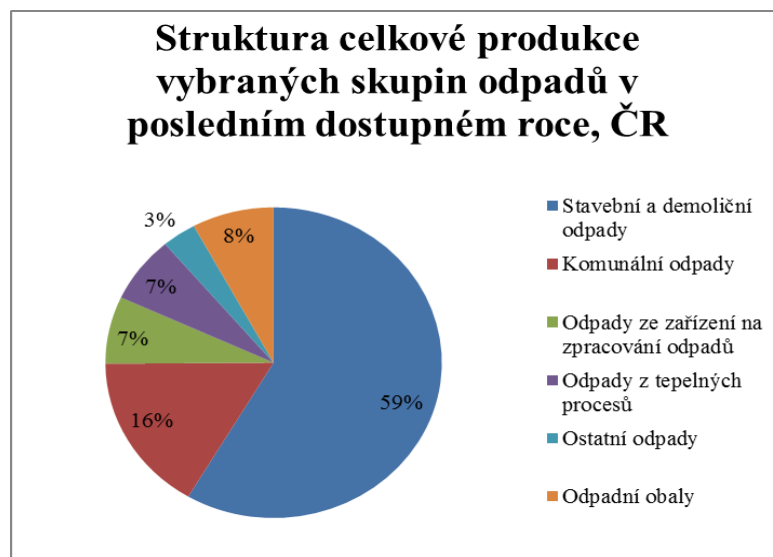
Obrázek 4 zobrazuje produkci KO v ČR v letech 2013-2014. Z celkové produkce odpadů $32 \cdot 10^9$ kg všech odpadů bylo využito 83 %. Materiálově bylo využito 79,5 % a 3,5 % bylo využito energeticky (mzp.cz).



Obrázek 4: Produkce komunálního odpadu na obyvatele (zdroj:cenia.cz, upraveno autorkou)

V ČR v roce 2014 obyvatelé vyprodukovali $5,3 \cdot 10^9$ kg KO. Produkce KO na jednoho obyvatele v ČR je 506 kg. V roce 2014 bylo využito 46,5 % vyprodukovaných KO, z toho 34,8 % materiálově a 11,8 % energeticky. Skládkováním bylo odstraněno 48,3 % (v roce 2013 to bylo 52 %), (mzp.cz).

V celkové produkci v roce 2014 činil největší podíl stavební a demoliční odpad $17\,904 \cdot 10^6$ kg. Komunální odpad zaujímá druhé místo $5\,323 \cdot 10^6$ kg. Odpady ze zařízení na zpracování odpadů činí $2\,144 \cdot 10^6$ kg, odpady z tepelných procesů $2\,124 \cdot 10^6$ kg a ostatní odpady (odpady z úprav povrchu plastů, odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a zpracování potravin, odpady v tomto katalogu jinak neurčené) činili $1\,007 \cdot 10^6$ kg a odpadní obaly v roce 2014 činili $2\,410 \cdot 10^6$ kg (viz Obrázek 5), (mzp.cz).



Obrázek 5: Struktura celkové produkce vybraných skupin odpadů v posledním dostupném roce (Zdroj: cenia.cz, upraveno autorkou)

Největší množství odpadu v roce 2014 vyprodukovalo hlavní město Praha s 4 568.10⁶ kg odpadu. Nejmenší množství odpadu 687.10⁶ kg bylo evidováno v kraji Karlovarském (viz Tabulka 1).

Tabulka 1: Produkce odpadů v územním členění na kraje, 2009 – 2014 (zdroj: cenia.cz, upraveno autorkou)

Kraj	2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	Celkem 10 ³ kg	Nebezpečné 10 ³ kg	Celkem 10 ³ kg	Nebezpečné 10 ³ kg	Celkem 10 ³ kg	Nebezpečné 10 ³ kg	Celkem 10 ³ kg	Nebezpečné 10 ³ kg	Celkem 10 ³ kg	Nebezpečné 10 ³ kg	Celkem 10 ³ kg	Nebezpečné 10 ³ kg
Hlavní město Praha	6 143	135	6 795	211	4 714	109	4 941	131	4 023	114	4 568	96
Středočeský	4 146	424	3 896	299	3 454	245	4 097	210	4 075	180	4 053	219
Jihočeský	2 160	137	1 930	85	2 450	71	1 658	53	2 481	60	1 856	87
Plzeňský	2 003	57	1 756	51	1 755	43	1 798	106	2 482	84	1 823	50
Karlovarský	902	32	795	21	622	16	515	14	580	21	682	24
Ústecký	3 197	386	2 550	209	2 998	309	2 692	280	2 397	156	3 403	153
Liberecký	1 078	64	950	71	1 006	69	899	74	852	83	919	82
Královéhradecký	1 032	53	1 029	42	1 026	56	1 003	60	1 004	63	1 142	72
Pardubický	1 182	102	947	95	1 023	52	925	50	1 092	107	1 419	234
Vysočina	744	48	902	100	891	95	917	67	982	56	1 202	93
Jihomoravský	2 801	125	2 513	129	2 770	152	2 725	121	3 335	144	3 050	85
Olomoucký	1 419	78	1 621	60	1 651	72	1 852	96	1 703	73	2 126	192
Zlínský	891	69	1 008	74	1 490	96	4 740	87	1 262	83	1 503	100
Moravskoslezský	4 563	444	5 114	330	4 815	452	1 253	281	4 719	213	4 275	192
ČR celkem	32 267	2 161	31 811	1 784	30 672	1 840	30 023	1 636	30 620	1 443	32 028	1 565

Následující Tabulka 2 uvádí, že celková produkce odpadů má stagnující až mírně klesající tendenci až na hodnotu 5 323.10⁶ kg v roce 2014, kdy bylo evidováno 10 524 783 obyvatel.

Tabulka 2: Celková produkce komunálních odpadů, 2009 – 2014 (zdroj: cenia.cz, upraveno autorkou)

Rok	Počet obyvatel	Celková produkce komunálních odpadů (kg)	Celková produkce komunálních odpadů (kg/obyv.)
2009	10 491 492	5 324.10 ⁶	507
2010	10 517 247	5 361.10 ⁶	510
2011	10 495 430	5 388.10 ⁶	513
2012	10 509 286	5 192.10 ⁶	494
2013	10 510 719	5 167.10 ⁶	492
2014	10 524 783	5 323.10 ⁶	506

3.5 Způsoby nakládání s odpady

V rámci OH je základním úkolem předcházet vzniku odpadu, omezovat vznik odpadů, a pokud již odpady vzniknou, tak je především využívat a až potom řešit jejich odstraňování. V této kapitole jsou uvedeny jednotlivé způsoby nakládání s odpadem.

3.5.1 Shromažďování odpadu, sběr a výkup

Shromažďovacími prostředky nazýváme odpadkové koše, sudy, kontejnery, pytle, vaky, kartonové obaly a speciální kontejnery. Nádoby na odpad se podle způsobu nakládání a jejich obsahem při svozu rozdělují na nádoby přesypné, výměnné a skladovací.

Přesypné nádoby se vyprazdňují do svozových nebo jiných mobilních prostředků, výměnné nádoby (též odpadkové přepravníky nebo kontejnery) naplněné odpady se vyměňují za prázdné a pro velkoobjemové výměnné nádoby se využívá automobilových přepravníků. Skladovací nádoby poskytují bezpečné uložení pro nebezpečné odpady nebo jiné rizikové látky.

Sběrné nádoby se dělí na malé, střední a velké. Nádoby přesypné jsou malé (objem 70, 110, 120, 240, 360 litrů), střední (objem 1100 až 1500 litrů), velké (objem 1,5 až 5 m³). Nádoby (kontejnery) výměnné jsou malé (objem do 1,1 m³), střední (objem 1,1 až 5 m³) a velké (objem 5 až 20 m³).

Sběrné nádoby na KO jsou kovové nebo plastové, popř. sklolaminátové, vyrábějí se v různých objemech, barvách a formách. DO se obvykle shromažďuje do přesypných nádob kovových nebo plastových popelnicových nádob (např. objem 110 l nebo 240 l). V sídlištní zástavbě jsou přesypné nádoby – kontejnery objem 1,1 až 3,2 m³.

Sběrné nádoby na průmyslový odpad a jiný odpad jsou stejné jako pro komunální odpad nebo jsou upravené, obvykle kovové či plastové. Používají se mobilní velkoobjemné kontejnery o objemech 2,5 a 5 m³ (FILIP, 2002).

3.5.2 Přeprava a doprava odpadu

Způsoby přepravy odpadu se dělí na pravidelný, nepravidelný odvoz a potrubní způsob.

Pravidelný způsob se týká hlavně DO a domovnímu odpadu podobnému. Přesypný postup se používá pro DO, postup výměnný se používá u objemného odpadu z živností, průmyslových závodů, velkých hotelů, úřadů apod. Umisťuje se do kontejnerů, které se po naplnění vyměňují za prázdné. Jednorázovým způsobem se odvázejí domovní, nemocniční a jiné odpady umístěné v pytlích nebo sudových nádobách.

Nepravidelný způsob se týká odpadů, které jsou velkorozměrné, o malé hmotnosti, velkého objemu apod., ale které se vyskytují jen občas. Odpad se shromažďuje do velkoobjemných kontejnerů a odvázejí se jednorázově.

Potrubní systém je takový, kterým se přepravuje odpad z místa vzniku na místo zpracování pomocí potrubí. Přepravním médiem je vzduch nebo kapalina. Při tomto systému se snižují nároky na pracovní sílu, zvyšuje se hygieničnost sběru, ale vzrůstají investiční náklady na vybudování potrubního systému, energii a vodu.

Dopravní prostředky slouží k přepravě odpadů. Rozlišuje se přeprava odpadu z místa soustředování na krátkou vzdálenost nebo na dlouhou vzdálenost. Vozidla musí splňovat legislativní požadavky dopravy po veřejných komunikacích. Mezi dopravní prostředky patří nákladní automobily se speciální nástavbou tzv. svozové automobily, nosiče přepravníků a speciální přepravní automobily (FILIP, 2002).

3.5.3 Dočasné skladování odpadu

K dočasnému skládání odpadů slouží tzv. překladiště. Překladiště je zařízení sloužící k účelné manipulaci s odpady při dvou- a vícefázové přepravě odpadů. Velikost stavebního a strojního zařízení závisí na druhu a množství odpadů a způsobu dálkové přepravy. Tím je dáno různé uspořádání a více variantních typů překladišť (FILIP, 2002).

3.5.4 Třídění, úprava odpadu

Odpady se považují za cennou surovinu – druhotnou surovinu, proto je důležité odpady upravit, roztřídit a velikostně homogenizovat. Samotnou činností odpadového hospodářství je úprava odpadů, kterou lze rozdělit na drcení, oddělování (třídění) a lisování.

Drcení odpadu se využívá kvůli odstranění různorodosti rozměrů zmenšením a uvolněním spojených různorodých materiálů. Používají se mlýny, drtiče či šrédry. K úpravě odpadů malých rozměrů se používá prosévací zařízení.

Odlučování (třídění) odpadů se provádí ručně nebo strojně. Často se využívá strojní třídění a následně ruční dotřídování. Strojní třídění dělíme na odlučování magnetické, vzduchem, odstředivou silou, elektrostatické, optické apod.

Lisování odpadu se využívá kvůli zmenšení objemu odpadu a využití ložné plochy dopravních prostředků. Tím se sníží náklady na přepravu (FILIP, 2002).

3.5.5 Využívání odpadu (recyklace, zhodnocení)

Recyklací odpadu se rozumí opětovné využití výrobních, zpracovatelských a spotřebních odpadů, látek a energií jako zdrojů druhotných surovin v původní nebo pozměněné formě, a to bez ohledu na místo nebo čas vzniku odpadu a jeho použití.

Recyklační technologie je soubor na sebe navazujících procesů a technologických operací. Cílem této technologie je přeměna odpadu na druhotnou surovinu (FILIP a kol., 2006).

3.5.6 Odstraňování odpadu

Odstraňováním odpadů neboli zneškodňováním odpadů se rozumí nakládání s odpadem za účelem zamezení nebo snížení jeho škodlivého vlivu na ŽP. Jedná se o metody fyzikálně-chemické, termické, biologické a skládkování.

Fyzikální a chemické metody zneškodňování odpadů slouží ke snížení obsahu škodlivin v odpadu nebo míry jeho nebezpečných vlastností. Metody jsou aplikovány na široké spektrum, zejména průmyslových odpadů, které obsahují jednu či více nebezpečných složek.

Teplné (či termické) zpracování odpadů je jeden ze způsobů odstraňování odpadu. Výhodou řízeného spalování je značná redukce původního objemu, možnost spalování širokého spektra odpadů, možnost využití tepla, uvolněného při spalování

a je to jediný způsob možného zneškodnění některých typů odpadů (zdravotnický materiál, odpady z chemického průmyslu). Mezi nevýhody patří vysoké investiční náklady na výstavbu spaloven, náklady na provoz a údržbu zařízení, potřeba kvalifikovaného personálu (FILIP, 2003).

Biologické metody zneškodňování odpadů využívají biologických procesů ke snížení obsahu škodlivin v odpadu nebo míry jeho nebezpečných vlastností. Zemědělství dovede využít velké množství odpadů vlastních a je schopno využít i odpady z jiných odvětví. Mezi odpady z rostlinné výroby patří sláma, řepný chrást, zeleninová nat', silážní šťávy, apod. Mezi nejčastější způsoby jejich využití patří zkrmování hospodářským zvířatům, silážování, přímé hnojení zemědělských plodin a kompostování.

Kompostování odpadu je technologický postup zpracování biologicky rozložitelného odpadu (dále jen BRO) na průmyslový kompost. Jedná se o aerobní biologický proces, jehož účelem je co nejehospodárněji rozložit původní organické látky v kompostovaných surovinách (odpadech) a převést je na stabilní humusové látky, které jsou základem půdní úrodnosti. Komposty se vyrábějí ve dvou základních objektech-kompostárnách (stavební zařízení na úpravu vstupních surovin pro kompostování) a na kompostovištích (trvale zpevněná, vodotěsná plocha, která umožňuje kompostování jednoduchým způsobem), (FILIP, 2003).

Skládkování odpadu je zneškodňování odpadu trvalým uložením na skládkách, úložištích složištích, odkalištích, odvalech a výsypkách (ALTMAN, 1996).

3.6 Skládkování

Rozvoj lidské populace je spojen s neustálým nárůstem produkce odpadů, který je celosvětovým problémem. Mezi způsoby odstraňování odpadů patří skládkování s 60 – 90 % podílem. Důvodem rozšíření je jednoduchost postupu, využívání jednoduché techniky, nižší náklady a tedy i krátkodobě hospodářská výhodnost. Hrozbou jsou však průsakové skládkové vody, únik skleníkového plynu metanu, zápach, prašnost, nebezpečí požárů (FILIP a kol., 2006).

Skládkování je jeden ze způsobů odstraňování odpadů, při kterém jsou odpady plánovitě svázeny na skládku, hutněny a překrývány materiálem. Skládkování patří mezi nejméně žádoucí způsoby odstraňování odpadů a zároveň patří mezi nejrozšířenější (SLIVKA a kol., 2006).

3.6.1 Základní pojmy a podklady k výstavbě skládek

Skládka je technické zařízení (stavba ve smyslu stavebního zákona č.50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu a pozdějších novel), určená k ukládání předepsaných druhů odpadů za daných technických a provozních podmínek při průběžné kontrole vlivu na životní prostředí.

Před samotnou výstavbou skládky se musí provést výběr lokality a všestranné průzkumy, vypracovat územně plánovací a stavební dokumentaci. Při výběru lokality se postupuje na základě analýzy území podle kritérií vhodnosti či nevhodnosti území pro skládkování odpadů. Vybírají se především plochy devastované, neplodné, krajinářsky nehodnotné a hospodářsky nevyužitelné. Obecně se umisťují na mimo hustě osídlená místa, neplodná či zdevastovaná a v lokalitách o nižších ročních úhrnech srážek.

Rozsah podkladů pro návrh skládky je závislý na účelu zpracované dokumentaci, druhu a skupině skládky a na potenciálním vlivu skládky na životní prostředí. Patří sem výsledky hydrogeologického a inženýrsko-geologického průzkumu, mapové a geodetické podklady, klimatické a hydrologické údaje, údaje o pásmech hygienické ochrany, o inženýrských sítích, o zvláště chráněných územích a základní údaje o druhu a množství ukládaného odpadu (FILIP a kol., 2006).

3.6.2 Klasifikace skládek

Skládky se dělí podle různých hledisek ve vztahu k terénu, z hlediska ochrany před srážkami, podle způsobu uložení odpadů, podle časového hlediska, podle třídy vyluhovatelnosti a z hlediska zabezpečení. V této kapitole jsou uvedeny jednotlivé kategorie.

Skládky ve vztahu k úrovni terénu:

- podúrovňové skládky – v otevřených terénních prohlubních do úrovně terénu,
- nadúrovňové skládky – se základem na pod úroveň terénu a převýšením nad jeho úroveň,
- podzemní skládky – přirozené nebo uměle vytvořené dutiny pod povrchem země,
- svahové skládky – využívají přirozenou konfiguraci terénu, kde je sklon větší než 1:2, zřizují se většinou v bývalých lomech, pískovnách apod.,

- násypové skládky – tvoří plocha ohraničená přirozenými nebo uměle vybudovanými hrázemi ze stabilního materiálu,
- kombinované skládky.

Skládky z hlediska ochrany před srážkami:

- otevřené skládky,
- zastřešené skládky.

Skládky podle způsobu uložení odpadů:

- jedno-druhovú skládka – tou je i oddělené skládkování více druhů odpadů na jedné skládce, odpady však nesmějí být smíchány, mohou však být v kontejnerech,
- více-druhovú skládka,
- sdružená skládka – uložen KO a průmyslový odpad.

Skládky podle časového hlediska:

- připravované skládky,
- provozované skládky,
- skládky s přerušenou či ukončenou činností.

Skládky z hlediska zabezpečení:

- nebezpečné (divoké, černé) skládky,
- zabezpečené (řízené) skládky.

Skládky podle třídy vyluhovatelnosti odpadů:

- S-IO (interní odpad) – ukládané odpady musí vyhovět limitům II. tř. vyluhovatelnosti, je nutné geologické podloží nebo těsnění.
- S-OO (ostatní odpad) – ukládané odpady musí vyhovět limitům III. tř. vyluhovatelnosti nebo se jedná o odpady neohodnotitelné podle vyluhovatelnosti, např. KO. Nutné předepsané těsnění.
- S-NO (nebezpečný odpad) – ukládané odpady musí vyhovět limitům vyluhovatelnosti III. tř. a je nutné kombinované těsnění.

Hodnocení vyluhovatelnosti odpadů spočívá ve zjišťování koncentrací předepsaných škodlivin ve vodním výluhu odpadu a zařazování do tříd vyluhovatelnosti daných limitními hodnotami. Za odpady nelze hodnotit podle výluhu, se považuje směsný KO a odpady s proměnlivými fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi. Na skládky S-OO lze ukládat i nebezpečný odpad, pokud je umístěn v uzavřené nádobě a jehož technické provedení splňuje požadavky pro skládky S-NO nebo nebezpečný

odpad, který je upraven stabilizací, takže jejich vodní výluh nepřekračuje hodnoty výluhové třídy č. III (FILIP a kol., 2003).

3.6.3 Provozování skládky

Odpady se mohou navážet na skládku až po kolaudaci a schválení provozního řádu. Provoz skládky zahrnuje ukládání odpadu, vodní hospodářství skládek, plynové hospodářství a monitorování. Během provozu se musí minimalizovat škodlivé emisní jevy (zápach, prašnost, hlučnost) a vést co nejobsáhlejší dokumentaci a ukládání odpadů, tvorbě tělesa skládky, apod.

Mezi provozní dokumentaci patří provozní řád, provozní deník a monitorovací dokumentace. Provozní deník obsahuje vše důležité pro provozování skládky a jeho náplň stanovuje vyhláška MŽP č.383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. V provozním řádu se nacházejí informace o provozovateli, technický popis skládky, výčet zneškodňovaných odpadů, organizace a technologie provozu, havarijní opatření, povinnosti pracovníků, způsob vedení evidence, apod. Provozní deník, jehož náplň stanovuje vyhláška MŽP č.383/2001 Sb., je dokumentem, kam se zapisují všechny skutečnosti, charakteristické pro provoz zařízení (jména obsluhy, množství přijatých odpadů, technické údaje o provozu, meteorologická data, vznik havárií, poruch, kontroly, revize, apod.).

3.6.4 Monitorování skládky

Monitorováním skládky se kontroluje, zda nedochází ke kontaminaci okolního prostředí škodlivými látkami z ukládaného odpadu. Je sledován stav ovzduší a vod povrchových i podzemních. Monitorovací zařízení se dělí na hlavní a doplňující. Sledování se provádí pravidelně či mimořádně. Rozlišují se etapy monitorování v době přípravy skládky, během skládkování a po ukončení provozu skládky. Důležitým ukazatelem je jakost podzemních a povrchových vod. Sleduje se také vývoj a složení skládkového plynu, spolehlivost jímání plynu, chování skládky a její prašnost. Doplňujícím sledováním se zjišťuje přehled o chování jednotlivých objektů skládky a zjišťují se meteorologické, hydrologické a provozní údaje nutné ke komplexnímu hodnocení působení skládky (FILIP a kol., 2003).

3.6.4.1 Monitoring vod

Termínem monitoring skládky se rozumí soubor činností, kterými se sleduje vliv skládky na okolní prostředí a chování jednotlivých částí skládky. V této kapitole je řešen monitoring průsakových vod.

Složení průsakových vod souvisí s chemickými a mikrobiálními procesy, které probíhají ve skládce. Výsledný produkt těchto procesů obohacuje průsakovou vodu škodlivinami. Složení kontaminantů se liší především v závislosti na charakteru a množství vstupující vody do skládky, na druhu odpadu, na způsobu ukládání a hutnění. Mezi společné složky výluhů patří organické látky, amoniakální a organický dusík, anorganické soli, síra, těžké kovy, fosforečnany a syntetické organické chemikálie. Mezi těžké kovy jsou zařazeny prvky jako Zn, Ni, Pb, Cu a Cd. Syntetické organické sloučeniny jsou běžné ve všech typech skládek. Patří sem chlorovaná alifatická rozpouštědla, aromatické uhlovodíky ropného původu jako benzen, toluen a xyleny, chlorované aromatické látky jako chlorfenoly, chlorbenzeny a pentachlorfenol, dusíkaté aromatické sloučeniny jako nitrotolueny a nitrofenoly.

Jakost a množství průsakových vod se monitorují na výtoku z vnitřního drenážního systému do jímky. Rozsah sledovaných parametrů výluhů závisí na množství ukládaných odpadů na skládce a charakteru jejich výluhu a musí být stanoven v programu kontroly a monitorování. Četnost odběrů vzorku může být prováděna měsíčně či čtvrtletně.

Pro sledování jakosti a množství vody v okolí skládky se měří úroveň hladiny a jakost podzemních vod v okolí skládky, zejména z hlediska možné kontaminace látkami obsaženými ve výluzích z uloženého odpadu. Dále je sledována jakost povrchových vod, do kterých jsou vyústěny případné vnější drenáže skládky a odvodnění skládkového areálu. Pokud má skládka vnější drenážní systém, monitoruje se jakost vod, vytékajících z tohoto systému před jeho zaústěním do povrchových vod.

Počet monitorovacích míst se určí na základě hydrogeologického průzkumu a s ohledem na potřebu včasného zjištění havarijního úniku výluhu do podzemních vod. Jedno monitorovací místo musí být v úseku, kde voda přitéká ke skládce a dvě v oblasti, kde vytéká.

Před zahájením provozu musí být odebrány alespoň dva odběry vzorků. Sledovanými parametry jsou pH, celkový organický uhlík, fenoly, těžké kovy, fluoridy, nepolární extrahované látky a anionaktivní tenzidy.

Četnost měření vychází z vyhodnocení rychlosti proudění podzemní vody, tj. rychlosti šíření případné kontaminace. Pokud je hladina vody proměnlivá, musí být její měření častější.

Pokud se při měření dosáhne kritických hodnot, musí být výsledek měření ověřen odběrem vzorku a další postup řídí podle havarijního plánu skládky. Kritické hodnoty představují významnou změnu jakosti podzemní vody, a jsou obsaženy v provozním řádu skládky (ČSN 82 8036).

3.6.5 Uzavírání a rekultivace skládky

Po skládkování dochází k uzavření a rekultivaci skládky, jedná se o ukončení provozu skládky, finálnímu zabezpečení a zkulturnění území skládky a jejího okolí. Základní předpisem, kterým se tento proces řídí, je Technická norma odpadového hospodářství (dále jen TN OH) 83 8035 Skládkování odpadů – Uzavírání a rekultivace skládek. Uzavírání a rekultivace skládek obvykle probíhá po jednotlivých sekcích skládky, které postupně dosahují maximální kapacity naváženého odpadu.

Cílem rekultivace je vytvoření přírodě blízkých ploch lesní nebo zemědělské půdy pro hospodářské jiné využití. Vlastní projekce rekultivace je odvozena od způsobu využití skládky po jejím uzavření a musí být již navržena v projektové dokumentaci skládky. Rekultivace se dělí na biologickou a technickou. Samotná rekultivace probíhá v několika etapách – úprava tvaru skládkového tělesa, svrchní těsnění, ochrana izolačních vrstev, zapojení skládky do okolního prostředí. Uzavírací konstrukce skládek odpadů se skládá z několika vrstev – ochranná (rekultivační vrstva), drenážní (filtrační) vrstva, která slouží pro odvod vnějších srážkových vod, těsnicí vrstva, která zabraňuje průniku vnějších vod do skládky a úniku skládkového plynu mimo skládku, porézní vrstva pro vedení skládkového plynu a vyrovnávací vrstva pro sjednocení nerovností povrchu skládky (JUNGA, 2015).

3.7 Základní metody ekotoxikologie

Do ŽP jsou ročně uvolňovány stovky různých druhů chemických látek. Úkolem ekotoxikologie je hodnotit jejich dopady na živé organismy a navrhnout pravidla pro jejich bezpečné použití. Předmětem této kapitoly je definovat pojem ekotoxikologie a popsat základní metody (ANDĚL, 2001).

3.7.1 Definice a vymezení oboru

Ekotoxikologie je obor mezi ekologií a toxikologií. Toxikologie je lékařský obor, který studuje vliv jedovatých látek na člověka. Ekotoxikologie rozšiřuje toto zaměření na ostatní živé organismy. Pojem poprvé použil, člen francouzské akademie věd, Dr. René Truhaut v roce 1969 (EKOMONITOR, 2002).

Ekotoxikologie je věda, která se zabývá negativním působením toxikantů na biosystémy.

Biosystém je živý systém na libovolném stupni hierarchické biotické organizace.

Toxikant je chemická látka nebo směs látek, které mají schopnost vyvolat negativní účinky na biosystém.

Věda ekotoxikologie je postavena na základech ekologie a toxikologie, ale současně využívá výsledky celé řady dalších vědních oborů jako např. chemie, matematika, fyzika, geologie, pedologie, klimatologie, hydrochemie (ANDĚL, 2001).

3.7.2 Význam a cíl

Cílem ekotoxikologie jako vědního oboru je studium a rozšiřování poznatků o působení chemických látek na živé systémy ve všech úrovních od buňky až po biosféru. Jako hlavní cíl je ekosystém a člověk.

Vzhledem ke stále vzrůstající chemizaci ŽP mají výstupy tohoto oboru zásadní praktické využití. Znalosti ekotoxikologie by měly sloužit k účinnému využívání chemických látek při současném zajištění ochrany živých organismů a funkčnosti celých ekosystémů.

Prospektivní ekotoxikologie – zkoumá prevenci znečištění. Prvním úkolem je testování nových chemických látek před jejich uvedením na trh a do ŽP, druhým úkolem je posoudit míru ekologického rizika při používání nových chemikálií, využívání a recyklaci odpadů.

Retrospektivní ekotoxikologie – zabývá se hodnocením dopadů činností a aktivit, které byly uskutečněny v minulosti. Úkolem je ohodnotit působení existujících chemických látek, hodnotit tzv. staré zátěže, tj. místa, která byla v minulosti kontaminována průmyslovou, zemědělskou či jinou antropogenní činností. Retrospektivní ekotoxikologie sleduje i varovné faktory negativního vlivu chemických látek na organismy – jedná se např. o neočekávané úhyny některých druhů rostlin a živočichů (ANDĚL, 2001).

3.7.3 Základní metodiky ekotoxikologie

Mezi základní metodické postupy, které jsou v ekotoxikologii používány, patří metodiky hodnocení expozice, metodiky hodnocení účinku a bioindikační metody.

Metodiky hodnocení expozice obsahují popis a kvantifikaci všech jevů, které se vyskytují mezi výstupem toxikantu ze zdroje a jeho přímým spojením s biosystémem, tedy expozicí. Náleží sem tyto oblasti: emise (výstup toxikantu ze zdroje), imise (kontakt toxikantu s cílovými organismy) a transmise (transport v prostředí včetně změn a transformace látek v průběhu transportu). Dále můžeme tuto skupinu rozdělit do dvou skupin, které se vzájemně ovlivňují. Jedná se o metodiky hodnotící pohyb a přeměny toxikantů v prostředí, kde je zdůrazněna dynamická složka a metodiky hodnotící hladiny a rozšíření toxikantů v prostředí, kde je zdůrazněna statická složka.

Metodiky hodnocení účinku jsou základem ekotoxikologie. Metody napomáhají ke sledování účinků, které toxikant v biosystému vyvolá. Mezi základní metodiky hodnocení účinku patří:

- Ekotoxikologické biotesty – laboratorní testy, při kterých se v klasickém toxikologickém uspořádání testuje vliv jedné čisté chemické látky na jeden druh organismu. Testovat je možné směs chemických látek, přírodního i umělého původu. Výhodou těchto testů je reprodukovatelnost, vysoká standardizace, možnost rutinního zpracování velkého počtu vzorků a vytvoření základní informační srovnávací databáze. Nevýhodou je, že výsledky většinou neodpovídají reálné situaci v přírodě, jak z hlediska chování chemické látky, tak účinku.
- Sada testů – jedná se o celou řadu samostatných testů s různými druhy. Obsah sady vychází z cílů studie, pro některé kontrolní účely je standardizováno.

Celková toxicita látky se vyhodnocuje na základě všech výsledků získaných v dané sadě. Základní výhodou je možnost získat informaci o rozsáhlejším spektru důležitých druhů.

- Mikrokosmy – jsou to laboratorní testy, ve kterých je v jedné lokalitě současně zapojeno více druhů organismů. Představují malou modelovou a uzavřenou část ekosystému a lze u nich hodnotit změny i dílčí odpovědi na úrovni vztahů mezi organismy. Rozlišují se mikrokosmy pro půdní a vodní ekosystémy. Výhodou je, že mikrokosmy již pracují s částečně reálným prostředím, mohou sledovat i běh toxikantu v systému a složitější vztahy mezi živou a neživou složkou. Nevýhodou je, že klesá stupeň standardizace, protože u přírodně odebraných materiálů nelze nikdy zaručit úplně stejné chemické složení, stejný počet druhů organismů a počet jedinců.
- Transpirační pokusy – modelový organismus, vypěstovaný v laboratoři, je přenesený na místo předpokládaného působení toxických látek. Zde se nechá po určitou dobu exponovat a po vrácení do laboratoře se hodnotí biochemické, fyziologické a morfologické změny. Hodnoceno může být i hromadění toxikantu v těle organismu.
- Mezokosmy a polní studie – jedná se o reálné části ekosystémů v prostředí, na kterých se provádí testování účinku toxikantů. Příkladem jsou pokusné pole a louky pro testování zemědělských chemikálií nebo pokusné vodní nádrže a pokusné vodní toky. Výhodou je možnost pozorovat široké spektrum ekologických reakcí, nevýhodou je omezená možnost standardizace podmínek a vyšší proměnlivost výsledků.
- Ekotoxikologické terénní testy – testy, které pracují s reálnými ekosystémy a skutečným působením toxikantů. Skládají se z dvou základních typů: vyhodnocení dopadů bezprostředně provedeného chemického zásahu a hodnocení vlivů chemické kontaminace, ke které došlo v minulosti. **Vyhodnocení dopadů bezprostředně provedeného chemického zásahu** je prováděno přímo jako plánovaná součást zásahu, sledovány jsou toxické účinky na cílové a necílové druhy, změna chemismu prostředí, doba setrvání chemické látky v jednotlivých složkách. **Hodnocení vlivů chemické kontaminace, ke které došlo v minulosti** lze definovat jako metodiku retrospektivní ekotoxikologie. Hledají se příčiny kontaminace, příčiny

negativních vlivů na biosystémy, podíl jednotlivých toxikantů a jejich směsí, vývoj a prognóza kontaminace v čase. Příkladem může být hodnocení kontaminace prostředí v okolí emisí nebo hodnocení kontaminace prostředí ve vodním toku pod výpustí odpadních vod. Výhodou je získání relevantních informací na úrovni celého ekosystému, nevýhodou je nízká standardizace.

Bioindikační metody lze definovat jako metody, které jsou založeny na principu, kdy stav a vlastnosti prostředí určují a ovlivňují stav a vlastnosti biologických systémů. Lze proto zpětně na základě vyhodnocení stavu biologických systémů vyvozovat vlastnosti prostředí. Bioindikace se v odborné literatuře liší. Nejrozšířenější a obecný přístup je přístup ekologický, který uvádí následující definici: „*Bioindikace je metoda, která na základě vlastností a chování živých systémů usuzuje na vlastnosti prostředí.*“ Druhým přístupem, jehož definice má omezené určení je přístup ekotoxikologický – obecný: „*Bioindikace je metoda, která na základě vlastností a chování živých systémů usuzuje na vlastnosti toxikantů v přirozeném i umělém prostředí.*“ Třetím přístupem je ekotoxikologický – terénní, jehož definice zní: „*Bioindikace je metoda, která na základě vlastností a chování živých systémů usuzuje na vlastnosti toxikantů v přirozeném prostředí.*“ (ANDĚL, 2001).

Bioindikační druh je druh organismu používaný v bioindikačních metodách. Bioindikátor je pojmem, který je užíván ve dvou významech. Prvním je indikátor (ukazatel, charakterizující určitou vlastnost), který je výsledkem bioindikačních metod. Shoduje se s monitorovanou odpovědí systému. Druhým významem je organismus využívaný v bioindikačních metodách. Vznik tohoto přístupu souvisí se skutečností, kdy samotná přítomnost určitého druhu byla indikátorem daného stavu.

- Předmět analýzy – bioindikace je modelovou odpovědí biologického systému na vliv toxikantu a indikuje určitou integrovanou kvalitu hodnocení prostředí. Jedná se o integraci látkovou, koncentrační a časovou.
- Standardizace metodických postupů – proces, při kterém se sjednocuje a přesně definuje určitý pracovní postup s cílem zjistit opakovatelnost a reprodukovatelnost výsledků. Při standardizaci se musí zohledňovat dvě hlavní hlediska – podmínky expozice toxikantu a životní podmínky indikačního biosystému.

- Interpretace výsledků – pro praktické použití musí být tyto výsledky nějakým způsobem určovány, aby bylo možné je interpretovat. Tato určení je možná dvěma způsoby. Prvním způsobem je porovnání s referenčními podmínkami. Referenční podmínky, jsou takové, u kterých předpokládáme určité chování testovaného systému. Jsou dvojího typu – negativní a pozitivní kontroly. Druhým způsobem je porovnání se stanovenými limitami. U metod s vysokou standardizací a dlouhodobými praktickými zkušenostmi mohou být stanoveny limitní hodnoty, které jsou považovány za hranici negativního působení. Ty jsou potom využívány k legislativní kontrole (ANDĚL, 2001).

3.7.4 Laboratorní testy ekotoxikologie

Podstatou „ekotoxikologické“ laboratorní práce jsou testy toxicity, které slouží ke zjištění či odhadu možného toxického vlivu testovaných látek na živé organismy. Zkouška toxicity se používá k hodnocení látek ovlivňujících ekosystémy, proto se látka posuzuje v takových koncentracích, v jakých do prostředí vstupuje či v jakých se může vyskytovat. Biotesty mají významné místo v monitoringu ŽP.

Rozdělení ekotoxikologických testů:

- Dle doby expozice – aktuální, semiaktuální (semichronické), chronické
- Dle pokročilosti designu testovaného systému (3 generace)
 1. generace - klasická (standartní),
 2. generace – mikrobiotesty,
 3. generace – biosenzory, biosondy, biomarkry,
- Dle trofické úrovně testovaných organismů – producenti, konzumenti, destruenti
- Dle testované matrice – voda, půda, vzduch, sedimenty, odpad, chemická látka
- Dle spektra testovaných organismů – jednodruhové (Single Species), vícedruhové (Multi Species s přírodními populacemi i laboratorní směsí kultur)
- Dle testovaného vzorku – čisté chemické látky (hydrofilní, hydrofobní, těžké), směs látek (známých i neznámých), přírodní vzorky (většinou neznámé, směsné, s neznámými interakcemi – nejsložitější interpretace)

- Dle způsobu přípravy vzorku – definované koncentrace chemických látek, testované výluhy přírodní (extrakce organickými rozpouštědly, vodou, různě pH, teplota atd.), semipermeabilní membrány, přímé testy (Direct Tests, Solid Phase Tests, Whole Effluent)
- Dle stupně komplexnosti detekčního systému – od nejjednodušších k nejsložitějším: enzymy, biosondy, buněčné a tkáňové kultury in vitro, intaktní živý organismus, populace, mikro/mezo kosmos, terénní experimenty.
- Dle způsobu vyhodnocení – letální testy (mortalita, imobilizace), subletální efekty (chování organismů), hodnocení fyziologické aktivity (délka kořene, počet buněk v populaci atd.), reprodukční aktivita, malformace a teratogenita atd.
- Speciální testy pro hodnocení rizik v životním prostředí – v určitých případech se používají speciální biotesty pro stanovení např. těchto parametrů: trofie, mutagenita, genotoxicita na bakteriích, rostlinách, volně žijících zvířatech a rybách.
- Další biotesty – skupina ekotoxikologických biotestů pro hodnocení chemických látek i přírodních a odpadních vzorků (testy hodnocení biodegradability, biokoncentrace a biokululace.), (KOČÍ, 2002).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Charakteristika lokality skládky Štěpánovice

V rámci diplomové práce byla provedena analýza průsakových vod ze skládky Štěpánovice, která se nachází na území vesnice Štěpánovice, část okresního města Klatovy. Vesnice se nachází cca 3,5 km na sever od Klatov. Město Klatovy je západočeské okresní město ležící v Pošumaví, 42,5 km jižně od Plzně, počet obyvatel k 1. 1. 2014 bylo evidováno 22 344 (www.klatovy.cz), (www.czso.cz).

Skládka tuhého komunálního odpadu (dále jen TKO) Štěpánovice se nachází cca 1 km severně od obce Štěpánovice a 1 km jižně od obce Dehtín. Skládka je umístěna v severní části velkého údolí (viz Obrázek 6).



Obrázek 6: Mapa České republiky s vyznačením obce Štěpánovice (mapy.cz)

4.2 Přírodní podmínky

Zájmové území se nachází v klimatické oblasti mírně teplé MT 10, z geomorfologického hlediska se jedná o provincii Česká vysočina, podrobněji budou popsány v této kapitole (CULEK, 1995).

4.2.1 Biogeografické a geomorfologické členění

Celé území se nachází v oblasti středoevropských listnatých lesů, v systému Hercynském a regionu Plzeňském, který se nachází v centru západních Čech. Tabulka 3 znázorňuje geomorfologické členění zájmového území.

Tabulka 3: Geomorfologické členění (zdroj: CULEK 1995, upraveno autorkou)

Provincie	Česká vysočina
Podprovincie	Poberounská soustava
Oblast	Plzeňská pahorkatina
Celek	Švihovská vrchovina
Podcelek	Klatovská kotlina
Okrsek	Bolešinská kotlina

Poberounská soustava je geomorfologická soustava ve středních a západních Čechách. Tato oblast se člení na oblast Brdskou a Plzeňskou pahorkatinu. Brdská oblast se dále člení na oblast Džbán, Pražská plošina, Křivoklátská pahorkatina, Brdská vrchovina. Plzeňská oblast se skládá z pahorkatiny Rakovnické, Plaské a Švihovské.

Zájmové území se nachází v oblasti Plzeňské pahorkatiny. Tato geomorfologická část je pahorkatina v západních Čechách o rozloze cca 4612,31 km². Pahorkatina je tvořená zvrásněnými a slabě přeměněnými proterozoickými horninami s ostrůvky hlubinných vyvřelin, na nichž spočívají permokarbonské a neogenní horniny.

Švihovská vrchovina je celek v jižní a jihovýchodní části Plzeňské pahorkatiny. Toto území má rozlohu cca 1424 km², stř. výška 460,3 m a zaujímá velkou část okresu Plzeň-jih. Nachází se tu převážně různě odolné horniny spritového stupně barrandienského proterozoika s pozdně variskými sedimenty. Nejvyšším bodem je Koráb 773 m n. m. v Korábské vrchovině (DEMEK, 1987).

Klatovská kotlina je geomorfologickým útvarům ležícím na jihozápadě Švihovské vrchoviny, která jako celek spadá do povodí řeky Berounky. Tato kotlina je úzká tektonická sníženina o rozloze 157 km², s nadmořskou výškou 449,5 m n. m. Kotlina je tvořená pozdně varinskými granitoidy a moldanubickými rulami, šířící se v barrandienském směru v délce 32 km.

Bolešinská kotlina je okrsek v severovýchodní části Klatovské kotliny. Jedná se o tektonickou sníženinu barrandienského směru v povodí Drnovského a Točnického potoka. Kotlina je tvořena amfibolicko-biotitickým granodioritem a granitizovanými a perlovými rulami. Rozloha tohoto území je cca 80,40 km². Významnými body jsou Hora 484 m n. m, Klatovská hůrka 498 m n. m. Bolešinská kotlina se nenachází ve 4. vegetačním stupni, je nepatrně zalesněná. Vyskytují se zde především smrky a borovice (DEMEK, 1987).

4.2.2 Klimatické podmínky

Území Štěpánovice se dle Quitta nachází v mírně teplé oblasti MT 10 (viz Tabulka 4), která se vyznačuje dlouhým teplým a mírně suchým létem, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem a krátkou mírně teplou a velmi suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrná teplota v Klatovech je 7,6 °C (QUITT, 1971).

Tabulka 4: Charakteristika MT10 (zdroj: QUITT, 1971, upraveno autorkou)

Počet letních dní	40 - 50
Počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více	140 - 160
Počet mrazových dní	110 - 130
Počet ledových dní	30 - 40
Průměrná teplota v lednu	-2 až -3 °C
Průměrná teplota v červenci	17 - 18 °C
Průměrná teplota v dubnu	7 - 8 °C
Průměrná teplota v říjnu	7 - 8 °C
Průměrný roční potenciální výpar z povrchu půdy	652 mm
Průměrné roční srážky	746 mm
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	400 - 450 mm
Srážkový úhrn v zimním období	200 - 250 mm
Počet dní se sněhovou pokrývkou	50 - 60
Počet zatažených dní	120 - 150
Počet jasných dnů	40 - 50

4.2.3 Pedologické a geologické poměry

Největší zastoupení v tomto regionu mají půdy typické kambizemě, které převažují v celém plzeňském bioregionu kromě jeho severozápadní části. Na břidlicích a kyselém permakarbonu na severozápadě zcela dominují kyselé typické kambizemě, na permokarbonu dokonce kaolitické, z hlediska vegetace toxické. V jihovýchodní části jsou hojnější ostrovy primárních pseudoglejů. Západně až jižně od Plzně v centru pánve vystupují na větších plochách luvizemě až hnědozemě na spraších a těžších hlínách. Poměrně velké plochy zaujímají fluvizemě, hlavně podél řeky Úhlavy pak glejové země (VAVERKOVÁ, 2009).

4.2.4 Fytogeografické členění

Zájmové území se nachází ve fytogeografickém okrese Plzeňská pahorkatina, Svojská pahorkatina, Sedmihoří. Vegetační stupeň dle Skalického je suprakolinní (až submontánní). Potenciální vegetaci tvoří ve vyšších polohách acidofilní bučiny (*Luzulo-Fagetum*), na kyselých karbonských sedimentech nižších poloh jsou význačné acidofilní doubravy (*Genisto germanicae-Quercion*), výše i květnaté bučiny svazu *Fagion*.

Flora je pestrá, s řadou mezních prvků různého charakteru. Roste zde převaha středoevropských lesních druhů. Můžeme zde najít druhy jako jaterník trojlaločný (*Hepatica nobilis* Schreb.), lecha jarní (*Lathyrus vernus* L.), hvozdík křovištní (*Dianthus seguieri* L.), třtina pestrá (*Calamagrostis varia* L.), šalvěj luční (*Salvia pratensis* L.), (is.muni.cz).

4.2.5 Hydrologická a hydrogeologické poměry

Území skládky leží v povodí řeky Úhlavy a Točnického potoka. Z vodohospodářského hlediska je tato lokalita řazena do povodí řeky Úhlavy. Plocha povodí zaujímá cca 919,4 km², délka řeky Úhlavy činí 108,5 km. Jedná se o pravostranný přítok řeky Radbuzy v okresech Klatovy, Plzeň-jih a Plzeň-město v Plzeňském kraji. Řeka Úhlava pramení na Šumavě, teče k severozápadu a vytváří hluboké Úhlavské údolí. U Hamrů, kde se řeka stáčí k severu, vzdouvá vodní nádrž Nýrsko. Přes Švihovskou vrchovinu teče do Plzeňské kotliny. Protéká přes Klatovy, Nýrsko, Janovice nad Úhlavou, Plzeň, Přeštice a Štěnovice. Řeka Úhlava vtéká do řeky Radbuzy.

Přítokem řeky Úhlavy je Drnový potok a Točnický potok, který se nachází v blízkosti zájmového území. Plocha povodí Točnického potoka je 97,2 km².

Dle hydrogeologické rajonizace ČR náleží zájmové území do hydrogeologického rajonu č. 1310 – Kvartérní sedimenty Úhlavy mezi Nýrskem a Klatovy. Hydrogeologické rajony jsou vodním zákonem definovány jako území s obdobnými hydrogeologickými poměry, typem zvodnění, a oběhem podzemní vody. Plocha kvartéru činí 25,84 km². Jedná se o kvartérní a propojené kvartérní a neogenní sedimenty. Nachází se tu převážně šterkopísek (VAVERKOVÁ, 2009).

4.3 Charakteristika sklárky Štěpánovice

Analýza toxicity průsakových vod byla prováděna na skládce Štěpánovice. Základní informace o skládce (provozovatel sklárky, majitel, katastrální území, parcely, kód katastru a celková plocha) uvádí Tabulka 5.

Tabulka 5: Základní informace o skládce Štěpánovice (zdroj: KRÁL 2005, upraveno autorkou)

Název sklárky:	Skládka tuhých komunálních odpadů (TKO) Štěpánovice
Kategorie sklárky:	SOO3
Provozovatel sklárky:	Odpadové hospodářství Klatovy s.r.o., Sadová 362/IV., 339 01 Klatovy, IČ 263 78 108, DIČ CZ26378108, společnost je zapsána v OR vedeném u Krajského soudu v Plzni, oddíl C, vložka 16 486
Majitel:	Město Klatovy, Nám. Míru 62/I., 339 01 Klatovy, IČ 255661, DIČ CZ255661
Katastrální území:	Dehtín, Štěpánovice
Kód katastru:	Dehtín 340 400 111, Štěpánovice 340 400 111
Parcely:	651/4, 634/2, 634/1, 651/2,5,8, 1007/3, 732/4, 634/18, 118/2
Celková plocha:	8750 m ²

4.3.1 Vybavení sklárky

Skládka je tvořena zpevněnou komunikací, kde se při vstupu nachází brána. Komunikace se dělí na část živočišnou a část se silničními panely a kamenivem, které je potaženo lomovou prosívkou. V blízkosti vstupu se nachází vrátnice s provozní budovou, kde se odpady přijímají. Před přijetím prochází odpady kontrolou kvality a vážením. K tomuto účelu slouží silniční váha Schenck DFT – E2. Na skládce se také nachází trafostanice. K uskladnění průsakových vod se na skládce nachází jímka průsakových vod I. a II. etapy, jímka užitkové vody u vrátnice, jímka užitkové vody u provozní budovy. V areálu se dále nachází dva monitorovací vrty, které slouží k monitoringu podzemních vod. Pro sledování jakosti povrchových vod slouží bezejmenný potok – levostranný přítok Točnického potoka. Mezi další vybavení sklárky patří oklepový rošt, septik u vrátnice a provozní budovy, sklad na nářadí a kontejnery. Celý areál je oplocen (viz Obrázek 7), (KRÁL, 2005).



Obrázek 7: Pohled na skládku z horní části pozemku (zdroj: autorka)

4.3.2 Technologie ukládání odpadů

Při příjezdu na skládku dochází ke vstupní kontrole, ke které je využita provozní budova a silniční váha s vyhodnocovací jednotkou (viz Obrázek 8). Zde je odpad vážen, kontrolován a evidován příslušnou osobou (viz Obrázek 9). Odpady jsou rozhrnovány po pracovní ploše o tloušťce vrstvy 300 až 500 mm a jsou hutněny hutnicím mechanismem. Denní vrstva odpadu je na konci směny překryta krycím materiálem.

Na skládce TKO Štěpánovice se používají následující způsoby a postupy pro úpravu odpadu: D8 – Biologická úprava, D9 - Fyzikálně-chemická úprava, D13 – Úprava složení nebo smíšení odpadů a způsob D14 – Úprava jiných vlastností odpadů.

Při přejímce odpadů na skládku musí provozovatel kontrolovat dokumentaci, provádět vizuální kontrolu odpadu, musí zaznamenávat množství, vlastnosti a původ ukládaného odpadu, datum dodávky, totožnost původce či firmy, která provedla sběr odpadu. Provozovatel vydává písemné potvrzení o příjmu odpadu na skládku (VAVERKOVÁ, 2009).



Obrázek 8: Vstup do areálu skládky (Zdroj: autorka)



Obrázek 9: Manipulační prostor – provozní budova, vrátnice, váha

Odpady jsou ukládány na složišti tělesa skládky a jsou průběžně hutněny kompaktozem a zpracovány do skládkového tělesa. K technickému zabezpečení je použit interní odpad, který slouží jako překryv uloženého odpadu. Ukládání odpadu se provádí tak, aby byla zaručena stabilita hromad odpadu a nedocházelo k sesuvu či odnosu odpadů za větrného počasí. Skládka je chráněna proti pronikání vnějších povrchových vod do tělesa skládky vybudovanou zemní hrází, po jejíž koruně je vedena komunikace, která navazuje na příjezdovou komunikaci a zpevněnou plochu (viz Obrázek 10). Vnitřní strana hráže je utěsněna umělou vrstvou a vnější strana hráže je zabezpečena pomocí odvodňovacích příkopů, které slouží k zachycení povrchových vod.

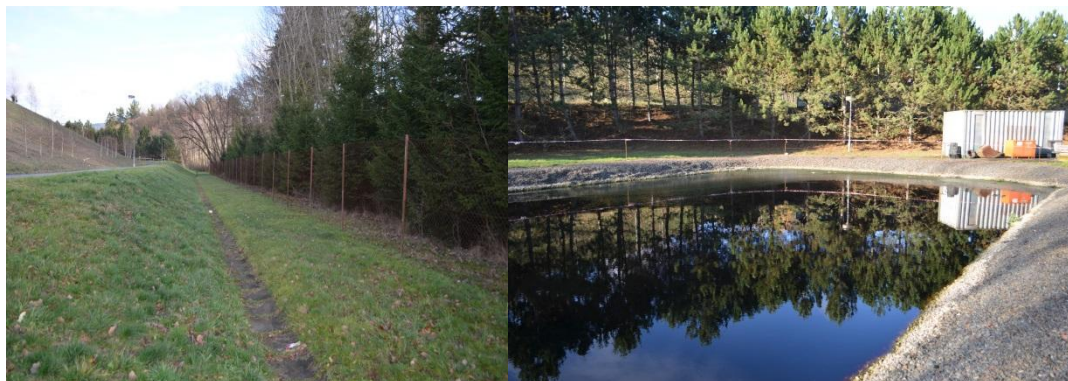


Obrázek 10: Jímací studna a komunikace okolo skládky (zdroj: autorka)

Drenážní systém odvodňuje část provozovanou (průsakové vody) a část neprovozovanou (neznečištěná srážková voda). Bylo použito těsnění kombinované, které se skládá z minerální vrstvy a vrstvy folie z vysokohustotního polyethylenu – High density polyethylen (dále jen HDPE), krycí ochranné vrstvy (geotextílie) a krycí

a drenážní vrstvy šterku. Voda je shromažďována v jímce průsakových vod a objemu 400 m³. Jímka je propojena potrubím HDPE DN 300 s čerpací jímkou (viz Obrázek 11). Celý areál byl zdokumentován pomocí fotoaparátu (viz Příloha 1).

Odplyňovací systém slouží k odběru plynu. Je tvořen svislými jímacími studnami a vodorovnými drény. Drenáž je provedena z trubek HDPE DN 100, které jsou zajištěny šterkem a jsou vzdálené asi 40 m (VAVERKOVÁ, 2015).



Obrázek 11: Odvodňovací příkop a jímka průsakových vod. (zdroj: autorka)

4.4 Test semichronické toxicity průsakových vod se semeny hořčice bílé (*Sinapis alba* L.)

Diplomová práce se zabývá analýzou toxicity průsakových vod ze skládky, která je prováděna pomocí testu semichronické toxicity se semeny hořčice bílé (*Sinapis alba* L.).

4.4.1 Účel a princip testu

Test byl proveden dle metody: Test semichronické toxicity se semeny hořčice *Sinapis alba*, Laboratoř ekotoxikologie a LCA, Ústav chemie ochrany prostředí, VŠCHT v Praze.

Test sloužil k ověření toxicity odpadních vod, které by mohly být dále využity jako závlaha zemědělských plodin. Znárodnuje vliv vody na klíčení semen a růst kořenů hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) v počátečních stádiích vývoje. Spočívá v kultivaci semen na podložkách nasycených roztoky zkoumané látky ve srovnání se semeny, které rostou na podložkách nasycených ředící vodou. V těchto testech hořčice představuje zástupce kulturních plodin a vyšších plodin obecně (KOČÍ, 2001).

4.4.2 Charakteristika organismu

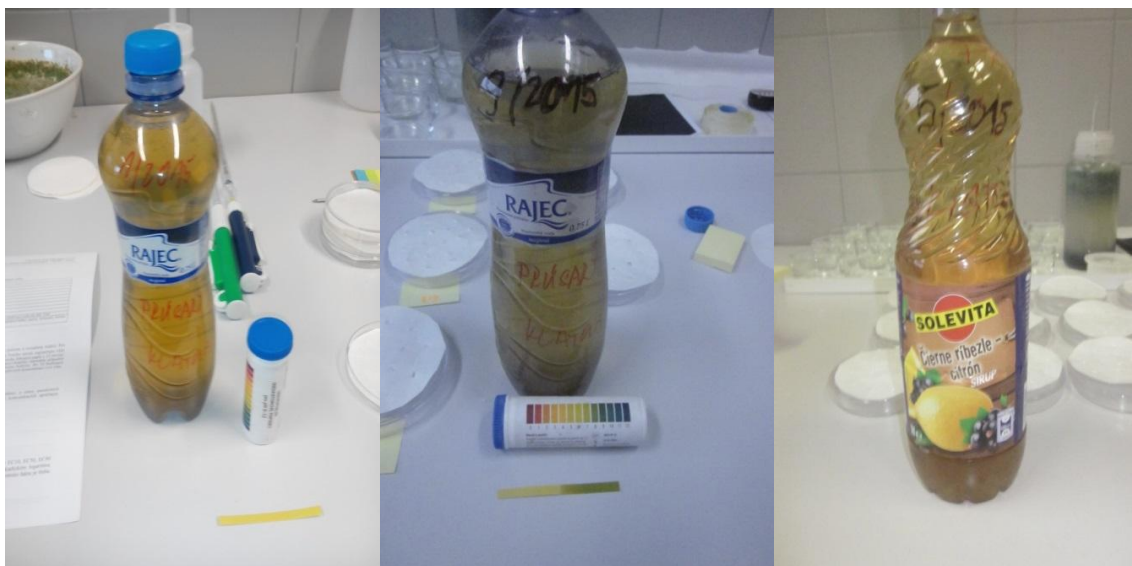
Hořčice bílá (*Sinapis alba* L.) pochází z planých druhů, které mají původ v severní Africe. Tato rostlina patří do čeledi brukvovité (*Brassicaceae*), řádu brukvotvaré (*Brassicales*), třídy vyšší dvouděložné (*Rosopsida*), oddělení krytosemné (*Magnoliophyta*), podříše cévnaté rostliny (*Tracheobionta*). Vyznačuje se vláknitým kořenem, ze kterého vyrůstá rozvětvená lodyha, při zemi namodralá a ochmýřená, vysoká až 1 metr. Listy vyrůstající z lodyhy jsou dvojího druhu. Ve spodní části stonku má rostlina listy dlouze řapíkaté se zubatými okraji, v horní části pak listy čárkovité a po okraji hladké. Jednotlivé květy jsou uspořádány do hroznovitých květenství a dělí se na kalich a korunu. Kalich je tvořen čtyřmi čárkovitými lístky, které vodorovně odstávají. Koruna sestává ze čtyř zlatožlutých plátků umístěných do kříže. Uvnitř květu nalezneme šest tyčinek, čtyři jsou delší a dvě kratší. Plodem je šešule se zakončením v podobě zobáku porostlá tuhými chloupky. Uvnitř je rozdělena žebrovanými chlopněmi na několik příhrádek se žlutými semeny.

Hořčice potřebuje dostatek vláhy. Má nízké nároky na půdu a klimatické podmínky, daří se jí více v chladnějších a vyšších výrobních oblastech. Klíčí při teplotě 1 až 2 °C.

Pícninářský význam je především zelené hnojení. Výnos zelené píce 15-20 t.ha⁻¹. Z celé rostliny se využívají hořčičná semínka. Jejich význam je všesměrný. Hořčičná semínka se používají na výrobu oleje či mýdla, využívají se potravinářství či v lékařství (web2mendelu.cz).

4.4.3 Vstupní materiál

Pro účel experimentu byly ze skládky Štěpánovice během roku odebrány vzorky průsakové vody. Průsakové vody byly odebrány v měsíci leden, květen a září roku 2015 (viz Obrázek 12). Dále bylo během experimentu potřeba semen hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) a laboratorních pomůcek.



Obrázek 12: Vstupní materiál – průsakové vody ze skládky z měsíce leden, květen, září

4.4.4 Podmínky testu

Testovacím organismem byla hořčice bílá (*Sinapis alba* L.), barva okrově žlutá a velikost semen je 1,0 až 2 mm. Mezi pomůcky, které byly použity, patřily Petriho misky, filtrační papír, odměrné baňky, pipety, sušárna, milimetrové měřítko, papír, tužka, kalkulačka na výpočty. Chemikálie, které byly použity, jsou výchozí roztok testované látky (dále VZ) a živný roztok (dále ZR). Tabulka 6 znázorňuje zásobní roztoky solí pro přípravu živného roztoku.

Tabulka 6: Zásobní roztoky solí pro testy na semenech hořčice bílé (zdroj: KOČÍ, 2001, upraveno autorkou)

Zásobní roztok	Chemikálie	Koncentrace v zásobním roztoku (g.l ⁻¹)
ZR1	CaCl ₂ .2H ₂ O	117,6
ZR2	MgSO ₄ .7H ₂ O	49,3
ZR3	NaHCO ₃	25,9
ZR4	KCl	2,3

Délka expozice byla 72 hodin. V Petriho misce bylo umístěno 15 semen a 5 ml testované koncentrace. Sledovaná odezva je elongace kořene bez přístupu světla (KOČÍ, 2001).

4.4.5 Zahájení testu a průběh testu

Zahájení testu spočívalo v přípravě koncentrační řady VZ se zadaným počtem a rozsahem ředění. Pro každé ředění a kontroly se použily dvě opakování. V následující

Tabulka 7 uvádí složení všech vzorků. Vzorek průsakové vody byl označen VZ a živný roztok ŽR.

Tabulka 7: Označení vzorků a jejich složení (zdroj: autorka)

Označení vzorku	Koncentrace ředění	Složení
A1	25%	1,25 ml VZ + 3,75 ml ŽR
A2 (1.opakování)	25%	1,25 ml VZ + 3,75 ml ŽR
A3 (2.opakování)	25%	1,25 ml VZ + 3,75 ml ŽR
B1	50%	2,25 ml VZ + 2,5 ml ŽR
B2 (1.opakování)	50%	2,25 ml VZ + 2,5 ml ŽR
B3 (2.opakování)	50%	2,25 ml VZ + 2,5 ml ŽR
C1	75%	3,75 ml VZ + 1,25 ml ŽR
C2 (1.opakování)	75%	3,75 ml VZ + 1,25 ml ŽR
C3 (2.opakování)	75%	3,75 ml VZ + 1,25 ml ŽR
D1	90%	4,5 ml VZ + 0,5 ml ŽR
D2 (1.opakování)	90%	4,5 ml VZ + 0,5 ml ŽR
D3 (2.opakování)	90%	4,5 ml VZ + 0,5 ml ŽR
ŽR	100% živný roztok	
VZ	100% vorek průsaku	

Do označených Petriho misek bylo nadávkováno vždy 5 ml testovaného roztoku. Potom do každé Petriho misky byl vložen filtrační papír s patnácti otvory a rovnoměrně bylo rozmístěno 15 semen. Velikost papíru byla zvolena tak, aby pokrývala celé dno misky. Pomocí pinzety byly odstraněny případné vzduchové bubliny. Vzorky byly vloženy do sušárny Ecocell, kde byla nastavená teplota 25 °C. Po 24, 48 a 72 hodinách byla změřena, s přesností na 1 mm, délka kořene každé rostliny u jednotlivých koncentrací (JADAMUSOVÁ, 2012).

Test byl proveden třikrát. První test 15. 6. 2015 – 18. 6. 2015, kdy byly testovány průsakové vody z ledna 2015. Druhý test 13. 10. 2015 – 15. 10. 2015, kdy byly testovány průsakové vody z května 2015. Třetí test 13. 10. 2015 – 15. 10. 2015, kdy byly testovány průsakové vody ze září 2015.

Test první – průsaky leden 2015

Založení testu probíhalo v laboratoři na Ústavu aplikované a krajinné ekologie Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Založení bylo prováděno 15. 6. 2015. Tabulka 8 uvádí časový harmonogram. První krokem při přípravě testu bylo změření pH daného vzorku. U vzorku průsaku z ledna 2015 bylo naměřeno pH 8 (viz Obrázek 13). Založení testu spočívalo v přípravě Petriho misek se vzorkem průsakové vody a zředovací vody. Rozsah ředění byl stanoven na 25 %, 50 %, 75 %

a 90 %. Pro každý vzorek a ředění byly připraveny dvě opakování. Po odměření 5 ml vzorku s roztokem byl vložen filtrační papír s patnácti otvory. Do každého otvoru bylo vloženo semeno hořčice bílé pomocí pinzety. Celkem bylo 14 Petriho misek, které byly označeny písmeny A pro koncentraci 25 %, B pro koncentraci 50 %, C pro koncentraci 75 %, D pro koncentraci 90 %, ŽR pro vzorek složený jen z živného roztoku, VZ vzorek složený jen z průsaku ze skládky. Po ukončení testu a popsání všech Petriho misek byly vzorky umístěny do sušárny.

Po 24 hodinách (16. 6. 2015) byly všechny vzorky ze sušárny vyndány. Na každé Petriho misce vyklíčilo několik semen, které byly spočítány a následně zapsány do tabulky. Všechny změny byly fotograficky zdokumentovány (viz Obrázek 14).

Po 48 hodinách (17. 6. 2015) byly všechny vzorky opět vyndány ze sušárny a byla provedena kontrola počtu vyklíčených semen, které byly zapsány do tabulky a fotograficky zdokumentovány.

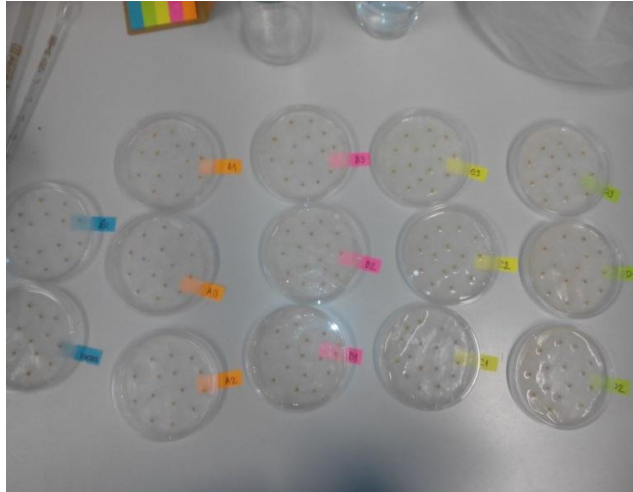
Po 78 hodinách (18. 8. 2015) byly vyndány všechny vzorky testu ze sušárny (viz Obrázek 15). Každá Petriho miska obsahovala vyklíčená či nevyklíčená semena. Do tabulky byl zaznamenán počet vyklíčených a nevyklíčených semen a velikost kořínku s přesností na 1 mm (viz Obrázek 16).

Tabulka 8: Časový harmonogram testu – průsaky leden 2015 (zdroj: autorka)

Datum testu	Činnost
15. 6. 2015	Založení testu
16. 6. 2015	Kontrola (24 hod)
17. 6. 2015	Kontrola (48 hod)
18. 6. 2015	Vyhodnocení (72 hod)



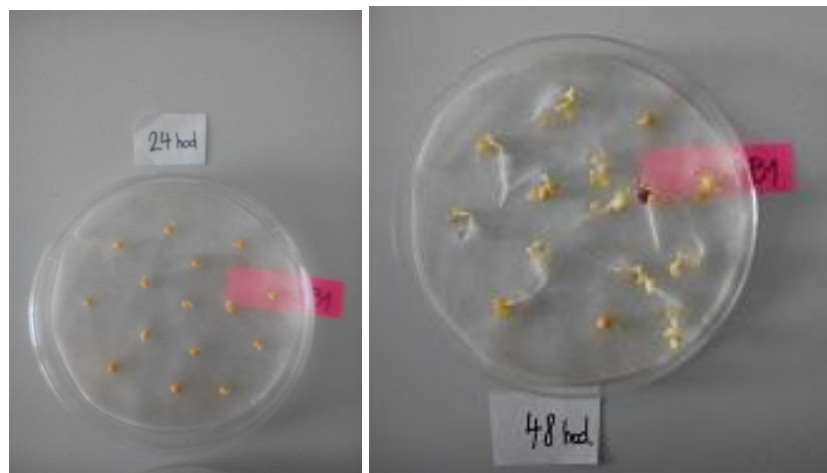
Obrázek 13: Změřené pH – průsak leden 2015 (zdroj: autorka)

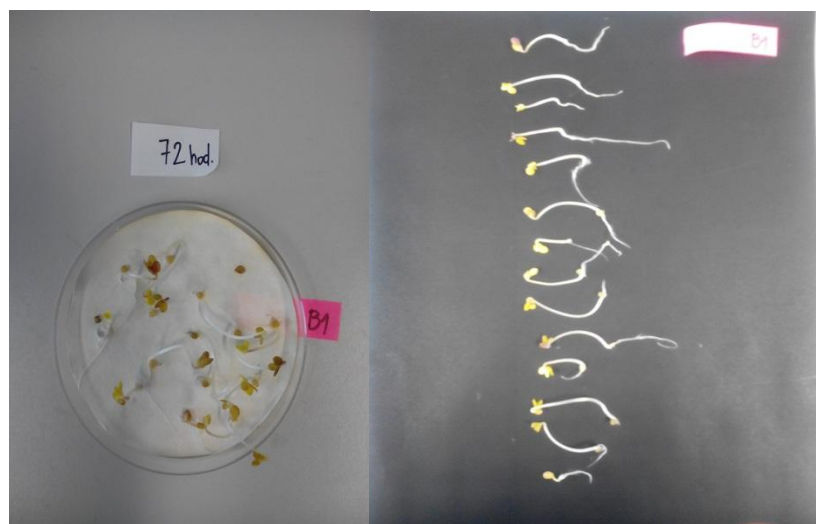


Obrázek 14: Připravené Petriho misky – průsaky leden 2015 (zdroj: autorka)



Obrázek 15: Vzorky v sušárně EcoCell (zdroj: autorka)





Obrázek 16: Vzorek B1 v průběhu test (zdroj: autorka)

Test druhý – průsaky květen 2015

Test hodnocení analýzy průsakových vod ze skládky Štěpánovice z období květen 2015 probíhal na stejném principu jako první test. Test byl založen 13. 10. 2015. Tabulka 9 uvádí časový harmonogram. Založení spočívalo v přípravě 14 Petriho misek s filtračním papírem a patnácti otvory na semena hořčice bílé. Koncentrace ředění byla použita stejná 25 %, 50 %, 75 %, 90 %. Připravené Petriho misky byly vloženy do sušárny. U vzorku průsakové vody z května 2015 bylo naměřeno pH 8 (viz Obrázek 17).

Po 24 hodinách (14. 10. 2015) byla provedena kontrola počtu vyklíčených a nevyklíčených semen, všechny Petriho misky byly vyfoceny a vloženy zpátky do sušárny.

Po 48 hodinách (15. 10. 2015) byly všechny Petriho misky zkontrolovány a byl opět spočítán počet vyklíčených semen hořčice bílé.

Po 72 hodinách (16. 10. 2015) bylo provedeno vyhodnocení všech vzorků. Každé vyklíčené semeno bylo položeno na černý podklad a byla spočítána velikost kořene s přesností na 1 mm.

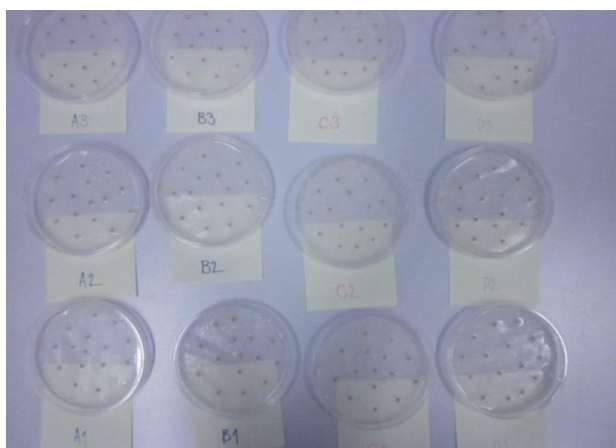
Tabulka 9: Časový harmonogram testu – průsaky květen 2015 (zdroj: autorka)

Datum testu	Činnost
13. 10. 2015	Založení testu
14. 10. 2015	Kontrola (24hod)
15. 10. 2015	Kontrola (48hod)
16. 10. 2015	Vyhodnocení (72hod)



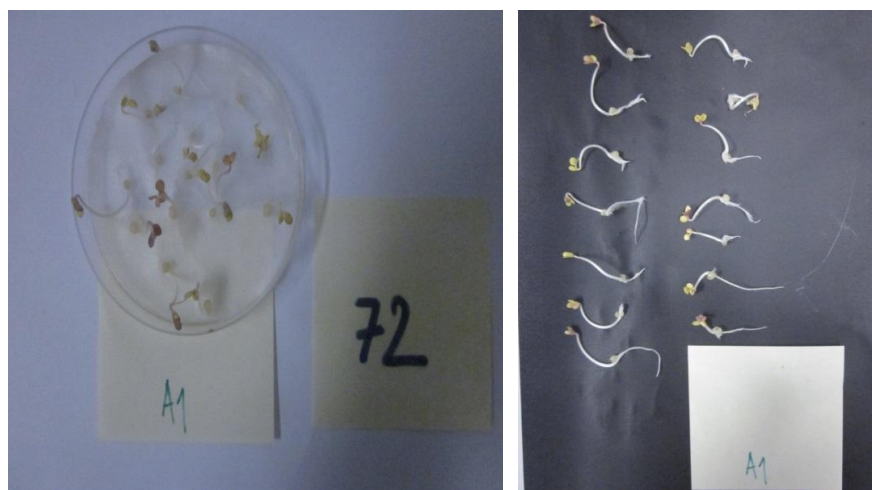
Obrázek 17: Změřené pH – průsaky květen (zdroj: autorka)

Celý průběh testu byl zdokumentován pomocí fotoaparátu (viz Obrázek 18, viz Obrázek 19).



Obrázek 18: Příprava vzorku – průsaky květen (zdroj: autorka)





Obrázek 19: Vzorek A1 průběhu testu (zdroj: autorka)

Test třetí – průsaky září 2015

Test třetí byl založen dne 13. 10. 2015. Tabulka 10 uvádí časový harmonogram. Byly hodnoceny průsakové vody z měsíce září 2015. Test byl proveden v laboratoři areálu Mendelovy univerzity jako předchozí dva testy. Založení testu spočívalo v přípravě 14 Petriho misek se vzorkem průsakové vody a živného roztoku, vložením filtračního papíru a 15 semen hořčice bílé. Všechny vzorky byly opět vloženy do sušárny na 72 hodin. U vzorku průsakové vody ze září 2015 bylo naměřeno pH 8 (viz Obrázek 20).

První hodnocení bylo prováděno po 24 hodinách (14. 10. 2015), druhé hodnocení bylo provedeno po 48 hodinách (15. 10. 2015). Při kontrole byl proveden součet vyklíčených a nevyklíčených semen a počet byl zapsán do tabulky.

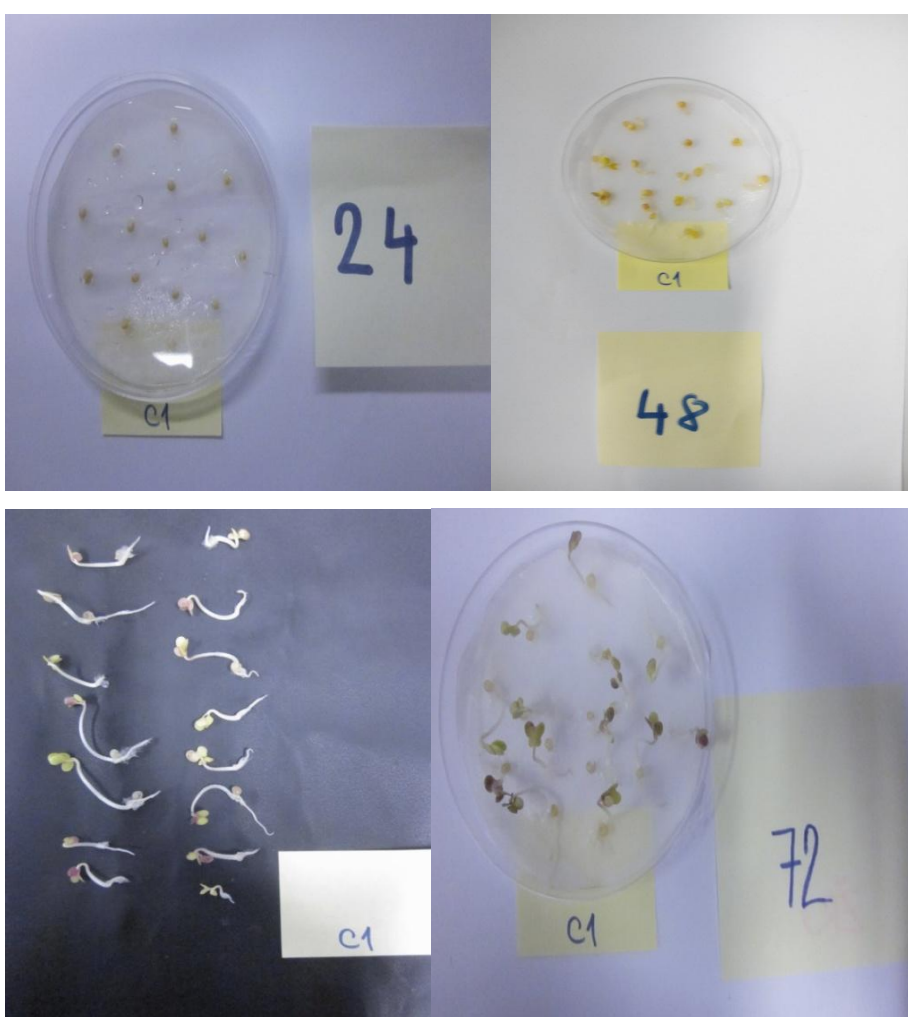
Po 72 hodinách (16. 10. 2015) bylo provedeno vyhodnocení všech vzorků. Vyklíčená semena byla vyndána na černý podklad pro lepší viditelnost a byla spočítána velikost kořene hořčice bílé s přesností na 1 mm (viz Obrázek 21). Další fotografie z výzkumu jsou uvedeny v Příloze č. 2.

Tabulka 10: Časový harmonogram testu – průsaky září 2015 (zdroj: autorka)

Datum testu	Činnost
13. 10. 2015	Založení testu
14. 10. 2015	Kontrola (24hod)
15. 10. 2015	Kontrola (48hod)
16. 10. 2015	Vyhodnocení (72hod)



Obrázek 20: Změřené pH vzorku průsaku září 2015(zdroj: autorka)



Obrázek 21: Vzorek C1 v průběhu testu (zdroj: autorka)

4.4.6 Ukončení testu

Po ukončení testu bylo spočítáno množství vyklíčených a nevyklíčených semen, které bylo zaznamenáno do tabulky. U vyklíčených semen byla změřena délka kořenů

s přesností na milimetr. Celý průběh testu a vyhodnocení bylo zaznamenáno pomocí fotoaparátu (viz Obrázek 22).



Obrázek 22: Měření délky kořenů testované rostliny po 72 hodinách (zdroj: autorka)

Výsledné délky byly zaznamenávány do laboratorního deníku. V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty, které byly naměřeny během testů v laboratoři – průsakové vody leden (viz Tabulka 11), průsakové vody květen (viz Tabulka 12), průsakové vody září (viz Tabulka 13).

Tabulka 11: Údaje z laboratorního deníku – test první – průsaky leden 2015(zdroj: autorka)

	po 24 hod.	po 48 hod	po 72 hod.															
	počet vyklíčených semen	počet vyklíčených semen	mm															
ŽR	14	15	11	9	46	13	16	6	26	55	17	15	27	14	1	2	0	
VZ	8	13	12	11	14	4	3	2	5	12	19	12	6	17	0	0	0	
A1	12	15	32	7	8	27	9	21	25	9	17	16	5	14	4	6	4	
A2	14	15	11	32	19	15	12	22	13	9	19	33	23	9	5	5	19	
A3	10	13	36	24	18	9	15	25	4	19	5	19	25	11	4	0	0	
B1	12	15	21	8	11	12	5	6	18	10	29	5	10	9	11	10	5	
B2	14	15	17	19	5	4	9	9	10	3	6	6	8	8	9	14	2	
B3	14	14	14	17	19	8	4	6	9	17	6	9	13	16	15	6	0	
C1	9	11	13	12	13	6	8	17	9	10	5	4	24	0	0	0	0	
C2	9	13	7	9	12	4	4	11	15	9	29	6	19	6	7	0	0	
C3	12	15	10	12	9	14	9	16	24	5	7	5	7	17	9	13	0	
D1	10	14	19	6	11	19	7	21	11	4	6	4	13	15	3	4	0	
D2	10	14	9	12	6	5	22	3	5	15	11	3	14	4	2	3	0	
D3	10	14	13	12	17	6	4	8	14	29	13	6	6	6	9	14	0	

Tabulka 12: Údaje z laboratorního deníku – test druhý – průsaky květen 2015(zdroj: autorka)

	po 24 hod.	po 48 hod	po 72 hod.															
	počet vyklíčených semen	počet vyklíčených semen	mm															
ŽR	14	14	46	11	40	13	34	9	5	19	41	12	18	8	9	2	0	
VZ	11	12	4	9	9	7	9	7	7	10	19	21	6	2	0	0	0	
A1	14	15	34	27	7	8	27	9	31	9	23	45	9	16	11	17	1	
A2	15	15	6	7	29	11	16	19	9	23	46	38	14	21	6	1	1	
A3	15	15	2	11	9	16	19	11	18	8	25	34	7	7	9	9	2	
B1	14	14	4	0	11	13	5	5	5	31	22	5	36	22	32	7	9	
B2	15	15	4	6	6	7	5	10	10	13	4	11	12	9	2	1	6	
B3	15	15	7	9	9	11	7	6	6	13	9	6	6	12	9	10	11	
C1	12	12	7	10	9	19	12	10	15	11	7	6	6	8	0	0	0	
C2	13	13	7	3	4	13	16	15	22	26	13	12	9	9	8	0	0	
C3	12	13	10	12	9	14	9	16	24	5	7	5	7	17	9	13	0	
D1	12	12	11	17	3	9	11	12	7	9	14	11	5	2	0	0	0	
D2	13	13	7	9	9	4	4	7	4	4	6	11	5	6	1	0	0	
D3	9	9	7	8	22	17	10	9	12	13	17	0	0	0	0	0	0	

Tabulka 13: Údaje z laboratorního deníku – test třetí – průsaky září 2015 (zdroj: autorka)

	po 24 hod.	po 48 hod	po 72 hod.															
	počet vyklíčených semen	počet vyklíčených semen	mm															
ŽR	15	15	14	5	17	21	13	31	39	44	10	25	56	31	36	24	40	
VZ	11	12	4	11	6	3	8	9	7	9	7	12	7	1	0	0	0	
A1	14	14	39	5	11	23	4	17	16	12	24	16	19	14	14	38	0	
A2	12	14	9	12	7	9	6	11	11	9	22	19	22	18	14	3	0	
A3	12	12	2	9	9	1	12	14	11	14	8	4	14	7	0	0	0	
B1	13	13	6	26	8	9	19	9	14	6	9	7	11	10	6	0	0	
B2	15	15	11	9	11	14	19	4	17	12	8	9	29	20	16	11	4	
B3	12	13	2	3	6	14	23	14	9	17	22	8	24	19	12	0	0	
C1	14	14	9	6	9	11	14	12	12	22	4	4	20	11	9	9	0	
C2	13	13	3	6	8	5	10	9	12	11	10	17	11	8	4	0	0	
C3	12	13	1	9	9	15	15	10	11	11	8	16	9	9	7	0	0	
D1	14	14	4	6	6	15	2	6	13	3	14	14	4	11	19	11	0	
D2	11	12	9	11	9	8	4	7	11	10	13	10	4	5	0	0	0	
D3	13	13	2	9	16	10	2	18	11	4	18	8	5	10	6	0	0	

4.4.7 Vyhodnocení testu

Hodnoty z testů byly zaznamenány do laboratorního deníku a následně použity pro výpočet inhibice růstu kořene. Obecně je inhibice označení procesu, který brzdí, omezuje, zadržuje, utlumuje nebo zpomaluje jiný subjekt či jev. Pro výpočet inhibice růstu kořene byla potřeba výpočtu průměrné délky kořene (1). Do laboratorního deníku byly zaznamenány i počty nevyklíčených semen, které se započítaly s nulovou délkou. Stejný případ tvořila semena, která sice vyklíčila, ale nevytvořil se kořínek. Hodnota nevyklíčených semen se poté započítala jako nulová do aritmetického průměru (JADAMUSOVÁ, 2012).

Výpočet průměrné délky kořene:

$$L = \frac{\sum Li}{n} \quad (1)$$

L je průměrná délka kořene ve zvolené koncentraci (mm),

Li je průměrná délka i -tého kořene ve zvolené koncentraci (mm),

n je počet semen ve zvolené koncentraci.

Ze získaných hodnot byla pro každou koncentraci a kontrolu (živný roztok) vypočítána inhibice či stimulace. Pokud byl výsledek inhibice ≤ 0 jednalo se o stimulaci. Tabulky, které byly použity při vyhodnocení, jsou uvedeny v Příloze č. 3 (KOČÍ, 2001).

Výpočet inhibice růstu kořene v testované koncentraci oproti kontrole (%):

$$I = \frac{L(c) - L(v)}{L(c)} \cdot 100 \quad (2)$$

I je inhibice růstu kořene

$L(c)$ je průměrná délka kořene v kontrole (mm)

$L(v)$ je průměrná délka kořene v testované koncentraci (mm)

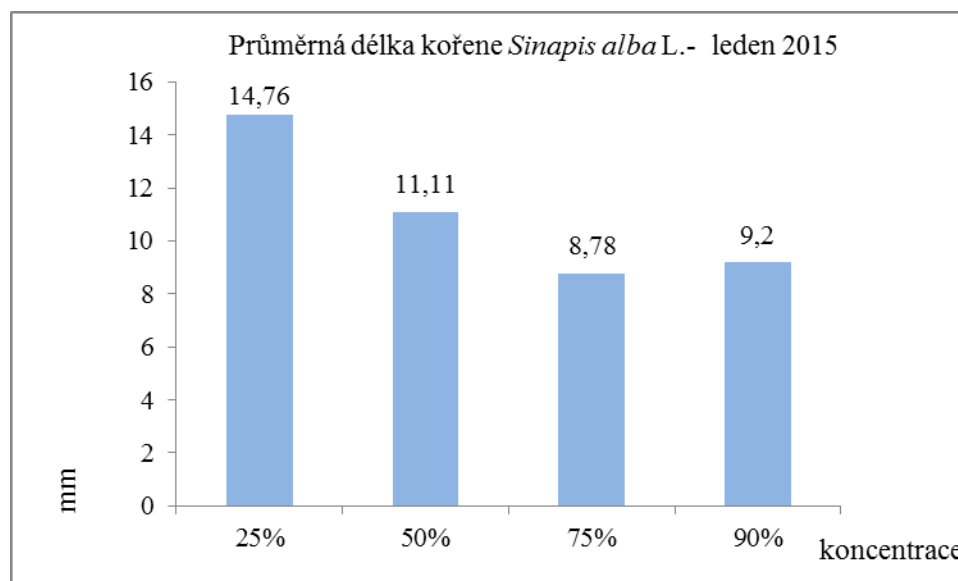
5 VÝSLEDKY

V této části jsou popsány výsledky testu semichronické toxicity průsakových vod.

5.1 Vyhodnocení výsledků a jejich interpretace

5.1.1 Test č. 1 – průsakové vody odebrané v lednu 2015

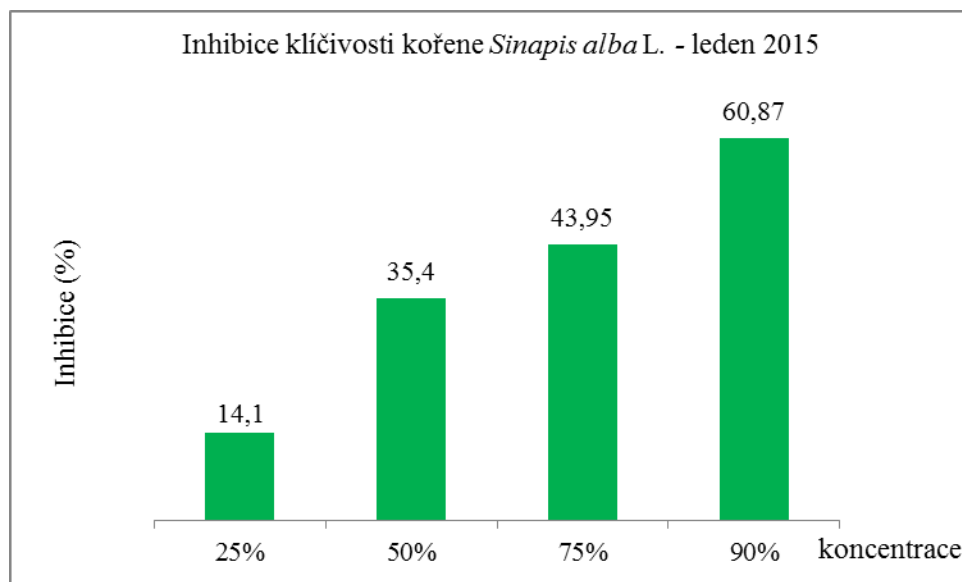
Při testu prvním byl použit jako kontrolní vzorek živný roztok. Průměrná délka kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) v živném roztoku byla 17,2 mm. Dále byla spočítána průměrná délka kořene ve všech koncentracích (25 %, 50 %, 75 %, 90 %). Nejdelší průměrnou délku kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) 14,76 mm, měly vzorky, které byly označeny v průběhu testu jako A, jedná se tedy o vzorky s koncentrací 25 %, viz Obrázek 23.



Obrázek 23: Průměrná délka kořene průsakových vod – leden 2015 (zdroj: autorka)

Dalším výpočtem ke stanovení fyto toxicity je inhibice růstu kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.). Inhibice je proces, kdy vazba určité látky způsobí snížení aktivity enzymu, čímž dochází k omezení správného průběhu enzymatické reakce (KOPECKÁ, 2016). Inhibice je spočítána z průměrné délky kořene ve všech koncentracích průsakových vod ve srovnání s průměrnou délkou kořene v živném roztoku. Čím je vyšší hodnota inhibice, tím je vyšší negativní reakce na růstu kořene v daném roztoku.

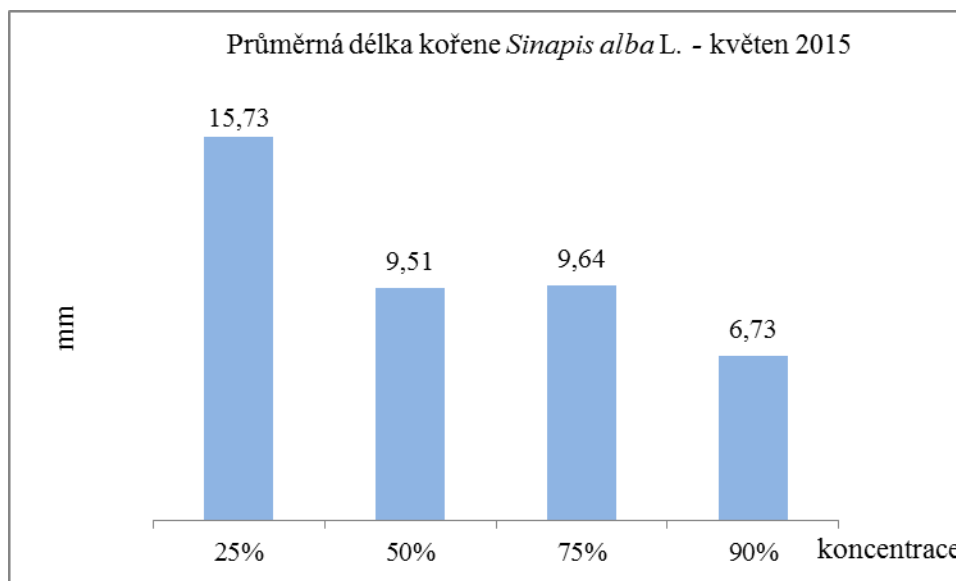
Při prvním testování byla největší inhibice spočítána u vzorku, který v průběhu testu byl označen jako D, jedná se tedy o koncentraci 90 %. Hodnota inhibice je 60,87. Naopak nejmenší hodnota inhibice 14,1 byla spočítána u vzorku A, tedy koncentrace 25 %, viz Obrázek 24.



Obrázek 24: Inhibice klíčivosti průsakových vod – test leden 2015 (zdroj: autorka)

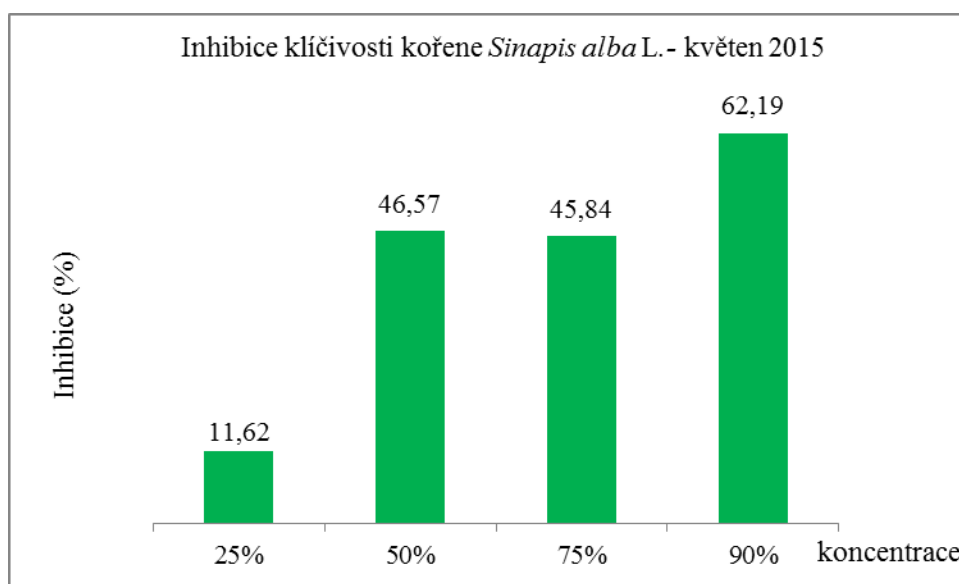
5.1.2 Test č. 2 – průsakové vody odebrané v květnu 2015

Při testu druhém byl použit jako kontrolní vzorek živný roztok. Průměrná délka kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) v živném roztoku byla 17,8 mm. Dále byla spočítána průměrná délka kořene ve všech koncentracích (25 %, 50 %, 75 %, 90 %). Nejdelší průměrnou délku kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) 15,73 mm měly vzorky, které byly označeny v průběhu testu jako A, jedná se tedy o vzorky s koncentrací 25 %. Nejmenší průměrná délka kořene byla naměřena u vzorku o koncentraci 90 %, jehož hodnota je 6,73 mm, viz Obrázek 25.



Obrázek 25: Průměrná délka kořene průsakový vod – květen 2015 (zdroj: autorka)

Inhibice růstu kořene u druhého testu byla spočítána stejným způsobem jako u prvního testu z ledna 2015. Největší hodnota inhibice 62,19 byla spočítána u vzorku D, jehož koncentrace byla 90 %, viz Obrázek 26.

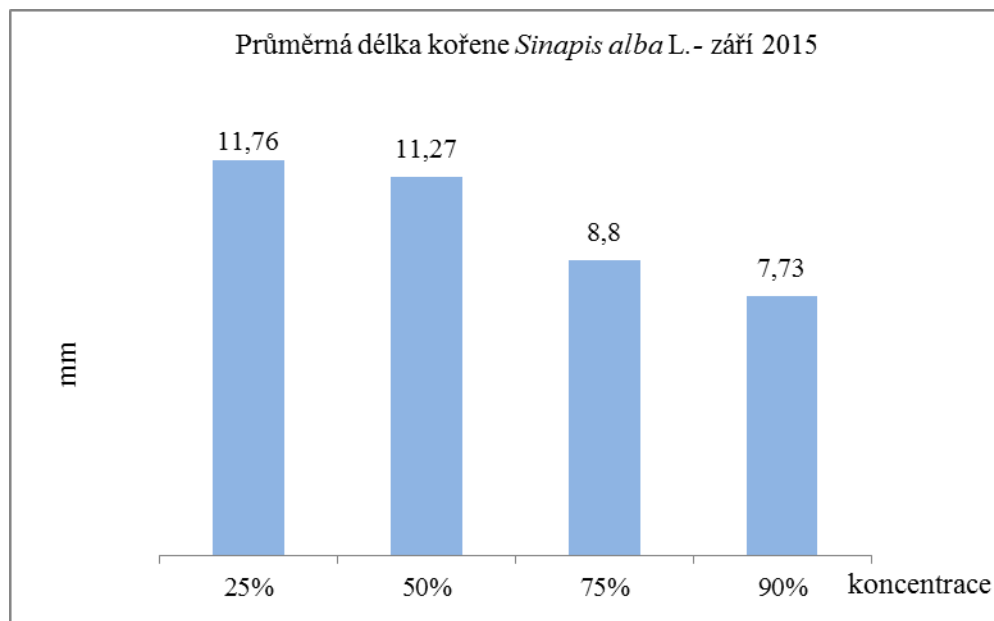


Obrázek 26: Inhibice klíčivosti průsakových vod – květen 2015 (zdroj: autorka)

5.1.3 Test č. 3 – průsakové vody odebrané v září 2015

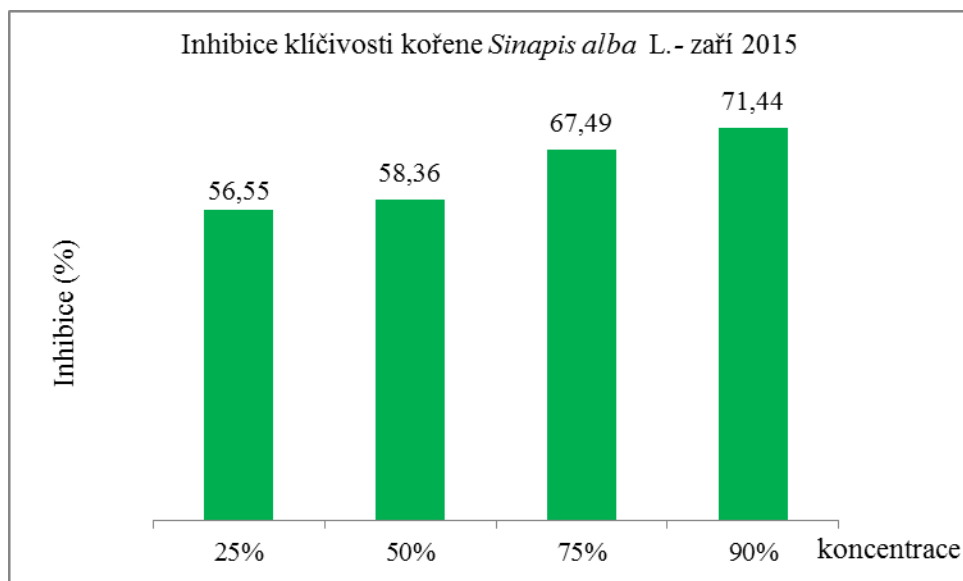
Při testu třetím byl použit jako kontrolní vzorek živný roztok, jako u předešlých testů. Průměrná délka kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) v živném roztoku byla 27,7 mm. Dále byla spočítána průměrná délka kořene ve všech koncentracích (25 %, 50 %, 75 %, 90 %). Nejdelší průměrnou délku kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.)

11,76 mm měly vzorky, které byly označeny v průběhu testu jako A, jedná se tedy o vzorky s koncentrací 25 %. Nejmenší průměrná délka kořene byla naměřena u vzorku o koncentraci 90 %, jehož hodnota je 7,73 mm, viz Obrázek 27.



Obrázek 27: Průměrná délka kořene prúsakový vod – září 2015 (zdroj: autorka)

Inhibice růstu kořene u třetího testu byla spočítána stejným způsobem jako u prvního a druhého testu z ledna a května 2015. Největší hodnota inhibice 71,44 byla spočítána u vzorku D, jehož koncentrace byla 90 % a nejmenší hodnota inhibice 56,55 byla spočítána u vzorku A, koncentrace 25 %, viz Obrázek 28.



Obrázek 28: *Inhibice klíčivosti průsakových vod – září 2015 (zdroj: autorka)*

6 DISKUZE

Při srovnání měsíců, kdy byla odebírána průsaková voda, můžeme vidět značné rozdíly v průměrné délce kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.). V měsíci leden 2015 byla naměřena tato průměrná délka kořene: 14,76 mm (při koncentraci 25 %), 11,11 mm (při koncentraci 50 %), 8,78 mm (při koncentraci 75 %), 9,2 mm (při koncentraci 90 %). V měsíci květen 2015 byla naměřena tato průměrná délka kořene: 15,73 mm (při koncentraci 25 %), 9,51 mm (při koncentraci 50 %), 9,64 mm (při koncentraci 75 %), 6,73 mm (při koncentraci 90 %). V měsíci září 2015 byla naměřena tato průměrná délka kořene: 11,76 mm (při koncentraci 25 %), 11,27 mm (při koncentraci 50 %), 8,8 mm (při koncentraci 75 %), 7,73 mm (při koncentraci 90 %).

Dále jsem v praktické části stanovovala inhibici klíčivosti semen hořčice bílé (*Sinapis alba* L.). Dle vzorce byla stanovena inhibice růstu, je-li výsledek inhibice menší než 0, jedná se o stimulaci. Všechny výsledky vykazovaly inhibici. V měsíci leden 2015 byla stanovena tato inhibice: 14,1 % (při koncentraci 25 %), 35,4 % (při koncentraci 50 %), 43,95 % (při koncentraci 75 %), 60,87 % (při koncentraci 90 %). V měsíci květen 2015 byla stanovena tato inhibice: 11,62 % (při koncentraci 25 %), 46,57 % (při koncentraci 50 %), 45,84 % (při koncentraci 75 %), 62,19 % (při koncentraci 90 %). V měsíci září 2015 byla stanovena tato inhibice: 56,55 % (při koncentraci 25 %), 58,36 % (při koncentraci 50 %), 67,49 % (při koncentraci 75 %), 71,44 % (při koncentraci 90 %). Největší rozdíly byly pozorovány v měsíci září, kdy mohlo dojít vlivem počasí k většímu naředění průsakových vod a tím došlo k vyšším výsledkům inhibice. Po potvrzení těchto výsledků je nutné dalších testů.

Dle vyhlášky 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č.383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, by neměla inhibice růstu kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) být větší než 30 % ve srovnání s kontrolními vzorky. Výsledky analýzy toxicity průsakových vod ze skládky TKO Štěpánovice vykazují téměř ve všech případech inhibici větší než 30 %.

Ve srovnání testu klíčivosti hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) s testem, který byl proveden studentkou Bc. Simonou Grocholovou, která v rámci své závěrečné práce „Hodnocení toxicity průsakových vod ze skládky Štěpánovice“, prováděla stejný test semichronické toxicity pomocí hořčice bílé (*Sinapis alba* L.), došlo k potvrzení hypotézy, že průsakové vody ze skládky TKO Štěpánovice vykazují fytotoxicitu.

Výsledky druhého testu inhibice růstu hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) jsou tyto: v měsíci květen 2015 byla stanovena inhibice: 43 % (při koncentraci 25 %), 93 % (při koncentraci 50 %), 99 % (při koncentraci 75 %), 99 % (při koncentraci 95 %). V měsíci červenec 2015 byla stanovena tato inhibice: 42 % (při koncentraci 25 %), 73 % (při koncentraci 50 %), 97 % (při koncentraci 75 %), 99 % (při koncentraci 95 %). V měsíci září 2015 byla stanovena tato inhibice: 44 % (při koncentraci 25 %), 81 % (při koncentraci 50 %), 98 % (při koncentraci 75 %), 98 % (při koncentraci 95 %). Všechny naměřené hodnoty vykazují inhibici větší než 30 %. Pro stanovení fytotoxicity průsakových vod ze skládky TKO Štěpánovice by bylo vhodné další dlouhodobé sledování průsakových vod, popřípadě provedení chemické analýzy.

7 ZÁVĚR

V diplomové práci byla provedena analýza toxicity průsakových vod ze skládky tuhého komunálního odpadu Štěpánovice. V teoretické části byl charakterizován komunální odpad, základní pojmy odpadového hospodářství, byly uvedeny statistické údaje odpadového hospodářství, způsoby nakládání s odpady a legislativa odpadového hospodářství. Stručně byl popsán proces skládkování se zaměřením na monitoring vod a základní metody vědního oboru ekotoxikologie.

Dále byla teoretická část věnována charakteristice zájmové oblasti skládky (lokalizaci, přírodní poměry, základní popis zařízení, aj.).

V praktické části byla provedena analýza toxicity průsakových vod ze skládky tuhého komunálního odpadu Štěpánovice.

Stanovení toxicity průsakových vod bylo provedeno pomocí testu semichronické toxicity průsakových vod se semeny hořčice bílé (*Sinapis alba* L.). V roce 2015 byly uskutečněny tři odběry průsakových vod ze skládky (leden, květen, září), za účelem lepšího meziročního srovnání.

Při srovnání klíčivosti hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) byly sledovány odlišnosti v měsíčním srovnání, nejmenší průměrnou délku kořene měly vzorky, které byly odebrány v měsíci září. Dále z výsledků vyplývá klesající průměrná délka kořene s rostoucí koncentrací průsakové vody. Vzorky průsakové vody s koncentrací 25 % vykazovaly největší klíčivost semen s nejdelší délkou kořene. Vzorky průsakové vody s koncentrací 90 % vykazovaly menší klíčivost a délka kořene byla nejmenší.

Ze získaných výsledků při stanovení inhibice růstu kořene v dané koncentraci, lze usoudit, že průsakové vody jsou fyto toxické. Pokud by byl výpočet inhibice růstu kořene menší než 0, jednalo by se o stimulaci. Všechny výsledky vykazovaly inhibici. U vzorků průsakové vody, které byly odebrány v lednu 2015 s koncentrací průsakové vody 25 %, byla stanovena inhibice 14,1 %, naopak vzorky s koncentrací průsakové vody 90 % vykazovaly 60,87 %. Vzorky průsakové vody, které byly odebrány v květnu 2015, vykazovaly podobné výsledky jako u prvního testu. U vzorku s nejmenší koncentrací průsakové vody byla stanovena inhibice 11,62 %, u vzorku s největší koncentrací průsakové vody byla naměřena inhibice 62,19 %. U třetího testu, který stanovoval průsakové vody, které byly odebrány v září 2015, došlo k menšímu nárůstu

hodnot inhibice. U vzorků s nejmenší koncentrací byla stanovena inhibice růstu kořene 56,55 %, u vzorku s největší koncentrací byla naměřena 71,44 %.

Průsakové vody z areálu skládky tuhého komunálního odpadu Štěpánovice vykazovaly fytotoxické účinky, proto je důležité vody bezpečně shromažďovat a odstraňovat. Skládka tuhého komunálního odpadu Štěpánovice není v současné době významnou zátěží pro životní prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literární zdroje:

ANDĚL, Petr. *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. 2011. Liberec: Evernia, 2011. ISBN 978-80-903787-9-7.

ALTMAN, Vlastimil. *Odpadové hospodářství*. Česká zemědělská univerzita v Praze. 1966. 90 s. ISBN 80-7078-372-9.

CULEK, Martin. *Biogeografické členění České republiky*. Praha. Enigma, 1995. 347 s. ISBN 80-85368-80-3.

ČSN 82 8036: *Skládkování odpadů – Těsnění skládek*. 2002. Český normalizační institut.

JAROMÍR, DEMEK a MAČKOVIN PETER. *Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny*. Academica, 1987. 584 s. ISBN 978-80-86064-99-9.

FILIP, Jiří, Jana KOTOVICOVÁ a František BOŽEK. *Komunální odpad a skládkování*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. ISBN 80-7157-712-X.

FILIP, Jiří. *Odpadové hospodářství*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. ISBN 80-7157-608-5.

GRODA, Bořivoj. *Technika zpracování odpadů II*. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1997. ISBN 80-7157-264-0.

HADAČ, E. *Ekologické katastrofy*. 1.vyd. Praha: Horizont, 1987. ISBN 40-017-87

JADAMUSOVÁ, Pavlína a Hana SEZIMOVÁ. *Stanovení účinku odpadních vod na klíčivost semen a růst v počátečních stádiích vývoje rostliny *Sinapis alba L.** 2012. Institut enviromentálních technologií: Ostravská univerzita v Ostravě. RČ CZ.1.05/2.1.00/03.0100.

KOČÍ, Vladimír, HALAOUSKOVÁ Olga, *Ekotoxikologické biotesty 1*, sborník pracovní konference, Junior centrum Seč 18. – 19. 9. 2002, 190 str., ISBN 80-238-9260-6

KRÁL, Vladimír. *Kompletní bilance skládky odpadů a optimalizace biologické rekultivace skládky Štěpánovice*. Brno, 2010. Disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Kotovicová Jana.

KOPECKÁ, Romana. *Dlouhodobý monitoring a stanovení toxicity vod a půd ze skládky tuhého komunálního odpadu Zdounky*. Brno, 2016. Středoškolská odborná činnost. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Odborný konzultant Doc. Mgr. Ing. Magdalena Daria Vaverková, Ph.D.

KVASNIČKOVÁ, Danuše, Vlasta MIKULOVÁ a Eva PLACHEJDOVÁ. *Životní prostředí*. 1.vyd. Havlíčkův Brod, 1998. ISBN 80-7200-286-4.

MAREČEK, Jan. *Legislativa odpadového hospodářství*. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-656-5.

QUITT, Evžen. *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia, 73 s. 1971.

VAVERKOVÁ, Magdalena Daria. *Hodnocení potencionálních vlivů skládky na životní prostředí*. Brno, 2015. Disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

VAVERKOVÁ, Magdalena Daria. *Možnosti využití bioindikátorů v okolí skládky ve Štěpánovicích*. Brno, 2009. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Kotovicová Jana.

SLIVKA, Vladimír, Vojtech DIRNER a Mečislav KURAŠ. *Odpadové hospodářství I: praktická příručka*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2006. ISBN 80-248-1245-2.

SLIVKA, Vladimír, Vojtech DIRNER a Mečislav KURAŠ. *Odpadové hospodářství II: (ukládání odpadů do podzemních prostor): praktická příručka*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU, 2007. ISBN 978-80-248-1645-6.

Internetové zdroje:

Fytogeografické členění [online]. [cit. 2016-20-02] Dostupné z:
https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_book_5-3.html

Grafy - produkce odpadu [online]. [cit. 2016-07-03] Dostupné z:
<http://www1.cenia.cz/www/odpady/isoh>.

Hořčice bílá [online]. [cit. 2016-26-01] Dostupné z:
http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=horcice.html

KOČÍ Vladimír, RAKOVICKÝ Tomáš, ŠVAGR Andrej 2001: Test semichronické toxicity se semeny *Sinapis alba* L. [online]. [cit. 2016-09-01] Dostupné z:
http://ekotoxikologie.sweb.cz/toxlab/vyuka/sinapis.htm#_Toc525630663

Legislativa odpadového hospodářství ČR [online]. [cit. 2015-08-11] Dostupné z:
http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_zakon-2001-185.html

Mapy [online]. [cit. 2016-16-03] Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?x=13.1397671&y=49.4912570&z=8&l=0&source=ward&id=11281&q=Štěpánov>

Město Klatovy [online]. [cit. 2016-17-04] Dostupné z: <http://www.klatovy.cz/klatovy/>

Plán odpadového hospodářství ČR [online]. [cit. 2016-03-02] Dostupné z:
http://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika

Statistické údaje o nakládání s odpady [online]. [cit. 2016-03-02] Dostupné z:
http://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika

Statistika obyvatel [online]. [cit. 2016-20-04] Dostupné z:
<https://www.czso.cz/csu/czso/databaze-demografickych-udaju-za-obce-cr>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Produkce komunálního odpadu v ČR a EU v roce 2013	16
Obrázek 2: Způsoby nakládání s odpady v roce 2012 (zdroj: cenia.cz).....	17
Obrázek 3: Celková produkce odpadů (Zdroj: cenia.cz, upraveno autorkou).....	17
Obrázek 4: Produkce komunálního odpadu na obyvatele (zdroj:cenia.cz, upraveno autorkou).....	18
Obrázek 5: Struktura celkové produkce vybraných skupin odpadů v posledním dostupném roce (Zdroj: cenia.cz, upraveno autorkou)	19
Obrázek 6: Mapa České republiky s vyznačením obce Štěpánovice (mapy.cz)	35
Obrázek 7: Pohled na skládku z horní části pozemku (zdroj: autorka)	40
Obrázek 8: Vstup do areálu skládky (Zdroj: autorka)	40
Obrázek 9: Manipulační prostor – provozní budova, vrátnice, váha.....	41
Obrázek 10: Jímací studna a komunikace okolo skládky (zdroj:autorka)	41
Obrázek 11: Odvodňovací příkop a jímka průsakových vod. (zdroj:autorka)	42
Obrázek 12: Vstupní materiál – průsakové vody ze skládky z měsíce leden, květen, září.....	44
Obrázek 13: Změřené pH – průsak leden 2015 (zdroj: autorka)	46
Obrázek 14: Připravené Petriho misky – průsaky leden 2015(zdroj: autorka).....	47
Obrázek 15:Vzorky v sušárně Ecocell (zdroj: autorka).....	47
Obrázek 16:Vzorek B1 v průběhu test (zdroj: autorka).....	48
Obrázek 17:Změřené pH – průsaky květen (zdroj: autorka)	49
Obrázek 18:Příprava vzorku – průsaky květen (zdroj: autorka).....	49
Obrázek 19:Vzorek A1 průběhu testu (zdroj: autorka)	50
Obrázek 20:Změřené pH vzorku průsaku září 2015(zdroj: autorka).....	51
Obrázek 21:Vzorek C1 v průběhu testu (zdroj: autorka).....	51
Obrázek 22:Měření délky kořenů testované rostliny po 72 hodinách (zdroj: autorka)	52
Obrázek 23:Průměrná délka kořene průsakový vod – leden 2015 (zdroj:autorka)	56
Obrázek 24:Inhibice klíčivosti průsakových vod – test leden 2015 (zdroj:autorka)	57
Obrázek 25:Průměrná délka kořene průsakový vod – květen 2015 (zdroj: autorka)	58
Obrázek 26:Inhibice klíčivosti průsakových vod – květen 2015 (zdroj: autorka).....	58
Obrázek 27:Průměrná délka kořene průsakový vod – září 2015 (zdroj: autorka).....	59
Obrázek 28:Inhibice klíčivosti průsakových vod – září 2015 (zdroj:autorka)	60
Obrázek 29: Vjezd do areálu skládky (foto: autorka).....	74

Obrázek 30: Manipulační prostor skládky (foto: autorka).....	74
Obrázek 31: Manipulační prostor skládky (foto: autorka).....	75
Obrázek 32: Pohled na skládku z cesty (foto: autorka)	75
Obrázek 33: Pohled na skládku z cesty (foto: autorka)	75
Obrázek 34: Zrekultivovaná část skládky (foto: autorka)	76
Obrázek 35: Založení 1. testu – pomůcky (vlevo), vzorky (vpravo), (foto: autorka).....	77
Obrázek 36: 1. test – vzorky po 24 hod. (vlevo), vzorky po 48 hod. (vpravo), (foto: autorka)	77
Obrázek 37: 1. test – vzorky po 72 hod. (vlevo), vyhodnocení (vpravo), (foto: autorka).....	78
Obrázek 38: Založení 2. testu – pomůcky (vlevo), vzorky (vpravo), (foto: autorka).....	78
Obrázek 39: 2. test – vzorky po 24 hod. (vlevo), vzorky po 48 hod. (vpravo), (foto: autorka)	78
Obrázek 40: 2. test – vzorky po 72 hod. (vlevo), vyhodnocení (vpravo), (foto: autorka).....	79
Obrázek 41: Založení 3. testu – pH (vlevo), vzorky (vpravo), (foto: autorka).....	79
Obrázek 42: 3. test – vzorky po 24 hod. (vlevo), vzorky po 48 hod. (vpravo), (foto: autorka)	79
Obrázek 43: 3. test – vzorky po 72 hod. (vlevo), vyhodnocení (vpravo), (foto: autorka).....	80

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Produkce odpadů v územním členění na kraje, 2009 – 2014 (zdroj: cenia.cz, upraveno autorkou)	19
Tabulka 2: Celková produkce komunálních odpadů, 2009 – 2014 (zdroj: cenia.cz, upraveno autorkou)	20
Tabulka 3: Geomorfologické členění (zdroj: CULEK 1995, upraveno autorkou)	36
Tabulka 4: Charakteristika MT10 (zdroj: QUITT, 1971, upraveno autorkou)	37
Tabulka 5: Základní informace o skládce Štěpánovice (zdroj: KRÁL 2005, upraveno autorkou)	39
Tabulka 6: Zásobní roztoky solí pro testy na semenech hořčice bílé (zdroj: KOČÍ, 2001, upraveno autorkou)	44
Tabulka 7: Označení vzorků a jejich složení (zdroj: autorka)	45
Tabulka 8: Časový harmonogram testu – průsaky leden 2015 (zdroj: autorka)	46
Tabulka 9: Časový harmonogram testu – průsaky květen 2015 (zdroj: autorka)	48
Tabulka 10: Časový harmonogram testu – průsaky září 2015 (zdroj: autorka)	50
Tabulka 11: Údaje z laboratorního deníku – test první – průsaky leden 2015 (zdroj: autorka)	53
Tabulka 12: Údaje z laboratorního deníku – test druhý – průsaky květen 2015 (zdroj: autorka)	53
Tabulka 13: Údaje z laboratorního deníku – test třetí – průsaky září 2015 (zdroj: autorka)	54
Tabulka 14: Vyhodnocení klíčivosti vzorek A, test první (zdroj: autorka)	80
Tabulka 15: Vyhodnocení klíčivosti vzorek B, test první (zdroj: autorka)	80
Tabulka 16: Vyhodnocení klíčivosti vzorek C, test první (zdroj: autorka)	81
Tabulka 17: Vyhodnocení klíčivosti vzorek D, test první (zdroj: autorka)	81
Tabulka 18: Vyhodnocení klíčivosti vzorek A, test druhý (zdroj: autorka)	82
Tabulka 19: Vyhodnocení klíčivosti vzorek B, test druhý (zdroj: autorka)	83
Tabulka 20: Vyhodnocení klíčivosti vzorek C, test druhý (zdroj: autorka)	83
Tabulka 21: Vyhodnocení klíčivosti vzorek D, test druhý (zdroj: autorka)	84
Tabulka 22: Vyhodnocení klíčivosti vzorek A, test třetí (zdroj: autorka)	84
Tabulka 23: Vyhodnocení klíčivosti vzorek B, test třetí (zdroj: autorka)	85
Tabulka 24: Vyhodnocení klíčivosti vzorek C, test třetí (zdroj: autorka)	85

Tabulka 25: Vyhodnocení klíčivosti vzorek D, test třetí (zdroj: autorka)	86
Tabulka 26: Vyhodnocení klíčivosti živného roztoku (zdroj: autorka)	87

SEZNAM ZKRATEK

NO	Nebezpečný odpad
KO	Komunální odpad
DO	Domovní odpad
OO	Ostatní odpad
OH	Odpadové hospodářství
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
ŽP	Životní prostředí
POH ČR	Plán odpadového hospodářství České republiky
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
TKO	Tuhý komunální odpad
TN OH	Technická norma odpadového hospodářství

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Fotografie ze skládky TKO Štěpánovice (5. 12. 2015).....	74
Příloha č.2: Fotografie ze založení a vyhodnocení výzkumu	77
Příloha č.3: Tabulky využívané při vyhodnocení testu fytotoxicity průsakových vod.....	80

Příloha č. 1: Fotografie ze skládky TKO Štěpánovice (5. 12. 2015)



Obrázek 29: Vjezd do areálu skládky (foto: autorka)



Obrázek 30: Manipulační prostor skládky (foto: autorka)



Obrázek 31: Manipulační prostor skládky (foto: autorka)



Obrázek 32: Pohled na skládku z cesty (foto: autorka)

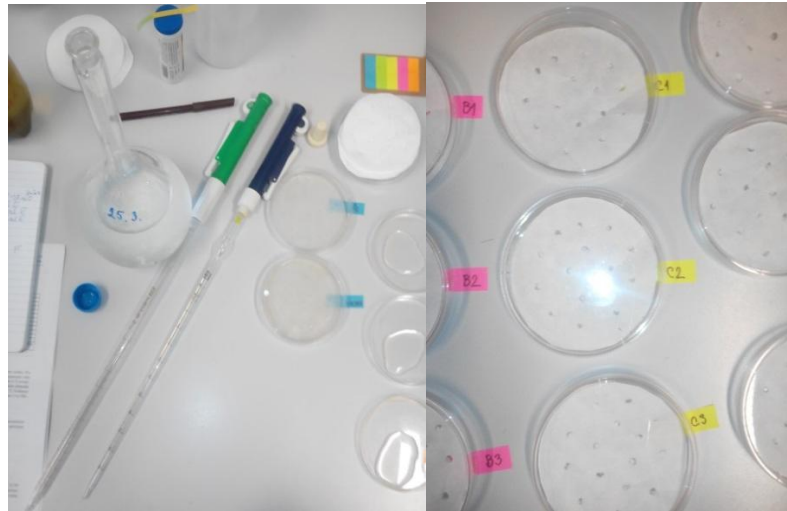


Obrázek 33: Pohled na skládku z cesty (foto: autorka)

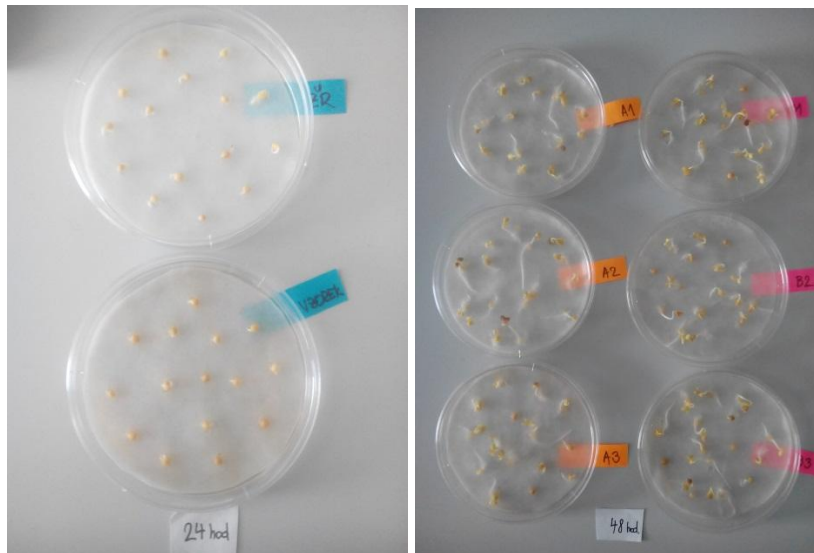


Obrázek 34: Zrekultivovaná část skládky (foto: autorka)

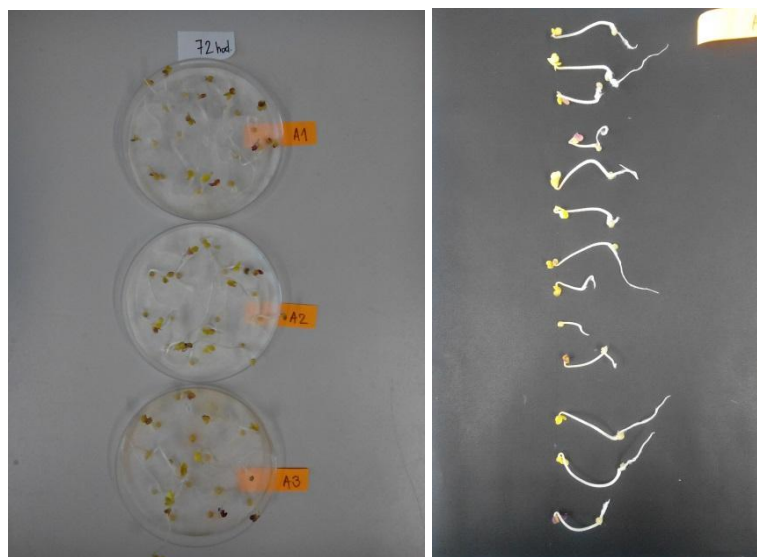
Příloha č. 2: Fotografie ze založení a vyhodnocení výzkumu



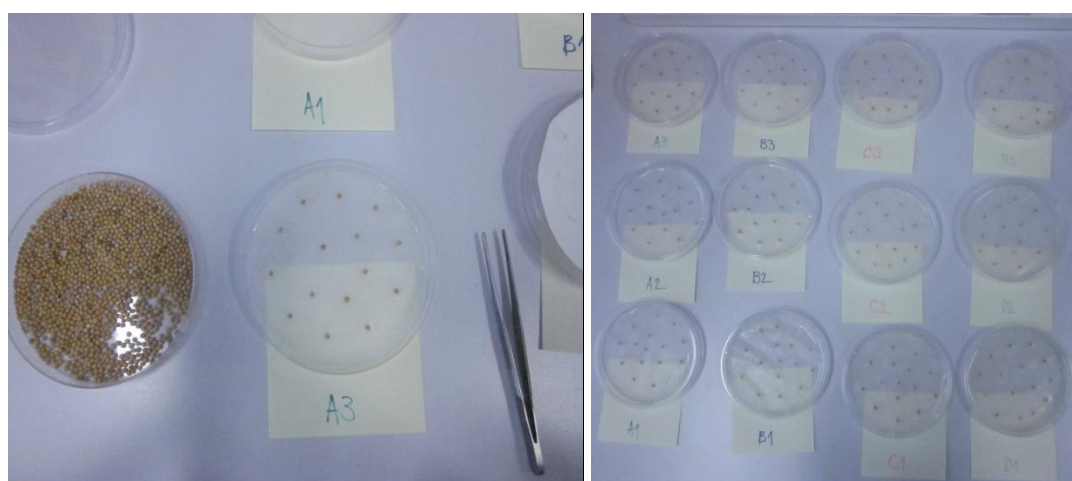
Obrázek 35: Založení 1. testu – pomůcky (vlevo), vzorky (vpravo), (foto: autorka)



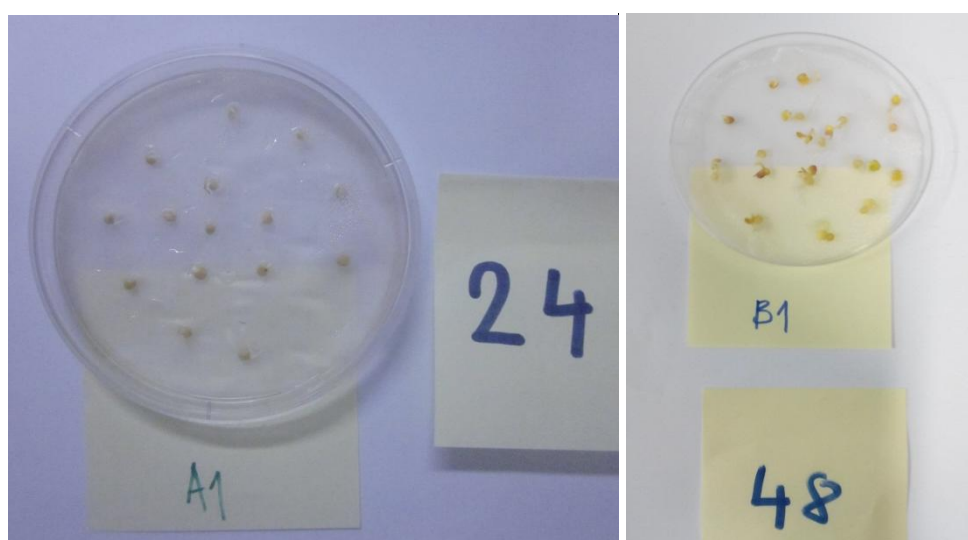
Obrázek 36: 1. test – vzorky po 24 hod. (vlevo), vzorky po 48 hod. (vpravo), (foto: autorka)



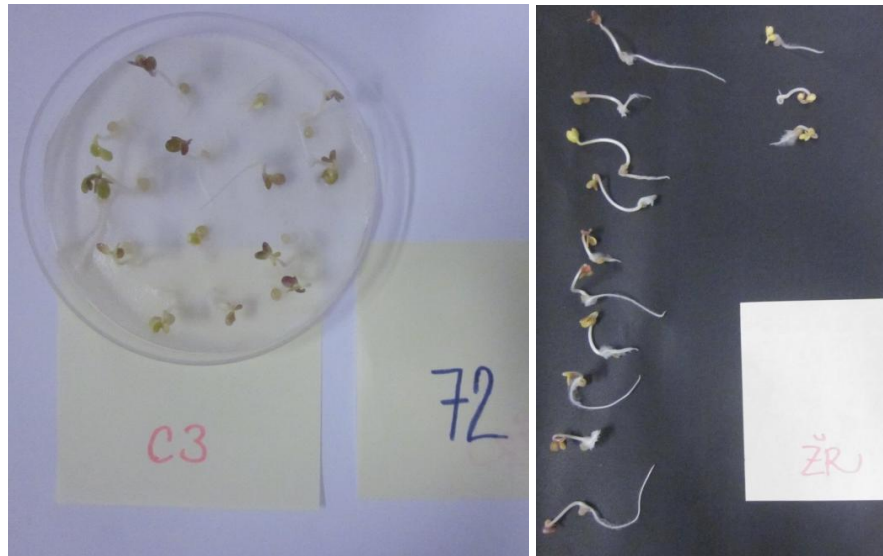
Obrázek 37: 1. test – vzorky po 72 hod. (vlevo), vyhodnocení (vpravo), (foto: autorka)



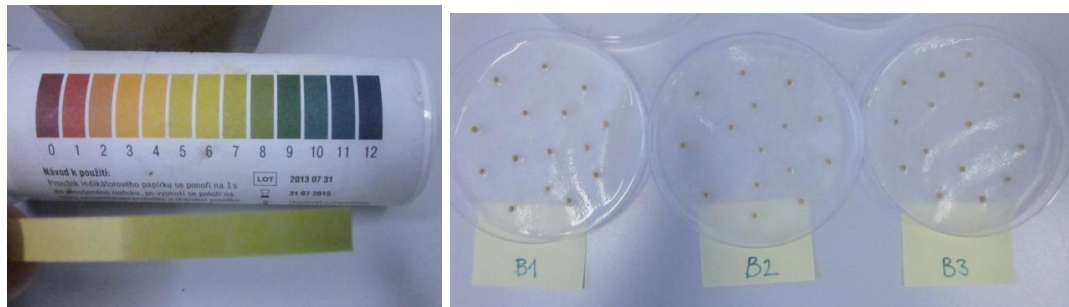
Obrázek 38: Založení 2. testu – pomůcky (vlevo), vzorky (vpravo), (foto: autorka)



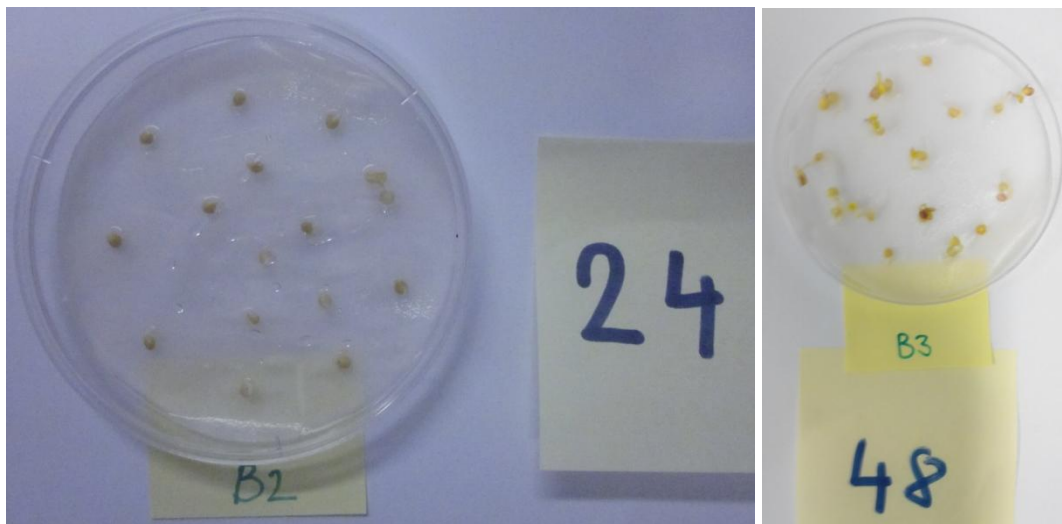
Obrázek 39: 2. test – vzorky po 24 hod. (vlevo), vzorky po 48 hod. (vpravo), (foto: autorka)



Obrázek 40: 2. test – vzorky po 72 hod. (vlevo), vyhodnocení (vpravo), (foto: autorka)



Obrázek 41: Založení 3. testu – pH (vlevo), vzorky (vpravo), (foto: autorka)



Obrázek 42: 3. test – vzorky po 24 hod. (vlevo), vzorky po 48 hod. (vpravo), (foto: autorka)



Obrázek 43: 3. test – vzorky po 72 hod. (vlevo), vyhodnocení (vpravo), (foto: autorka)

Příloha č. 3: Tabulky využívané při vyhodnocení testu fytotoxicity průsakových vod

Tabulka 14: Vyhodnocení klíčivosti vzorek A, test první (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek A - 1. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	4	11	36	
2	32	32	24	
3	7	19	18	
4	8	15	9	
5	27	12	15	
6	9	22	25	
7	21	13	4	
8	25	9	19	
9	9	19	5	
10	17	33	19	
11	16	23	25	
12	5	9	11	
13	14	5	4	
14	4	5	0	
15	6	19	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	13,60	16,40	14,27	14,76
Std. Dev.	9,08	8,64	10,69	
VC%	66,75	52,70	74,91	14,1
longest root	32,00	33,00	36,00	33,67

Tabulka 15: Vyhodnocení klíčivosti vzorek B, test první (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek B - 1. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	

	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	4	4	2	
2	0	6	11	
3	11	6	9	
4	13	7	16	
5	5	5	19	
6	5	10	11	
7	5	10	18	
8	31	13	8	
9	22	4	25	
10	5	11	34	
11	36	12	7	
12	22	9	7	
13	32	2	9	
14	7	1	9	
15	9	6	2	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	13,80	7,07	12,47	11,11
Std. Dev.	11,74	3,63	8,64	
VC%	85,05	51,43	69,33	35,4
longest root	36,00	13,00	34,00	27,67

Tabulka 16: Vyhodnocení klíčivosti vzorek C, test první (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek C - 1. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	13	7	9	
2	12	9	12	
3	13	12	4	
4	6	4	14	
5	8	4	9	
6	17	11	7	
7	9	15	21	
8	10	9	5	
9	5	29	7	
10	4	6	5	
11	24	19	7	
12	0	6	15	
13	0	7	9	
14	0	0	12	
15	0	0	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	8,07	9,20	9,07	8,78
Std. Dev.	7,04	7,49	5,16	
VC%	87,21	81,46	56,93	43,95
longest root	24,00	29,00	21,00	24,67

Tabulka 17: Vyhodnocení klíčivosti vzorek D, test první (zdroj: autorka)

SIA -Vzorek D - 1.test				
-------------------------------	--	--	--	--

	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	19	9	13	
2	6	12	12	
3	11	6	17	
4	19	5	6	
5	7	22	4	
6	21	3	8	
7	11	5	14	
8	4	15	29	
9	6	11	13	
10	4	3	6	
11	13	14	6	
12	15	4	6	
13	3	2	9	
14	4	3	14	
15	0	0	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	9,53	7,60	10,47	9,20
Std. Dev.	6,62	6,08	6,90	
VC%	69,45	80,01	65,88	60,87
longest root	21,00	22,00	29,00	24,00

Tabulka 18: Vyhodnocení klíčivosti vzorek A, test druhý (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek A - 2. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	34	6	2	
2	27	7	11	
3	7	29	9	
4	8	11	16	
5	27	16	19	
6	9	19	11	
7	31	9	18	
8	9	23	8	
9	23	46	25	
10	45	38	34	
11	9	14	7	
12	16	21	7	
13	11	6	9	
14	17	1	9	
15	1	1	2	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	18,27	16,47	12,47	15,73
Std. Dev.	12,38	13,21	8,64	
VC%	67,79	80,20	69,33	11,62

longest root	45,00	46,00	34,00	41,67
--------------	-------	-------	-------	-------

Tabulka 19: Vyhodnocení klíčivosti vzorek B, test druhý (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek B – 2. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	4	4	7	
2	0	6	9	
3	11	6	9	
4	13	7	11	
5	5	5	7	
6	5	10	6	
7	5	10	13	
8	21	13	9	
9	22	4	6	
10	5	11	6	
11	36	12	12	
12	22	9	9	
13	32	2	10	
14	7	1	11	
15	9	6	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	13,13	7,07	8,33	9,51
Std. Dev.	10,95	3,63	3,20	
VC%	83,35	51,43	38,40	46,57
longest root	36,00	13,00	13,00	20,67

Tabulka 20: Vyhodnocení klíčivosti vzorek C, test druhý (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek C – 2. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	7	7	10	
2	10	3	12	
3	9	4	9	
4	19	13	14	
5	12	16	9	
6	10	15	16	
7	15	22	24	
8	11	26	5	
9	7	13	7	
10	6	12	5	
11	6	9	7	
12	8	9	17	

13	0	8	9	
14	0	0	13	
15	0	0	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	8,00	10,47	10,47	9,64
Std. Dev.	5,39	7,46	5,84	
VC%	67,31	71,30	55,81	45,84
longest root	19,00	26,00	24,00	23,00

Tabulka 21: Vyhodnocení klíčivosti vzorek D, test druhý (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek D - 2. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	11	7	7	
2	17	9	8	
3	3	9	22	
4	9	4	17	
5	11	4	10	
6	12	7	9	
7	7	4	12	
8	9	4	13	
9	14	6	17	
10	11	11	0	
11	5	5	0	
12	2	6	0	
13	0	1	0	
14	0	0	0	
15	0	0	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	7,40	5,13	7,67	6,73
Std. Dev.	5,47	3,25	7,50	
VC%	73,98	63,28	97,82	62,19
longest root	17,00	11,00	22,00	16,67

Tabulka 22: Vyhodnocení klíčivosti vzorek A, test třetí (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek A - 3. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	39	9	2	
2	5	12	9	
3	11	7	9	
4	23	9	1	
5	4	6	12	

6	17	11	14	
7	16	11	11	
8	12	9	14	
9	24	22	8	
10	16	19	4	
11	19	22	14	
12	14	18	7	
13	14	14	0	
14	38	3	0	
15	0	0	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	16,80	11,47	7,00	11,76
Std. Dev.	11,01	6,55	5,44	
VC%	65,52	57,08	77,69	56,55
longest root	39,00	22,00	14,00	25,00

Tabulka 23: Vyhodnocení klíčivosti vzorek B, test třetí (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek B – 3. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	6	11	2	
2	26	9	3	
3	8	11	6	
4	9	14	14	
5	19	19	23	
6	9	4	14	
7	14	17	9	
8	6	12	17	
9	9	8	22	
10	7	9	8	
11	11	29	24	
12	10	20	19	
13	6	16	12	
14	0	11	0	
15	0	4	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	9,33	12,93	11,53	11,27
Std. Dev.	6,61	6,54	8,34	
VC%	70,80	50,57	72,31	58,36
longest root	26,00	29,00	24,00	26,33

Tabulka 24: Vyhodnocení klíčivosti vzorek C, test třetí (zdroj: autorka)

SIA - Vzorek C - 3. test				
--------------------------	--	--	--	--

	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	9	3	1	
2	6	6	9	
3	9	8	9	
4	11	5	15	
5	14	10	15	
6	12	9	10	
7	12	12	11	
8	22	11	11	
9	4	10	8	
10	4	17	16	
11	20	11	9	
12	11	8	9	
13	9	4	7	
14	9	0	0	
15	0	0	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	10,13	7,60	8,67	8,80
Std. Dev.	5,74	4,66	5,07	
VC%	56,67	61,27	58,46	67,49
longest root	22,00	17,00	16,00	18,33

Tabulka 25: Vyhodnocení klíčivosti vzorek D, test třetí (zdroj: autorka)

SIA -Vzorek D - 3. test				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	4	9	2	
2	6	11	9	
3	6	9	16	
4	15	8	10	
5	2	4	2	
6	6	7	18	
7	13	11	11	
8	3	10	4	
9	14	13	18	
10	14	10	8	
11	4	4	5	
12	11	5	10	
13	19	0	6	
14	11	0	0	
15	0	0	0	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	8,53	6,73	7,93	7,73

Std. Dev.	5,67	4,33	6,04	
VC%	66,42	64,36	76,15	71,44
longest root	19,00	13,00	18,00	16,67

Tabulka 26: Vyhodnocení klíčivosti živného roztoku (zdroj: autorka)

SIA - živný roztok				
	SIA control 1	SIA control 2	SIA control 3	
	Length (mm)	Length (mm)	Length (mm)	
1	11	46	14	
2	9	11	5	
3	46	40	17	
4	13	13	21	
5	16	34	13	
6	6	9	31	
7	26	5	39	
8	55	19	44	
9	17	41	10	
10	15	12	25	
11	27	18	56	
12	14	8	31	
13	1	9	36	
14	2	2	24	
15	0	0	40	MEAN
# germinated	15	15	15	15
Mean	17,20	17,80	27,07	20,69
Std. Dev.	15,78	15,06	14,25	
VC%	91,75	84,60	52,65	
longest root	55,00	46,00	56,00	52,33