

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra biotechnických úprav krajiny**



**Úloha a funkce drenáže při ochraně vodního režimu a půdy -  
skládka TKO Nasavrky (Pardubický kraj)**

**The role and function of drainage for protection of water regime  
and soil environment – sanitary landfill of solid domestic  
waste community of Nasavrky (district Pardubice)**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí diplomové práce:** doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc

**Diplomantka:** Bc. Nelly Prášková

2013

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prášková Nelly

Regionální environmentální správa

Název práce

**Úloha a funkce drenáže při ochraně vodního režimu a půdy – skládka TKO Nasavrky (Pardubický kraj)**

Anglický název

**The role and function of drainage for protection of water regime and soil environment – sanitary landfill of solid domestic waste community of Nasavrky (district Pardubice)**

### Cíle práce

Cílem diplomové práce je obecný popis prvků drenážního a těsnicího systému a na základě studia dostupných materiálů zjištění úlohy drenážního systému na skládce TKO Nasavrky a ověřit, zda-li je dostatečně šetrný k vodnímu režimu a půdě.

### Metodika

1. Přírodní poměry na zájmovém území skládky TKO Nasavrky (geologie lokality, geomorfologie lokality, hydrogeologie lokality, hydrologie lokality, klima lokality).
2. Technické zabezpečení skládky a proces skládkování, který na skládce probíhá s ohledem na vnitřní drenážní systém.
3. Popsat a analyzovat proces vnitřního drenážního systému skládky - skládkování - hydrologické srážkové poměry.
4. Závěr, shrnutí, diskuse a doporučení.

### Harmonogram zpracování

1. Zpracování literární rešerše (říjen 2012)
2. Provedení šetření (listopad 2012 - leden 2013)
3. Zpracování výsledků (únor - březen 2013)
4. Zpracování konečné verze diplomové práce (duben 2013)
5. Odevzdání diplomové práce do 22.4.2013

**Rozsah textové části**

cca 40 str.

**Klíčová slova**

Drenážní systém, nakládání s průsakovými vodami, ukládání odpadu

**Doporučené zdroje informací**

Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

ČSN 838030 Skládkování odpadů - Základní podmínky pro navrhování a výstavbu


ČSN 838033 Nakládání s průsakovými vodami ze skládek

ČSN 838032 Skládkování odpadů (Těsnění skládek)

Vyhláška č. 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

Internetové str.: [www.mzp.cz](http://www.mzp.cz), [www.cenia.cz](http://www.cenia.cz)

**Vedoucí práce**

  
Štibinger Jakub, doc. Ing., CSc.

  
prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.  
Vedoucí katedry



V Praze dne 5.3.2013

  
prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.  
Děkan fakulty

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma: „Úloha a funkce drenáže při ochraně vodního režimu a půdy skládka TKO Nasavrky“ vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce.

V Praze dne 17. 4. 2013

.....

Podpis diplomantky

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jakubu Štibingerovi, CSc za odborné vedení a cenné rady a panu Kouckému za poskytnutí podkladů k vypracování této diplomové práce.

## **Abstrakt**

Tato práce s problematikou: „Úloha a funkce drenáží při ochraně vodního režimu a půdy – skládka TKO Nasavrky“ informuje o chodu vnitřního drenážního systému, umístění skládky a přírodních poměrech. Součástí diplomové práce je lokalizace skládky TKO Nasavrky. Další záměr práce je získat informace z odborné literatury, která je zaměřena především na zákonné podmínky na skládkování, těsnění skládek, na systém nakládání s průsakovými vodami, jímku průsakových vod a na zařízení pro zneškodňování průsakových vod. Cílem diplomové práce je zhodnotit nakládání s průsakovými vodami ze skládky, které pomocí sběrného a svodného drénu odtéká do nepropustné jímky. Pro hodnocení drenážního systému skládky TKO Nasavrky je vybrána hydrologická bilanční rovnice a Hooghoudtova rovnice.

## **Klíčová slova**

Drenážní systém, nakládání s průsakovými vodami, ukládání odpadu

## **Summary**

This work with the issue: "The role and function of drainage to protect water regime and soil - TKO landfill Nasavrky" informs about the location of the landfill and natural conditions, but also describes the internal drainage system. The thesis is the location of the landfill TKO Nasavrky. Another aim of the study is to obtain information from the literature, which is focused primarily on the legal requirements for landfill sealing landfills, the system of waste water seepage, leachate sump and facilities for the disposal of leachate. The aim of this thesis is to evaluate the use of seepage waters from landfills that using the pickup and a down drain flows into a watertight tank. To evaluate the drainage system dumps TKO Nasavrky is selected hydrologic balance equations and Hooghoudtova equation.

## **Keywords**

Drainage system, loading leachate water, waste disposal

## Obsah

Abstrakt .....	6
1. Úvod .....	7
2. Cíle diplomové práce .....	7
3. Literární rešerše .....	8
3.1 Legislativa České republiky .....	8
3.2 Technické požadavky na skládky odpadů .....	8
3.3 Skládkování.....	11
3.3.1 Odpad.....	11
3.3.2 Skládka.....	11
3.3.3 Skládkování .....	12
3.3.4 Skupiny Skládek .....	12
3.3.5 Dle vztahu k úrovni terénu skládky rozlišujeme .....	13
3.3.6 Vodní režim skládky.....	14
3.4 Těsnění skládky .....	14
3.4.1 Těsnicí systém skládky .....	14
3.4.2 Těsnicí materiály .....	17
3.4.3 Těsnění ze zemin .....	17
3.4.4 Fólie.....	18
3.4.5 Geotextílie .....	18
3.4.6 Ostatní druhy těsnění.....	19
3.5 Systém nakládání s průsakovými vodami.....	19
3.5.1 Drenážní systém .....	20
3.5.2 Plošný drény .....	20
3.5.3 Sběrný drén .....	21
3.5.4 Svodný drén.....	22
3.5.5 Jímka průsakových vod .....	22
3.5.6 Šachty.....	23
3.5.7 Zařízení na zneškodňování průsakových vod .....	24
4. Charakteristika studijního území .....	24
4.1 Úvodní popis skládky TKO Nasavrky.....	24
4.2 Přírodní poměry lokality.....	26
4.2.1 Geologie lokality .....	26
4.2.2 Geomorfologie lokality .....	27

4.2.3 Hydrogeologie lokality .....	28
4.2.4 Hydrologie lokality.....	29
4.2.5 Klima lokality.....	29
5. Metodika.....	31
5.1 Současný stav skládky TKO Nasavrky .....	31
5.2 Technologie skládkování .....	31
5.3 Těsnicí systém skládky .....	32
5.4 Drenážní systém skládky.....	33
5.5 Výtlačné potrubí .....	35
5.6 Analýza vnitřního drenážního systému skládky .....	36
5.6.1 Hydrologická bilanční rovnice .....	36
5.6.2 Hooghoudtova rovnice .....	40
6. Výsledky .....	43
6.1 Hydrologická bilanční rovnice .....	43
6.2 Hooghoudtova rovnice .....	44
7. Diskuze.....	46
8. Závěr .....	47
9. Přehled literatury a použitých zdrojů .....	49
10. Seznam příloh:.....	53
Příloha č. 1 - Zakreslení záměru rozšíření skládky.....	54
Příloha č. 2. - Zvýšení úhrnu srážek na 1 400 mm za rok .....	55



## **1. Úvod**

V České republice stále patří skládkování ke hlavním způsobům zneškodňování odpadu, přestože budoucnost skládek se zdá být končící kapitolou. Systém likvidace odpadů by měl být převážně řešen jejich energetickým využíváním. V budoucnu by se odpad měl co nejvíce vytřídit a recyklovat nebo dále zpracovat, aby nemohl být nebezpečný pro životní prostředí.

Skládkování patří mezi zastaralý způsob zbavování nepotřebného odpadu, které nelze za současných technické ani ekonomické úrovně využít. Velké množství ukládaného odpadu vyplňuje a také znehodnocuje zemský povrch.

Za současného stavu využívání skládkování, bychom měli zajistit, aby znečišťující látky byly uzavřené v tělesu skládky a zabezpečit zachycení průsakových vod a ochranu kontaminace podzemních vod pomocí těsnění skládky a drenážního systému. K tomu by také mělo dopomoc využití tzv. moderní řízené skládky, která je budovaná tak, aby zabránila znečištění všech složek životního prostředí. Součástí skládky je těsnící a drenážní systém. Těsnící systém chrání podzemní vody a povrchové vody před kontaminací. Drenážní systém zajistí oddělení neznečištěných a znečištěných vod. Neznečištěné vody odcházejí do místní vodoteče a znečištěné do akumulární jímky.

## **2. Cíle diplomové práce**

Hlavním z cílů diplomové práce je navrhnout a ověřit dané metody pro posouzení funkčnosti vnitřního drenážního systému skládky. Pomocí hydrologické bilanční rovnice zjistit množství odtokové vody z tělesa skládky. Úroveň hladiny vnitřních skládkových vod nad těsnícím systémem vypočítat pomocí Hooghoudtovy rovnice.

Dále ověřit zdali je zvolený systém nakládání s průsakovými vodami kapacitně dostačující a dostatečně šetrný k životnímu prostředí, vodnímu režimu a půdě.

Zároveň na základě studia dostupných materiálů popsat současný stav skládky TKO Nasavrky, kde se především zaměřit na popis vnitřního drenážního systému a posoudit nakládání s průsakovými vodami.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Legislativa České republiky

S problematikou daného tématu souvisejí následující definice ze zákona č. 185/2001 sb. a z vybraných norem.

**Odpad** - je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu

**Nebezpečným odpadem** - odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k tomuto zákonu

**Komunálním odpadem** - 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

**Odpadovým hospodářstvím** - 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

**Nakládáním s odpady** - shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů

**Skládka** - zařízení zřízené v souladu se zvláštním právním předpisem a provozované ve třech na sebe bezprostředně navazujících fázích provozu, včetně zařízení provozovaného původcem odpadů za účelem odstraňování vlastních odpadů a zařízení určeného pro skladování odpadů

#### 3.2 Technické požadavky na skládky odpadů

Technické požadavky na skládky odpadů, včetně podmínek pro jejich umístění, technické zabezpečení provozu skládek, těsnění, monitorování a podmínek jejich uzavření a rekultivace stanovují následující technické normy:

##### **Norma ČSN 83 8001 (Názvosloví odpadů)**

**Skládkování odpadu** – zneškodňování odpadu trvalým uložením na skládkách, úložišťích, složišťích, odkališťích, odvalech a výsypkách

**Zhutňování odpadu** – mechanická úprava odpadu na skládce za účelem snížení jeho objemu

**Rekultivace skládky** – činnost směřující k vytvoření podmínek, za nichž je možno území skládky následně využít v souladu se zásadami ochrany životního prostředí

**Odpadní voda** – voda použitá mimo vodní zdroj, jejíž vlastnosti byly změněny v důsledku lidské činnosti, a voda z atmosférických srážek odváděná stokovou sítí

### **Norma ČSN 83 8030 (Skládkování odpadů – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek)**

**Skládka** – technické zařízení určené k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízeným uložením na zemi nebo do země

**Podloží skládky** – část geologického prostředí, které se nachází pod základovou spárou skládky

**Základová spára skládky** – plocha, v níž se stýká konstrukce skládky s podložím

**Těleso skládky** – konstrukční vrstvy skládky včetně uloženého odpadu

**Průsaková voda, výluhová voda** – jakákoliv kapalina, která prosakuje uloženým odpadem a vytéká ze skládky, nebo v ní zůstává zadržena (voda vytékající z tělesa skládky je směsí výluhů, kalové vody a vytlačené pórové vody)

**Jímka průsakových vod** – nepropustná bezodtoká jímka, do které je zaústěn drenážní systém pro odvádění průsakových vod ze skládky

**Fólie** – plastová membrána, používaná jako plošný těsnící prvek

### **Norma ČSN 83 8032 (Skládkování odpadů – Těsnění skládek)**

Tato norma platí pro navrhování, výstavbu a kontrolu těsnících systémů skládek při výstavbě skládek i při jejich provozu. Dále platí pro navrhování, výstavbu a kontrolu těsnících systémů při jejich uzavírání a rekultivaci. Norma doporučuje pro návrh systému skládky vhodné materiály nebo jejich kombinace, pro výstavbu těsnění doporučuje vhodné technologické postupy a pro kontrolu materiálů i zhotoveného těsnění rozsah a metody této kontroly.

**Těsnicí systém** – soustava vrstev těsnících materiálů (přírodních nebo umělých) doplněná dalšími vrstvami pro jejich mechanickou ochranu, jedním nebo více z těchto prvků může být vylepšena geologická bariéra

**Těsnicí vrstva** – vrstva těsnícího materiálu, která tvoří jednoduchou technickou Bariéru

### **Norma ČSN 83 8033 (Skládkování odpadů – Nakládání s průsakovými vodami ze skládek)**

Tato norma platí pro soustředování, odvádění, shromažďování a kontrolu jakosti průsakových vod ze skládek a pro konstrukce, které tyto činnosti zajišťují. Pro návrh drenážních systémů skládky, kontrolních nádrží a jímek průsakových vod norma doporučuje vhodné materiály nebo jejich kombinace i parametry těchto materiálů.

**Drenážní systém** – soustava liniových a plošných drenážních prvků, zajišťujících jímání a odvádění průsakových vod ze skládky

**Sběrný drén** – trubní drén, v tělese skládky částečně děrovaný, zajišťující jímání a odvádění průsakových vod

**Svodný drén** – trubní drén, odvádějící průsakové vody ze skládky do jímky, do tohoto drénu jsou zaústěny sběrné drény

### **Norma ČSN 83 8036 (Skládkování odpadů – Monitorování skládek)**

Tato norma stanoví základní podmínky pro sledování (monitorování) provozu skládek odpadů provozovaných i uzavřených z hlediska vlivů na okolní prostředí zachování jednotlivých částí skládek, a z hlediska bezpečnosti a funkční spolehlivosti jednotlivých konstrukčních prvků skládek.

**Monitorování skládek** – soubor činností, kterými se sleduje vliv skládky na okolní prostředí a chování jednotlivých částí skládky

## **Norma ČSN 83 8034 (Odplynění skládek)**

Norma zahrnuje podmínky, za kterých je povinnost budovat odplynění skládek, rozděluje skládky podle množství tvorby skládkového na tři skupiny a zároveň upravuje podmínky nakládání se skládkovým plynem.

**Skládkový plyn** – plyn, který se vyvíjí z odpadu uloženého ve skládce biologickými rozklady i plyn vyvíjející se abioticky (chemicky) ve skládkách, např. průmyslových odpadů.

## **3.3 Skládkování**

### **3.3.1 Odpad**

Odpady jsou součástí života každého člověka po celou dobu civilizace. Vzniká v zemědělství, průmyslu, dopravě, ale i při běžném životě člověka. Příroda je schopná pojmout pouze omezené množství odpadů, které by jí neohrožovalo. Z tohoto hlediska je nutné, aby člověk omezil jejich škodlivé působení správným zneškodnění ((ENVI, 2012).

### **3.3.2 Skládka**

Vysoké požadavky na ochranu životního prostředí nutí ke změně skladby skládek. V současné době je nemožné uvažovat o skládkách pouze jako o prostoru pro odpadní materiály. Moderní skládka je nepropustná nádoba, která je připravena skladovat různé druhy odpadů (Intermas, 2005). Skládka je prostor pro ukládání odpadů za účelem jejich zneškodnění (Malý et. Šálek 2002). Dle současné platné legislativy EU lze do roku 2020 na skládky ukládat odpadní materiály, které nejsou recyklovatelné, nejsou nevhodné pro kompostování a jsou nespalitelné. Na skládky mohou být ukládány látky tuhé a naopak nemohou být ukládány látky, které se účinkem gravitace mohou rozdělit na fázi kapalnou a tuhou (Richter, 2008).

Skládky tuhého komunálního odpadu (dále jen TKO) představují dlouhodobé riziko pro člověka a životní prostředí (Laner et al., 2009). Průmyslový a obchodní růst, technologický pokrok, a vyšší životní úroveň spojená se zrychleným stárnutím produktů a všudypřítomnou tendencí plýtvání v dnešní společnosti vede ke stále rostoucí generaci pevných odpadů. Během posledních desetiletí, je skládkování hlavní metodou využití TKO mnoha zemích (Bella et al., 2012).

Vnější (environmentální a sociální) náklady na skládkování (např. emise do ovzduší, půdy a vody) je obtížné vyčíslit v penězích, a proto se obecně odráží v poplatcích na likvidaci odpadu. To má za následek zaujatost vůči alternativám jako jsou recyklace, které mohou být dražší než skládkování z čistě finančního hlediska, ale lepší z oblasti životního prostředí a sociálního hlediska (Nahman, 2011).

Aby se snížilo riziko znečištění životního prostředí podzemní vod, je nutné stanovit systém sběru, odvodnění a zpracování skládkových výluhů. Dále také umístit nepropustnou vrstvou v místě skládky, s cílem omezit pronikání průsakové vody (Mahmud et al., 2008).

Průsaková voda ze skládek je velmi nabitá a toxicky špatná pro odpadní vody. Řízení výluhu může být provedeno použitím před recirkulací (skrápěním), odpařováním nebo převodem na čistírny odpadních vod (Bozek et al., 2005).

Průsakové vody se skládají z mnoha různých organických a anorganických sloučenin, které mohou být biologicky rozložitelné a biologicky nerozložitelné (Bilgili et al. 2008).

### **3.3.3 Skládkování**

Skládkováním odpadů rozumíme odstraňování odpadu jeho trvalým ukládáním na skládku, při němž poškozování životního prostředí nebo ohrožení zdraví lidí nepřesáhne míru stanovenou právními normami v životním prostředí (Kreníková, 2001). Přesné nakládání s odpady vymezuje Vyhláška č.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 (MŽP, 2005).

Nejrozšířenějším způsobem odstraňování odpadů je dosud z 60% až 90% skládkování odpadů (např. v USA se na skládku ukládá 65% odpadů, v Itálii a Řecku více než 90% a ve Velké Británii 88%. Naopak v Japonsku 30%, v Nizozemí 23% a ve Švýcarsku pouze 15%) (Filip et al., 2006).

### **3.3.4 Skupiny Skládek**

Ministerstvo životního prostředí vydalo Vyhlášku č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, která rozděluje skládky podle technického zabezpečení na skupiny:

a) skupina S – inertní opad

Opad, který nemá nebezpečné vlastnosti a za normálních klimatických podmínek nedochází k žádným významným fyzikálním, chemickým nebo biologickým změnám.

b) skupina S – ostatní opad

Určená pro odpady kategorie ostatní odpad. Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se tyto skládky označují S-OO. Tato skupina se dále dělí na podskupiny:

1. S-OO1 - skládky nebo sektory skládek určené pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek, stanoveným v bodě 6 písm. c) přílohy č. 4, a odpadů z azbestu za podmínek stanovených v § 7,

2. S-OO3 - skládky nebo sektory skládek určené pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad včetně odpadů s podstatným obsahem organických biologicky rozložitelných látek, odpadů, které nelze hodnotit na základě jejich vodného výluhu, a odpadů z azbestu za podmínek stanovených v § 7. Na tyto skládky nebo sektory nesmějí být ukládány odpady na bázi sádry.

c) skupina S - nebezpečný odpad

určená pro nebezpečné odpady. Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se skládky této skupiny označují S-NO (vyhláška MŽP, 2005).

Nebezpečné odpady se podle zákona č. 185/2001 sb. o odpadech, uvedené v seznamu nebezpečných nebo také jakékoliv jiné odpady vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností.

### **3.3.5 Dle vztahu k úrovni terénu skládky rozlišujeme**

a) Podúrovňové – v otevřených terénních prohlubních do úrovně terénu

b) Nadúrovňové – zakládáné na úrovni terénu

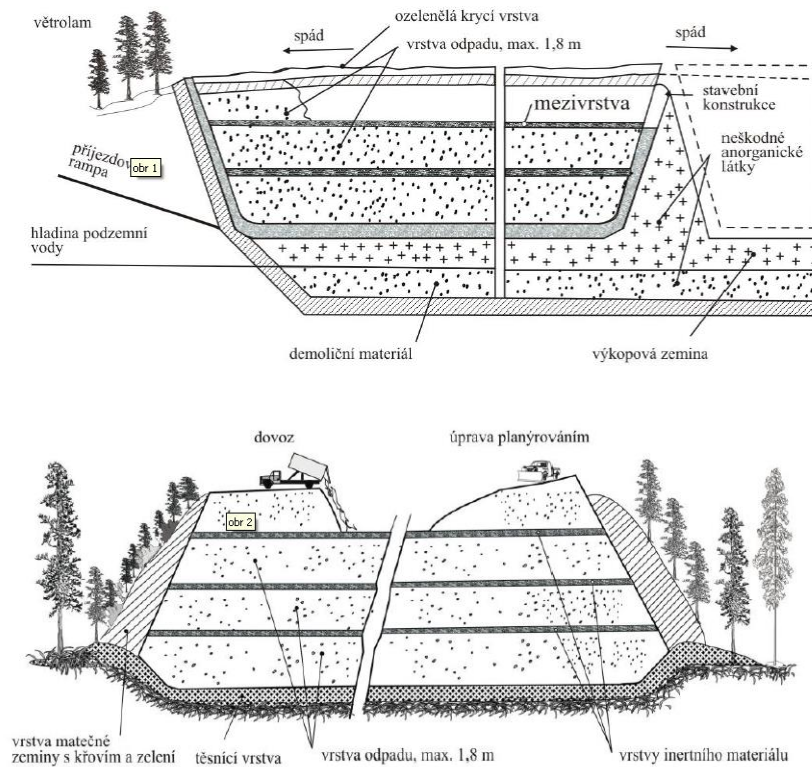
c) Násypové

d) Podzemní

e) Svahové

f) Kombinované – se základem pod úrovní terénu a převýšením nad jeho úroveň(Kubal et al., 2002).

**Obr. č.1 – Skládka podúrovňová a nadúrovňová**



Zdroj:Křibík, 2009

### 3.3.6 Vodní režim skládky

Uvnitř tělesa skládky je vodní režim značně složitý a doposud ne plně probádaný. Voda ze skládky tělesa pochází z několika zdrojů:

- z vlhkosti odpadů (např. zeleninová nať až 60%, kaly 60%, hlíny 30%)
- srážky
- odtokové vody z povodí nad skládkou
- voda ze skrápění na skládku

(Křenek, 2009).

### 3.4 Těsnění skládky

#### 3.4.1 Těsnící systém skládky

Těsnění skládek klade důraz na to, aby nedocházelo ke kontaminaci povrchových a podzemních vod. Systém těsnění skládky je navrhován v závislosti na uspořádání skládky, druhu skládkovaných odpadů, třídy jejich výluhů a přírodních podmínek



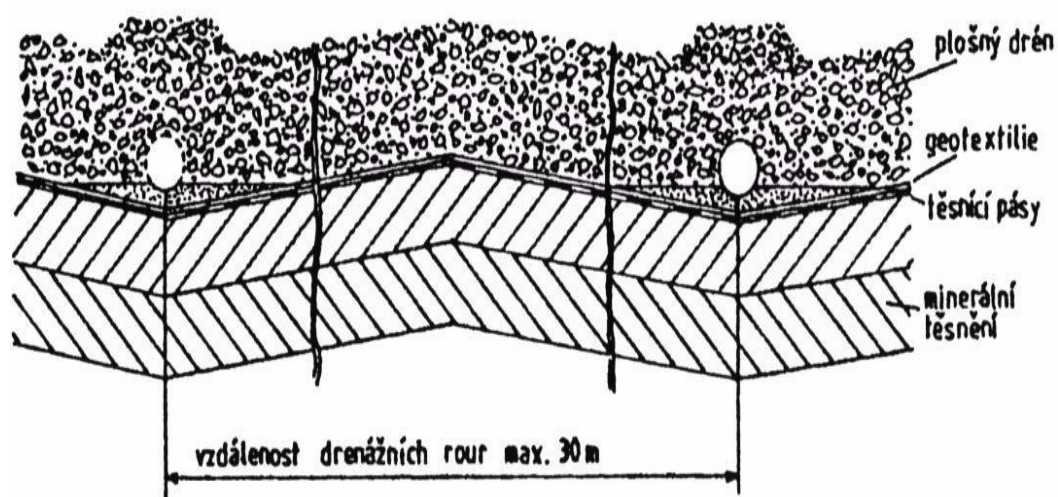
lokality. (Požadavky na skladbu těsnícího systému pro dané podmínky v podloží a skupinu skládky stanovuje ČSN 83 8030, požadavky s ohledem na třídu vyluhovatelnosti stanovuje ČSN 83 8030 a ČSN 83 8035). Těsnící systém musí být vybudován z takových materiálů a takovým způsobem, aby jeho celistvost a funkci nemohly narušit např. sedání skládky a jejího podloží, účinky vnitřního a povrchových vod a povětrnostní vlivy, popř. důsledky činnosti člověka, živočichů a rostlin na skládce i v jejím okolí. Celkový systém musí být stabilní (ČSN 83 8032, 2002).

Skládka skupiny S I nevyžadují technickou bariéru. Skládkové podloží musí být bez vegetačního pokryvu a vrstvy humusu. Skládky skupiny S II vyžadují jednu bariéru tak z. přirozenou nebo technickou. Přirozená bariéra musí mít podloží o mocnosti nejméně 5 m z hornin se součinitelem filtrace  $k \leq 1 \times 10^{-8}$  m/s nebo s 10 m z hornin se součinitelem filtrace  $k \leq 1 \times 10^{-7}$  m/s. Jako technickou bariéru lze použít jednovrstvé těsnění. Pravděpodobně nejčastější variantou je použití těsnící fólie, je-li základová spára tvořena okolními horninami nebo hrubým materiálem. Pod těsněním je nutné navrhnout dostatečně silnou zhutněnou vrstvu z jemnozrné zeminy (Zpravodaj MŽP, 1998).

Skládky skupiny S III musí mít nejméně dvě bariéry. Je-li podloží skládky tvořeno přirozenou technickou (geologickou) bariérou, postačí jednovrstvé těsnění (o mocnosti nejméně 3 m při propustnosti charakterizované součinitelem filtrace  $k \leq 1 \times 10^{-8}$  m/s nebo o mocnosti nejméně 30 m při propustnosti charakterizované součinitelem filtrace  $k \leq 1 \times 10^{-7}$  m/s).

Těsnění skládky musí být všude tam, kde se těleso skládky stýká s terénem. Je nutné zřídit vícevrstvé těsnění, pokud nemá podloží skládky požadovanou přirozenou geologickou bariéru a musí být na celé ploše styku skládky s terénem (Zpravodaj MŽP, 1998). Používá se kombinace minerálního těsnění a těsnící fólie. Také je možné řešení kombinace bentonitové rohože (nebo s obdobnou výplní) a těsnící fólie nebo více fólií (Norma ČSN 83 8032 Těsnění skládek tuto variantu nezakazuje, ale zároveň jí nedoporučuje).

Obrázek č. 2 - Těsnění tělesa skládky



Zdroj: Jurnik, 1994

Skládky pro odpady skupiny S IV se navrhuje individuálně s ohledem na charakter a možnou interakcí skládkovaného odpadu a jeho nebezpečnosti pro různé složky životního prostředí. Lokality, kde lze budovat tyto skládky mají podloží charakterizováno součinitelem filtrace  $k \leq 1 \times 10^{-8}$  m/s při mocnosti nejméně 5 m. Na ploše, kde se stýká těleso skládky s terénem, musí být vybudováno kombinované těsnění tvořené např. horninou s hodnotou součinitele filtrace  $k \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s, jejíž konečná tloušťka (ve zhuštěném stavu) by měla být nejméně 1 m. Zemní těsnění se obohacuje o fólii (zdůvodněné tloušťky, nejméně však 2,0 mm), odolávající korozivním účinkům průsakových vod. Měla by pro každou skládku být posouzená další potřeba ochranných bariér nebo použití jiných těsnících prvků, než je uvedeno (Zpravodaj MŽP, 1998).

**Návrh těsnění skládky vyžaduje následující podklady:**

- a) geotechnické podklady
- b) geodetické podklady
- c) údaje o klimatických a hydrologických poměrech
- d) údaje o druhu odpadů, jejich výluzích a o předpokládaném složení
- e) údaje o zatřídění skládky a požadavcích na její zabezpečení
- f) konstrukční řešení zařízení pro odvedení vnějších vnitřních vod
- g) konstrukční řešení zařízení pro vedení skládkového plynu z tělesa skládky (ČSN 83 8032, 2002).

### 3.4.2 Těsnící materiály

Mezi hlavní požadované vlastnosti na použité materiály do těsnění je:

- a) dostatečně nízká propustnost
- b) schopnost snášet bez porušení deformace podloží
- c) chemická odolnost proti výluhům ze skládkovaných odpadů
- d) schopnost omezit únik znečištění do okolních prostředí  
(ČSN 83 8032, 2002).

### 3.4.3 Těsnění ze zemin

Zeminy, které se do zemního těsnění používají, nesmějí vykazovat po zhutnění vyšší součinitel filtrace než  $k = 1 \times 10^{-9}$  m/s. Při uzavírání skládek odpadů s limitami výluhu do III. třídy a skládky, které nelze hodnotit na základě vychovatelnosti, však stačí pro těsnící vrstvy součinitel filtrace nižší než  $k = 1 \times 10^{-8}$  m/s. Součinitel filtrace zemin musí být ověřen průkaznými zkouškami vzorků (odebraný ze zemníku) a kontrolními zkouškami vzorků (ze zhutněné těsnící vrstvy). Vlastnosti zemin jako fyzikální a geomechanické zajistí dobrou zpracovatelnost a objemovou stálost při změnách vlhkosti. Pokud nesplňují zeminy požadované vlastnosti v přirozeném stavu, lze je upravit příměsí jiných zemin nebo hmot. V neposlední řadě musí dojít k perfektnímu promísení tak, aby těsnící vrstva byla homogenní. Kontrola získaných těsnících materiálů je ve stejném rozsahu, jako zemina z přirozeného zdroje. Vlastnosti materiálu (zeminy) se na základě laboratorních zkoušek zařazují do skupin podle ČSN 72 1005.

#### Podmínky pro použití zemin do těsnění skládky jsou:

- a) obsah organických látek nesmí být větší než 5 % hmotnosti
- b) mez tekutosti nemá být větší než 50 %
- c) velikost největších ojedinelých zrn nesmí přesahovat 1/2 tloušťky vrstvy po zhutnění nebo 100 mm
- d) vlhkost zeminy při ukládání do konstrukce nesmí být o více než 2 % nižší a o více než 3 % vyšší než optimální (viz ČSN 72 1015)  
(ČSN 83 8032, 2002).

Zeminy, které nesplňují podmínky mohou být použité pouze na základě průzkumu jejich vhodnosti podle uvedených kritérií viz ČSN 83 8032, laboratorními nebo terénními zkouškami. Nejmenší míra zhutnění je 95% maximální objemové

hmotnosti (metodou standardní Proctorovy zkoušky podle ČSN 72 1015) (Zpravodaj MŽP, 1998).

#### 3.4.4 Fólie

Vlastnosti odpadů ukládaných do skládky, předpokládané podmínky za provozu nebo uzavření skládky s možností dalších vlivů určují druh a tloušťku fólie. Pro odpady s výluhy limitní hodnoty do III. tř. včetně a pro odpady, které nelze hodnotit na základě výluhovatelności nesmí být tloušťka fólie menší než 1,5 mm. U odpadů s výluhy přesahující limitní hodnoty tř. III se do těsnících skládek nesmí použít fólie užší než 2 mm. Nejmenší tloušťka fólie u uzavírání skládek není stanovena, ale musí zaručit funkčnost pro konkrétní podmínky skládky na 30 let. Fólie může mít hladký povrch. Používá na vodorovných a mírně skloněných plochách. Jednostranně nebo oboustranně zdrsňený je využitelný na svazích, zejména pro zajištění stability (Zpravodaj MŽP, 1998).

#### 3.4.5 Geotextílie

Geotextílie má funkci ochranou (chrání fólie před poškozením), drenážní (odvodňování), filtrační (chrání drenáž před zanesením), zpeňovací a separační. Musí být odolná před chemickými a přírodními vlivy. Jako materiál se používají tkané PP, PE (mřížka) nebo netkané PP, PES, PE (nekonečné vlákno, stříž) s plošnou hmotností od 150 do 3600 g/m<sup>2</sup> (Dočkal, 2008).

Obr. č.3 - Fólie a geotextílie



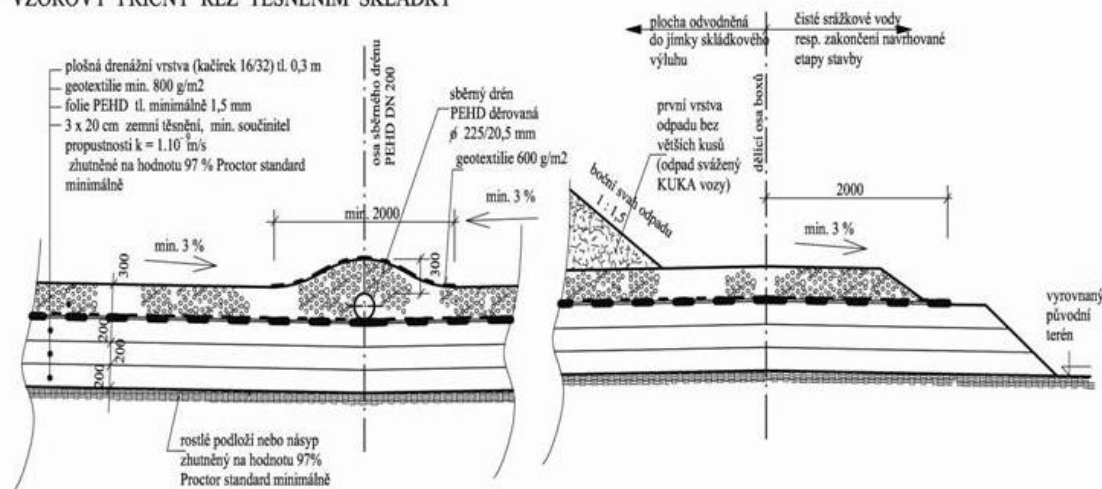
Zdroj: Kubal et al., 2002

### 3.4.6 Ostatní druhy těsnění

Ostatní druhy těsnění se využívají výjimečně vždy s individuálním návrhem, který musí být podložen podrobnými průzkumy, rozbory a zkouškami použitých materiálů. Těsnosti konstrukcí předepsané pro zemní těsnění tloušťky odpovídající třídě výluhu z ukládaných odpadů (Zpravodaj MŽP, 1998).

Obr. č. 4 – Příčný řez těsněním skládky

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ TĚSNĚNÍM SKLÁDKY



Zdroj: Kubal et al., 2002

### 3.5 Systém nakládání s průsakovými vodami

Výstavba odvodnění skládek se provádí podle ČSN 83 8033. Norma je platná pro soustředování, odvádění, shromažďování a kontrolu jakosti průsakových vod ze skládek a pro konstrukce, které tyto činnosti zajišťují, pro návrh drenážních systémů skládky, kontrolních nádrží a jámek průsakových vod norma doporučuje vhodné materiály nebo jejich kombinace i parametry těchto materiálů. Úprava a čištění průsakových vod tato norma neřeší (ČSN 83 8033).

**Systém nakládání s průsakovými vodami je složen ze tří, popř. čtyř základních prvků:**

- Vnitřní drenážní systém skládky – systém má za úkol jímání průsakových vod a jejich odvádění do svodného drénu. Součástí je plošný drén se sběrnými trubními drény;
- Svodný drén – sloužící k odvedení průsakových vod ze skládky do jámky
- Jámka průsakových vod – má funkci shromažďování a kontrolu vod
- Zařízení na konečné zneškodnění průsakových vod (Zpravodaj MŽP, 1998)

### 3.5.1 Drenážní systém

Na skládku nesmí přitékat povrchová voda z okolí. Pro tento účel může být vybudován záchytný příkop, který musí být dimenzován na 100-letý průtok z příslušného povodí skládky. Vnitřní drenážní systém musí mít všechny skládky. Systém odvádí průsakové vody mimo těleso skládky. U skládek se drenážní vrstva ve dně může vynechat pouze tam, kde jsou odpady s filtračním součinitelem  $k \leq 1 \cdot 10^{-8} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  tvořící kompaktní těleso. V takovém případě je přesto nutné zabezpečit jímání a kontrolu srážkové vody, která vytéká z prostoru skládky.

Dešťovým srážkám je vystavena každá skládková plocha. Těsnící pásy umístěné na dně skládky a bočních stěnách vytvářejí vodotěsnou vanu. Čistá dešťová voda, ale i voda znečištěná průsakem uloženým odpadem se soustředí na těsněné ploše skládky. Tyto vody je pravidlem urychleně ze skládky odvést a snížit jejich působení na plášťové těsnění. Pro tento účel je budován na dně tělesa skládky odvodňovací systém, který samočinně provozuje trvale svou činnost. Jelikož celý systém je pokrytý tělesem skládky, nejsou možné v budoucnu jakékoliv opravy a úpravy (Altman et Růžička, 1996).

#### **Návrh drenážního systému vyžaduje následující podklady:**

- a) geotechnické podklady;
- b) geodetické podklady;
- c) údaje o klimatických a hydrologických poměrech;
- d) údaje o ukládaných odpadech (zejména druh a kategorie podle Katalogu odpadů, třída vyluhovatelnosti);
- e) dispoziční řešení skládky;
- f) konstrukční řešení těsnícího systému;
- g) konstrukční řešení zařízení pro jímání a vyvedení skládkového plynu z tělesa skládky (ČSN 83 8033).

### 3.5.2 Plošný drény

Jeden z nejdůležitějších součástí drenážního systému je plošný drén. Jedná se o filtračně stabilní vodopropustnou vrstvu štěrkopísku, která je po celém dnu i stěnách skládky (Libra, 2005). U plošných drénů z přírodního kameniva – štěrkopísku nebo drceného kameniva se klade důraz na dlouhodobé vykazování určitých vlastností. Zrnitost u kameniva by neměla přesáhnout přes 32 mm. V případě použití drceného

kameniva u plošných drénů je zapotřebí posoudit namáhání těsnícího systému, na kterém je drén položen, tak aby těsnění bylo ochráněno dostatečným odolným prvkem. Drény z umělých sypkých materiálů se mohou vyrábět z granulovaných drtí ze stavebního odpadu, skleněných stěpů a pneumatik. Materiál se znakem odpadu, je možný využít pouze ve skládkách odpadů shodných nebo vyšších výluhových tříd. Voda z nezaskládovaných ploch nesmí odcházet přímo do recipientu. Naopak plošné drény z geosyntetických materiálů musí podstoupit posouzení z hlediska propustnosti, odolnosti proti korozivním příčinám průsakových vod a budoucímu zatížení. Za tyto hodnoty ručí výrobce (ČSN 83 8033).

#### Obr. č.5 – Drenážní vrstva



Zdroj: Kubal et al., 2002

#### 3.5.3 Sběrný drén

S ohledem na morfologii skládky a umístění jámky průsakových vod se řeší dispozice drenážního systému. Pokud plocha dna skládky má převahu nad plochou jejích vnitřních svahů, je vhodné použít systém zhruba rovnoběžných sběrných drénů o rozteči 30 m až 50 m zaústěných do svodného drénu mimo prostor skládky v šachticích. Sběrný drén (s ohledem na možné čištění) nemá přesáhnout délku 200m a podélný sklon sběrných drénů má mít nejméně 1% a nejvýše 5%. U strmějších svahů se sběrné drény nebudují. K odvodňování skládky postačí plošný drén. V úzkých údolích, kde převažuje plocha svahů nad plochou dna, je vhodné navrhnout ve dně skládky 1 až 2 sběrné drény, popř. místně doplněné dalšími drény charakteru drenážních per. Jestliže je podélný sklon drénů mezi 1% až 3% musí být dno skládky příčně vyspárováno ve sklonu nejméně 3%, tak aby drény byly uloženy v nejnižším místě skládky. Je nutno vzít v úvahu při návrhu sklonu drénů sedání podloží skládky. U sběrných drénů je doporučeno napojení na svodné drény v šachtách mimo prostor skládky (pokud je napojení uvnitř skládky, šachty se

nezřizují). Je potřeba zamyslet se nad zanášením a zneprůchodněním drénů v tomto místě a také nad možností čištění svodného drénu. Sběrné drény musí mít drenážní obsyp s tloušťkou minimálně stejnou jako plošný drén ve dně skládky. U trubních drénů je nejlepší volit materiál odolný vůči korozivnímu účinku průsakových vod a zatížení odpady. Na většinu skládek jsou vhodné drény z vysokohustotního polyetylenu s odpovídajícím návrhovým zatížením. Naopak jestliže jsou používány trubní drény z upraveného PVC a dalších podobných syntetických materiálů, je potřeba z tohoto hlediska jejich vlastnosti posoudit. Trubky kameninové nelze použít. Sběrné drény jsou v prostoru skládky perforovány, většinou ze 2/3 až 3/4 obvodu (perforace bývá šterbinová – příčná, podélná nebo kruhová) (Zpravodaj MŽP, 1998).

#### **3.5.4 Svodný drén**

Slouží k odvedení průsakové vody ze sběrného drénu do jímky. Hlavní svod se umísťuje na nejhlubším místě tělesa skládky. Délka hlavních a vedlejších svodů je maximálně 1 km. Jestliže dojde ke křížení svodů se stokami a komunikacemi mají být provedeny utěsněnými trubkami s krytím nejméně 30 cm. Svody se také nesmí ukládat do příkopů, které zůstávají nezakryty (Soukup et Skočilasová, 1990).

#### **3.5.5 Jímka průsakových vod**

Podle druhu vod se jímky dělí na:

- a) jímky průsakových vod;
- b) jímky povrchových (dešťových) vod (Jurnik, 1994).

V dostatečně rozměrné jímce, která je z materiálů nepropustných a odolných proti chemickým vlivům., lze zachycovat znečištěné průsakové vody ze skládky, pokud není možnost odvedení, ošetření a zneškodnění na čistírně odpadních vod. Jímka se buduje uvnitř areálu skládky, mimo násypný prostor. Podle velikosti plochy podloží skládky a podle roční bilance vodních srážek se určuje užitečný objem jímky (Jurnik, 1994). Dispoziční řešení jímky může být otevřené nebo uzavřené (ČSN 83 8033). Jímkové vnitřní stěny se vyloží těsníci pásy PE-HD o tloušťce 2,5 mm.

Jako konstrukční materiál pro jímky průsakových vod situované mimo prostor skládky je možné zvolit:

- a) kostra z vodostavebního betonu, kde nepropustnost je zvýšena použitím vhodných nátěrů nebo plastových fólií;



- b) kostra se zemním těsněním, zde platí stejné podmínky jako pro těsnění skládky;
- c) plastové nádrže, s odolností vůči korozivním příčinám skladovaných průsakových vod;
- d) ocelové nádrže, zajištěné vnitřním nátěrem s odolností vůči korozivním příčinám skladovaných průsakových vod.

Jímka, která je v tělese skládky se volí tak, aby zajistila stabilitu jímky při chodu skládky, s možností jejího navýšení kapacity současně s úrovní skládky. Nezbytný je také uzávěr jímky, který se využije při odstavení po dobu kontroly a oprav. Průsakové vody se po dobu uzavření akumulují v prostoru skládky. Kontrola kostry se vyžaduje nejméně jednou za dva roky. Skládky, které tvoří skládkový plyn, musí být určen způsob odvětrávání prostoru jímky a rozměr analýzy ovzduší před vstupem osob. Elektrická zařízení musí být vhodný ČSN 33 2320. Podle ČSN 75 0905 se zkouší před začátkem provozu vodotěsnost jímky průsakových vod (Zpravodaj MŽP, 1998).

V jímkách na povrchovou vodu se shromažďují srážkové vody z částí skládky, které jsou neznečištěné, protože dosud se na nich neukládá odpad, dále jsou to vody dešťové kanalizace objektu skládky, z rekultivovaných ploch a výjimečně z povrchu komunikací. V době pokládání drenážního potrubí se musí vyřešit přívod neznečištěné vody a přívod průsakové vody do příslušných jímek. Jímky se navrhuje jako zemní s těsněním shodným s příslušnou skládkou, popř. ze železobetonu z vodostavebního betonu s ochrannými nátěry. V neposlední řadě je jímka vybavena bezpečnostním přelivem, jímž voda odtéká do odvodňovacího příkopu, toku nebo vsakovacích nádrží (Malý et Šálek, 2002).

### **3.5.6 Šachty**

Funkce šachty je napojení sběrného drénu na svodný, kterým se voda odvádí do jímky průsakových vod nebo jímky povrchových vod (každá voda má svůj vlastní samostatný svodný drén). Šachty se dělí na monolitické, železobetonové a dodatečně izolované zevnitř folií z PE-HD a tloušťce 2,5 mm. Šachty se ukládají na betonové podklady a její vnitřní průměr je menší než 1,5 m (nesmí být větší kvůli kontrole průtočnosti sběrných drénů). Na dně šachty nesmí setrvat žádná průsaková voda. Tvar skládky ovlivňuje umístění šachty. Nejčastěji však je vně vlastní skládky na její vzdušné straně. V ose sběrného drénu je vždy jedna šachta tzn., že každá sekce skládky má šachtu. Šachty se uvnitř skládky nenavrhují a nebudují (Filip et al., 2006).

### **3.5.7 Zařízení na zneškodňování průsakových vod**

Průsakové vody musí být zneškodňovány v souladu s příslušnými předpisy a s provozním řádem skládky. Pokud dovoluje příslušný předpis, v prvních letech provozu skládky, lze průsakové vody zneškodňovat zpětným rozstříkem nebo rozléváním na povrch skládky.

Je samozřejmě nutné před rozstříkem kontrolovat vodu z hlediska mikrobiologické kontaminace. Pokud se v průsakových vodách vyskytují patogenní a podmíněně patogenní mikroorganismy je před rozstříkem nutná jejich dezinfekce (ČSN 83 8033).

Průsakové vody se zneškodňují způsoby:

- a) Čištění v čistírně odpadních vod (ČOV). Potrubím (při kratší vzdálenosti ČOV od skládky) nebo odvozem automobilovými cisternami.
- b) Zpětné využití (recirkulace) na skládku např. závlahovým systémem.
- c) Čištění bez zředění procesy chemickými, fyzikálně chemickými nebo biologickými přímo na skládce nebo mimo skládku

(Filip et al., 2006).

## **4. Charakteristika studijního území**

### **4.1 Úvodní popis skládky TKO Nasavrky**

Řízená skládka Nasavrky se současnou celkovou plochou vlastní skládky 4,6 ha se nachází cca 400 m od jihovýchodního konce zástavby obce Nasavrky. Město leží na severovýchodním úpatí železných hor v Pardubickém kraji, vzdálený 13 km od města Chrudim a 25 km jižně od Pardubic. Na skládku se v roce 2012 dovezlo 52 985 t odpadu (za den 226,4 t). Nadmořská výška se pohybuje kolem 475 metrů. Ze severozápadu až od severovýchodu je areál skládky obklopen zemědělsky, obhospodařovanými pozemky. Z jihovýchodní až jihozápadní okraj lemují lesní pozemky (Jerie, 2008).

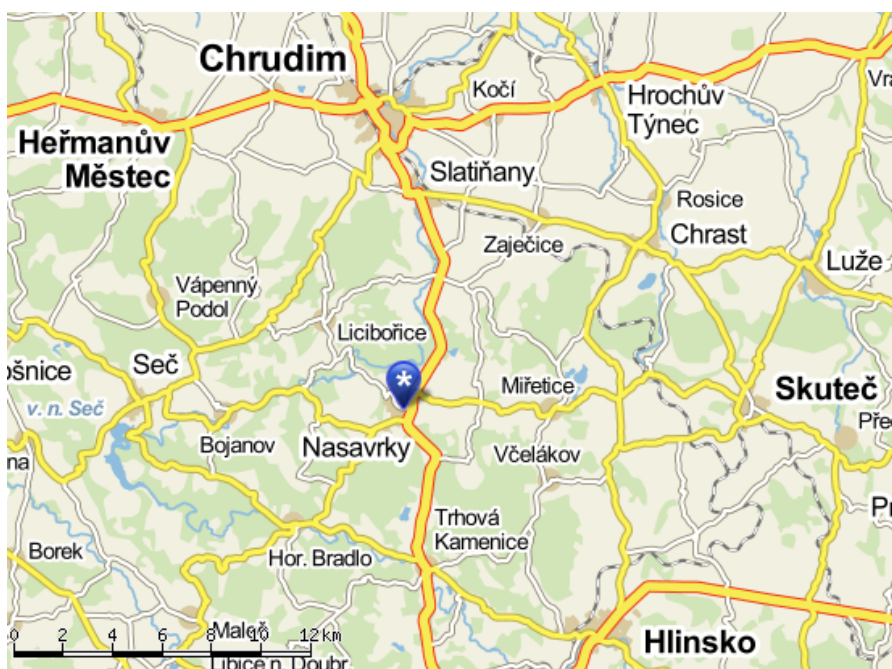
**Obrázek č. 6 - Poloha lokality v rámci ČR**



Zdroj: mapy.cz,2012 (upraveno)

Výstavba skládky Nasavrky byla zahájena v roce 1992 a o rok později přešla do provozu. V roce 1994 proběhlo rozšíření skládky o II. a III. etapu. IV. etapa byla dokončena v roce 2004. Začátek V. etapa je plánovaná na jaro 2013. Od roku 2006 je majitelem a provozovatelem společnosti AVE CZ Nasavrky a.s., která je ze 60% vlastněna společností AVE CZ odpadové hospodářství s.r.o. a ze 40% obec Nasavrky. Provoz skládky zajišťuje likvidaci tuhého komunálního odpadu (dále jen TKO) a ostatních odpadů. Předpokládaný rok uzavření skládky je rok (Jerie, 2008).

**Obrázek č. 7 - Mapa širších vztahů**



Zdroj: mapy.cz, 2012 (upraveno)

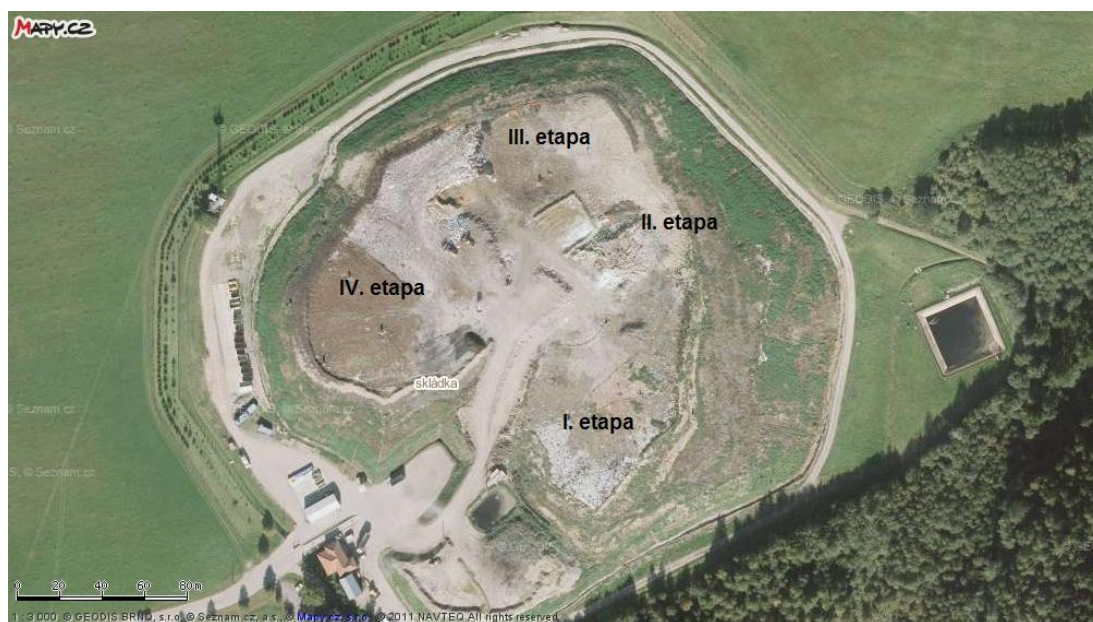
## **kapacita současné skládky**

celková plocha areálu 6 ha

celková plocha vlastní skládky 4,6 ha

Dle vyhl. č. 294/2005 Sb. podle technického zabezpečení se jedná o skládku zařazenou do skupiny S – ostatní odpad (pro účely evidence a ohlašování se tyto skládky označují S-OO) – podskupina S-OO3 s možností zřizování sektorů pro podskupiny skládek S-OO1 a S-OO2., určena pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad včetně odpadů s podstatným obsahem organických biologicky rozložitelných látek. Dále odpadů, které nelze hodnotit na základě jejich vodného výluhu, a odpadů z azbestu při splnění podmínek stanovených v § 7. Na skládku se nesmí ukládat odpady na bázi sádry (Vyhláška MŽP, 2005).

**Obrázek č. 8 -Situace současné skládky se zakreslením všech etap skládky**



Zdroj:mapy.cz, 2012 (upraveno)

## **4.2 Přírodní poměry lokality**

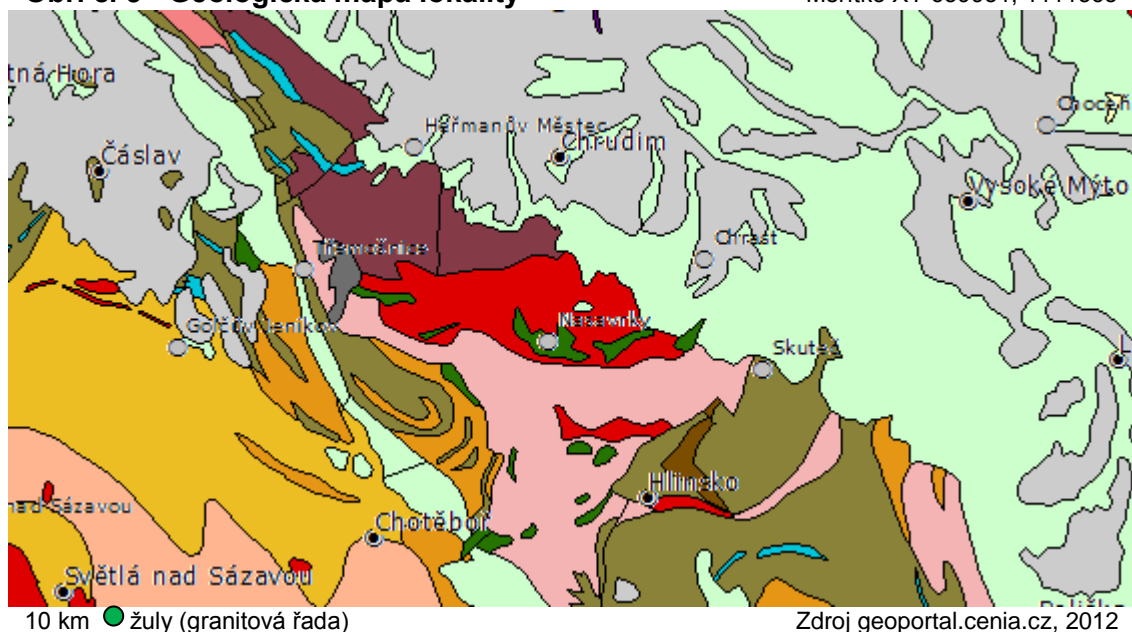
### **4.2.1 Geologie lokality**

Nasavrky se z geologického hlediska nacházejí na okraji střeďočeské oblasti(bohemika) Českého masívu a jsou tvořeny Železnohorským (dříve nasavrckým) plutonem.Na území převažuje červená žula umberecká a křižanovická. Pouze kolem JV výběžku v okolí Nové Vsi zasahuje modrošedá žula skutečská. Některé horninové úlomky hornin odolávají zvětrávacímu procesu a zůstávají ve

zvětralé vrstvě v podobě štěrkovité nebo kamenité příměsi. Podél řeky Chrudimky je část území a dalších vodních toků tvořena kvartérním pokryvem nivních a svahových sedimentů Západního okraje území zasahuje chráněné ložiskové území č. 15340100 České Lhotice. Jeho součástí je ložisko stavebního kamene (dioritu) č. 3067800 Nasavrky se stanoveným dobývacím prostorem netěženým č. 70846 Nasavrky. V území se také vyskytuje bodové poddolované území Nasavrky - České Lhotice po těžbě rud. Jižně od Nasavrky se nacházejí plošné radiometricky anomální území s nejvyšší radioekologickou zátěží. Do SV okrajové části území zasahuje plošné radiometricky anomální území se střední radioekologickou zátěží (Dvořáková, 2009).

**Obr. č. 9 - Geologická mapa lokality**

Měřítko XY 639931, 1111565



#### 4.2.2 Geomorfologie lokality

Z hlediska geomorfologického členění území České republiky náleží řešené území do systému hercynského:

Provincie	I. Česká vysočina
Subprovincie	I.2. Česko-moravská subprovincie
Oblast	I.2.A. Českomoravská vrchovina
Celek	Železné hory
Podcelek	Sečské vrchoviny
Okresek	Kamenčická vrchovina a Skutečská pahorkatina

Zdroj: Jerie, 2008

Skutečská pahorkatina je rozsáhlá pahorkatina ve směru SZ - JV. Severozápadní část je složena vyvěřelinami nasavrckého masívu, východní část horninami kutnohorského krystalinika a střední část usazeninami staršího paleozoika a proterozoika a ostrůvky křídly. Území má plochý povrch s ostrým zařiznutým údolím Chrudimky. Část území je středně zalesněna převážně smrkovými porosty a na východě borovými porosty s příměsí dubu.

Kameničská vrchovina je členitá vrchovina s povrchem skloněným od JZ k SV, jádro tvoří vyvěřeliny nasavrckého masívu okolo severu obklopena usazeninami staršího paleozoika a na jihu horninami paleozoika až proterozoika, za nimi kutnohorským krystalinikem s ostrůvky křídových usazenin. Okolní terén skládky je zvlněný, nadmořské výšky horního okraje současného skládkového prostoru se pohybuje kolem 520 m. Sklon terénu se snižuje k východu, spodní okraj skládkového prostoru je ve výšce cca 490 m n. m. Skládkové těleso se nachází v mírné depresi, která pozvolně přechází do údolní nivy Libáňského potoka (Jerie, 2008).

#### **4.2.3 Hydrogeologie lokality**

Území svou polohou spadá do hydrogeologického rajónu 653 (Krystalinikum Železných hor). Geologická jednotka horniny krystalinika, proterozoika a paleozoika Popisované území ani jeho nejbližší okolí se nenachází v Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (Jerie, 2008).

Podél toku Chrudimky je vyhlášeno záplavové území. Pro ostatní vodní toky v řešeném území není stanovena hranice inundačního (záplavového) území. Zásoby podzemních vod jsou velmi omezené, jsou vázané na zvětralinový plášť, kvartérní pokryv, zónu při povrchového rozpojení hornin a některé tektonicky porušené zóny. Infiltrační oblastí je celá plocha rajónu a potok je drenážním místem. Výtoky podzemních vod patrně dotují povrchový tok. K odvodnění dochází v úrovni místní erozní báze, kterou zde tvoří údolí Libáňského potoka, a především pod výchozy krystalinických hornin na SZ a SV svazích údolí. V rámci hloubení monitorovacích vrtů řady bylo dokumentováno, že v zájmovém území se nachází hladina podzemní vody poměrně mělko pod úrovní terénu (1 - 2 m), její sklon je souhlasný se sklonem terénu, tj. ve směru k severovýchodu. Kolektorem podzemní vody jsou kvartérní hlinitopísčité a hlinitokamenité sedimenty a pásma při povrchového rozpojení puklin podložních granodioritů. Průtočnost kolektoru je nízká až střední a pohybuje se v řádu 10<sup>-4</sup> m/s. Kvalita podzemní vody byla na zájmovém území zpracována odběry a analýzami vzorků podzemní vody z vrtů NS-1 až NS-3 umístěné jižně v pozadí skládky. Vody jsou převážně typu Ca-HCO<sub>3</sub>-S04, středně tvrdé, slabě kyselé reakce

s mineralizací kolem 300 mg/l. Z aniontů převládají hydrogenuhličitanové ionty z kationtů vápenaté a hořečnaté ionty. Limitní hodnoty ČSN 75 7111 Pitné vody bývají překročeny většinou u koncentrací železa (Dvořáková, 2009).

#### 4.2.4 Hydrologie lokality

Průměrný úhrn srážek je 650 - 786 mm. Nejbližší klimatologická stanice ČHMÚ skládky TKO Nasavrky je meteorologická stanice v Hlinsku.

**Tabulka č. 1 – Úhrn atmosférických srážek za rok 2012**

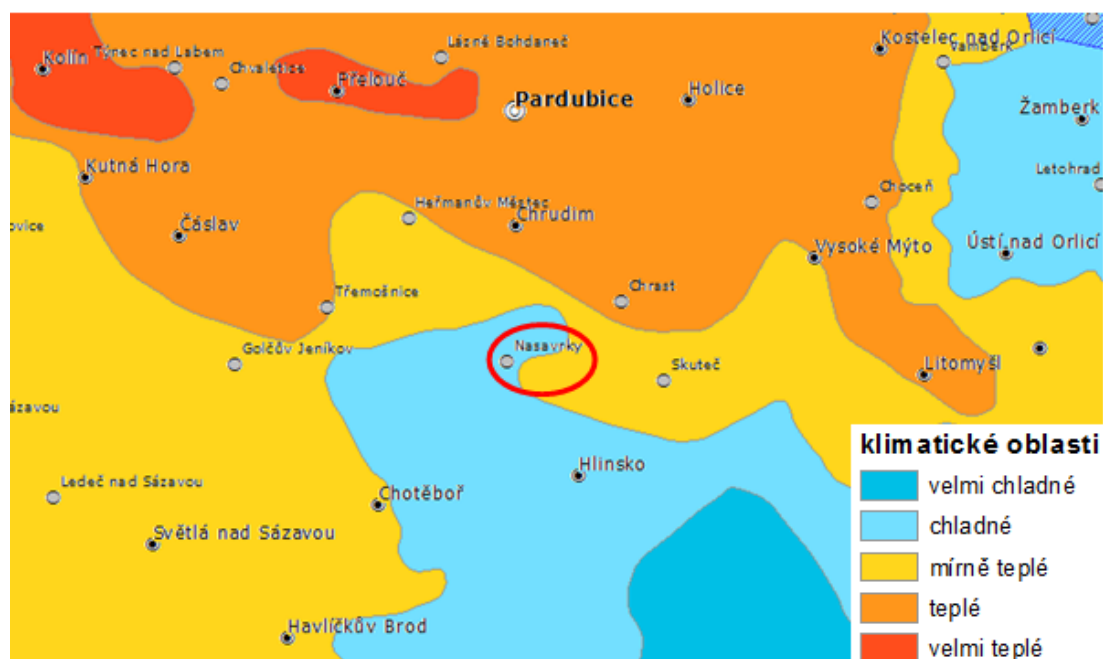
<b>Měsíc</b>	<b>Srážky [ mm]</b>
Leden	54
Únor	45
Březen	46
Duben	56
Květen	75
Červen	82
Červenec	99
Srpen	90
Září	63
Říjen	63
Listopad	56
Prosinec	57
<b>Celkem:</b>	<b>786</b>

Zdroj: ČHMÚ, 2013

#### 4.2.5 Klima lokality

Řešené území se nachází v klimatické oblasti mírně teplé MT 10 (Quitt, 1971). Dlouhé léto je teplé a mírně suché, přechodné období je zde krátké, s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, krátká zima je mírně teplá a velmi suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky. Průměrná teplota vzduchu je 6,3 °C např. průměrná teplota v lednu -3 až -4 °C a v červenci 16 až 17 °C. Nejčastější větry jsou západní a severozápadní (Dvořáková, 2012).

Obrázek č. 10 - Klimatické oblasti



Zdroj: geoportal.cenia.cz, 2013



## **5. Metodika**

První krok pro zpracování diplomové práce bylo shromáždění informací a prostudování odborné literatury, zákonných předpisů, a norem pro zakládání skládek. Většinu uvedených literárních zdrojů bylo možné zapůjčit v Národní knihovně České republiky nebo od vedoucího diplomové práce.

Při zpracování literární rešerše jsem popsala charakteristiku přírodních poměrů, které jsem čerpala z dostupné literatury, map a internetových zdrojů. Dále jsem se zaměřila na těsnicí systém a systém nakládání s průsakovými vodami zejména drenážní systém.

Po zpracování literární rešerše byla provedena návštěva skládky TKO Nasavrky, kde jsem se od pana ředitele dozvěděla mnoho cenných informací o současném stavu skládky a potřebné informace pro výpočet hydrologické bilanční rovnice a Hooghoudtovy rovnice. Během terénního průzkumu jsem provedla potřebnou fotodokumentaci.

Na základě podkladů došlo k zhodnocení současného stavu skládky Nasavrky. Pomocí získaných údajů jsem provedla výpočet bilanční rovnice pro ověření množství odtokové vody z tělesa skládky a Hooghoutovy rovnice pro stanovení úrovně hladiny vnitřních skládkových vod nad těsnícím systémem.

### **5.1 Současný stav skládky TKO Nasavrky**

Součástí řízené skládky je areál zabezpečující její provoz jako např. provozně-sociální budovu, vrátnici s mostovou váhou, oklepový rošt, objekty dílny, sklady, ČS PHM (jiný vlastník a provozovatel) a vodohospodářský systém pro nakládání s průsakovými vodami (Jerie, 2009). Skládka Nasavrky zajišťuje ukládání odpadů pro část Pardubicka, Chrudimska a Železných hor. Svoz zajišťuje AVE CZ odpadové hospodářství s.r.o., která má sídlo také na skládce. AVE Nasavrky a.s. má 8 zaměstnanců. Na svozu odpadu se podílí 10 zaměstnanců. AVE CZ a AVE Nasavrky zajišťují svoz přibližně pro 10 000 obyvatel. V současnosti se zaváží všechny čtyři etapy (Maryšková et al., 2012).

### **5.2 Technologie skládkování**

Ukládání odpadu na skládce v Nasavrkách je stanoveno provozním řádem. Ukládání odpadů přesahujících limitní hodnoty výluhových tříd č. III je na této

skládce zakázané. Nebezpečný odpad nesmí být na skládku ukládán. Pokud pracovník takový odpad nalezne, musí ho uložit do kontejneru s nepropustným dnem a po nashromáždění většího množství musí být zlikvidován na příslušném zařízení. Odpady jsou naváženy na skládku pomocí vozidel přes vstupní bránu. Zde pracovník provede zevrubnou prohlídku obsahu korby a bude také zvážené vozidlo. Po odbavení vozidlo pokračuje po vyznačené trase do prostoru skládky. Je důležité dodržovat zásadu, aby tzv. Živá část skládky (to je místo, kde momentálně probíhá ukládání odpadů), byla co nejmenší (řádově 20x20m) a zbývající plocha skládky byla dostatečně zhutněna, případně pokryta slabou vrstvou inertních materiálů, aby nedocházela k úletům lehkých odpadů do okolí. Hutnění odpadů se provádí alespoň 4 x pomocí kompaktoru (Tuček, 1999).

#### Obr. č. 11 - Navážení odpadu na skládku



Zdroj: Autorka, 2013

#### 5.3 Těsnící systém skládky

Skládka je vystavěna na upraveném podloží se dvěma těsnícími bariérami. Jako první je použita bentonitová rohož  $4,5 \text{ kg/m}^2$   $k = 1 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ . Dále je použité fóliové těsnění z materiálu PEHD.

Charakteristika těsnící fólie PHED

- Objemová hmotnost min.  $0,942 \text{ g/cm}^3$
- tloušťka fólie 2mm

- šířka fólie 5,0 m
- délka nábalu dle potřeby, max. 200,0 m
- pevnost v tahu 30,0 N/mm<sup>2</sup>
- teplotní rozsah – 30 °C až 80 °C
- nasákavost max. 0,1 %

Na fólii pláštového těsnění je položena PE geotextílie. Detail ukotvení geotextílie na koruně obvodových hrází je řešen společně s ukotvením fólie v zemní rýze.

#### Charakteristika netkané geotextílie

- odolnost proti kyselinám, alkáliím a UV záření, pH 2 až 3
- hmotnost 800g/m<sup>2</sup>
- pevnost v tahu 26 kN/m
- odolnost proto bodovému proražení 9200 N
- 

#### 5.4 Drenážní systém skládky

Drenážní a trubní vedení výluhových vod jsou z chemicky rezistentního materiálu schopného přenášet statické zatížení odpadu.

#### Charakteristika drenážního a trubního vedení

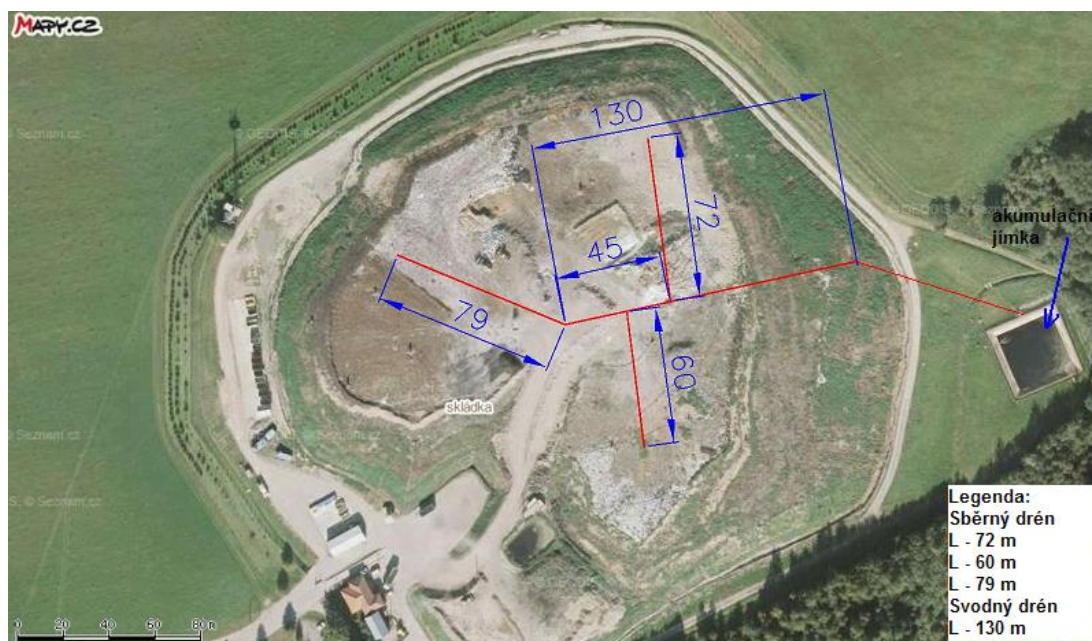
- použitý materiál je PHED (drenážní ze 2/3 perforované)
- objemová hmotnost min. 0,94 g/cm<sup>3</sup>
- střední koeficient tepelné roztažnosti 20 N/mm<sup>2</sup>
- plocha otvorů u drenáží 5 až 10%
- šířka průřezů otvorů perforace drenáže min. 8 mm

Drenážní a ochrannou vrstvu těsnících vrstev a drenážního potrubí je vrstva kačířku (oblý štěrk) frakce 16 – 32 mm s obsahem kalciumkarbonátů max. 10% v tloušťce 30 cm v ploše skládky až 70 cm v prostoru úžlabí kynety, kde tvoří drenážní a ochrannou vrstvu potrubí sběrného drénu. Tato drenážní a ochranná vrstva je kryta separační geotextílií PE s UV odolností o hmotnosti 300 g/m<sup>2</sup> obdobných charakteristik jako geotextílie, která tvoří ochranu fóliového těsnění. Koeficient propustnosti drenážní vrstvy je  $k = 10^{-3}$  m/s. (Tuček, 1999).

Drenážní soustava se skládá z několika propojených drenážních potrubí zaústěných do kontrolních šachet, které jsou společně zaústěny do akumulární jímky průsakových vod. Drenážní potrubí se skládá ze tří sběrných drénů z materiálu

polyethylent, perforované TP 206 mm v délkách 72, 79 a 60m, rozchod drénů je 45 m. Potrubí je pomocí odboček zaústěn do svodného drénu o délce 130 m. Svodný drén odvádí vody do akumulární jímky. Oba typy drény jsou obsypány štěrskem. Pro umožnění propláchnutí je sběrný a svodný drén vyveden za okraj obvodové hráze a opatřený příklopným uzávěrem (odnímatelnou uzávěrkou). Proplachování probíhá 1x za rok pomocí průsakových vod.

**Obr. č. 12 - Situace současné skládky se zakreslením drenážního systému**



Zdroj:mapy, 2013, (upraveno)

Jímka je lokalizována v nejnižším místě zájmového území. Zachycená voda je přečerpána a likvidována zpětným rozlivem na těleso skládky např. v suchém období proti zamezení prašnosti. Toto ošetření skládkového povrchu je zároveň likvidace průsakových vod odparem. Pokud přítok průsakových vod do akumulární jímky je vyšší než absorpční kapacita skládky je odvážena k likvidaci na ČOV. Rozměry akumulární jímky jsou 30 x 30 m, hloubka 2,5 m s objemem 1 734 m<sup>3</sup> a tvořena z melioračních tvárnic a štěrkopískového podsypu s PVC fólií a čerpací jímkou (kanalizační vodotěsná betonová šachta). Dále pod jímkou prochází drenáž pro odvod podzemních vod z podloží skládky do záchytného příkopu.

**Obr. č. 13 - Akumulační jímka skládky Nasavrky**



Zdroj: Autorka, 2013

Na dvou místech je část potrubí vnitřního drenážního systému vyvedena nad terén jako proplachovací hlavice. Využívají se ke kontrole a pročištění drenážního potrubí. Obvodové hrázky etap brání výtoku průsakových vod ze skládky a přítoku povrchových vod z okolí území skládky.

Skládka je chráněna před povrchovým a srážkovým přítokem záchytnými příkopy, které odvádí tyto vody mimo prostor skládky pomocí bezejmenného potoka, který je vyústěn do Libaňského potoka. Těsnící část skládky, kde neprobíhá ukládání odpadů je odvodňován spodním drénem. Toto řešení slouží k eliminaci kontaminace čistých srážkových vod z neprovozních částí skládky.

Splaškové odpadní vody jsou odváděny do odpadní jímky (septiku) s následným odvodem do tělesa skládky nebo odvozem na ČOV.

### **5.5 Výtlačné potrubí**

Potrubí pro rozstřík průsakových vod je vedeno po obvodu skládky za vnějším okrajem komunikace až do okraje zpevněné plochy vrátnice. Celková délka potrubí je 580 m. Potrubí je navrženo IPE 110x10 mm. Potrubí je položeno do výkopu o šířce 100cm na pískovém podsypu tl. 10 cm a je zasypano pískem do výšky 40 cm.

Potrubí je vyspádováno k čerpací jímce, aby se gravitačně odvodňovalo, což je důležité především v zimních měsících. Na potrubí je nainstalováno celkem 6 výtokových hydrantů pro připojení na hadici k postřikovačům (Tuček, 2002).

U etapy I-IV. Jsou vybudovány plynové studny z jedné části se spodním odtahem a z druhé s horním jímání plynu v počtu 23 ks (Jerie, 2009).

## 5.6 Analýza vnitřního drenážního systému skládky

Pro ověření funkčnosti vnitřního drenážního systému s recirkulací drenážní vody z jímky průsakových vod byla použita hydrologická bilanční rovnice a Hooghoudtova rovnice.

### 5.6.1 Hydrologická bilanční rovnice

Při analýze vnitřního drenážního systému bylo počítáno s údaji z roku 2012. Hydrologickou bilanční rovnicí jsem vypočítala každý měsíc roku 2012.

**Tabulka č. 2. - Údaje o skládce TKO Nasavrky**

Měsíc	Srážky [mm]	Výpar [%]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Dodávaný odpad [t]	Skrápění [m <sup>3</sup> ]	Vlhkost v odpadu [%]	Hutnící faktor [m <sup>3</sup> ]	Retence v pórech mezi odpady [%]
1	54	0	46000	4200	0	25	1,2	15%
2	45	0	46000	3900	0	25	1,2	15%
3	46	30	46000	4100	0	25	1,2	15%
4	56	60	46000	4300	5000	25	1,2	15%
5	75	110	46000	4500	15 000	25	1,2	15%
6	82	130	46000	4600	35 000	25	1,2	15%
7	99	150	46000	4700	30 000	25	1,2	15%
8	90	110	46000	4200	20 000	25	1,2	15%
9	63	70	46000	4500	10 000	25	1,2	15%
10	63	40	46000	4700	5 000	25	1,2	15%
11	56	0	46000	4600	0	25	1,2	15%
12	57	0	46000	4300	0	25	1,2	15%

Zdroj: Autorka, 2013

Vypočet odtoku z tělesa skládky jsem vypočetala pomocí Bilanční rovnice (1)

$$R = H - E - Op + Vo + Js$$

**R** – dotace drenážního systému vodou [mm]

**H** – úhrn atmosférických srážek [mm]

**E** – výpar [mm]

**Vo** – gravitační voda v odpadech [mm]

**Op** – voda zadržené v pórech odpadu [mm]

**Js** – skrápění [mm]

### H - úhrn atmosférických srážek [mm]

Z Českého hydrologického ústavu v Praze jsem použila data o úhrnu atmosférických srážek. Nejbližší klimatologická stanice ČHMÚ skládky TKO Nasavrky je meteorologická stanice v Hlinsku.

**Tabulka č. 3. Úhrn atmosférických srážek za rok 2012**

Měsíc	Srážky [mm]
Leden	54
Únor	45
Březen	46
Duben	56
Květen	75
Červen	82
Červenec	99
Srpen	90
Září	63
Říjen	63
Listopad	56
Prosinec	57
<b>Celkem:</b>	<b>786</b>

Zdroj: ČHMÚ, 2013

### E – výpar [mm]

Hodnota odparu je ovlivněna mnoha činiteli (např. recyklem výluhů na povrchu tělesa, průměrnou teplotou ovzduší, průměrným osluněním tělesa, průměrnou rychlostí větru nad povrchem tělesa a kvalitou povrchu tělesa (Straka et al., 2003).

Pro skládku TKO Nasavrky byl stanoven průměrný výpar ze skládek v České republice 700 mm (ČBSK, 2005).

### **P – plocha [m<sup>2</sup>]**

Plocha skládky TKO Nasavrky je 46 000 m<sup>2</sup>. Jedná se o plochu, která je v současnosti zavalovaná odpadem.

### **Mt - množství odpadu dodaného do skládky [ t ]**

Na skládku se za rok 2012 navezlo 52 985 t.

K převedení množství odpadu  $Mt$  [ t ] na  $Mm^3$  [m<sup>3</sup>] se použije hodnota zhutnění G.

### **G - objemová hmotnost (zhutnění) [ t/m<sup>3</sup>]**

Objemová hmotnost je proměnná v závislosti na skladbě odpadu, míře zhutnění, způsobu umístění, stáří skládky a lokální vlhkosti.(Vaníček, 2002).

Odpad je po navedení rozhrnut a zhutněn pomocí kompaktoru Cat 816FII. Pro skládku TKO Nasavrky je hodnota **1,2** [ t/m<sup>3</sup>].

$$\mathbf{G = 1,2 [ t/m^3 ]}$$

Množství odpadu v metrech krychlových odpovídá:

$$\mathbf{Mm^3 = Mt / G (2)}$$

Po dosazení

$$\mathbf{Mm^3 = 4200 / 1,2 = 3 500 [m^3]}$$

Po získání  $Mm^3$  vypočítám mocnost vrstvy zhutněného odpadu **vz**:

$$\mathbf{vz = Mm^3 / P * 1000 [m] (3)}$$

Po dosazení

$$\mathbf{vz = 3 500 / 46 000 = 0,076 [m]}$$

Mocnost vrstvy zhutněného odpadu převedená na mm odpovídá

$$\mathbf{vz = 76 [mm]}$$



### **Vo - gravitační voda v odpadech [mm]**

Každý odpad obsahuje také jiný objem gravitační vody. Pro TKO je hodnota v rozmezí 22% - 26% a maximální výše je do 30% (Straka et al., 2003).

Hodnota objemu vody v odpadech pro skládku je **25%**. S ohledem na přijímání odpadu např. velkoobjemový odpad, kdy po dešti zůstává vysoké procento vody.

Dosazením do vzorce

$$V_o = O_v * 100 * v_z$$

(4)

**Vo** - gravitační vody v odpadech [ mm]

**Ov** - objem vody v odpadech [ %]

**vz**- výška zhutněného odpadu [ mm ]

Po dosazení získám

$$V_o = 25/100*76$$

$$V_o = 19 \text{ [mm]}$$

### **Op - voda zadržaná v pórech odpadu**

Voda zadržaná v pórech odpadu je hodnota, která stanoví objem vody. Jde o objem, který je odpad schopen pojmout, nasát a zadržet.

$$O_p = P_d * 100 * v_z$$

(5)

**Op** - voda zadržaná v pórech odpadu [ mm ]

**Pd**- efektivní drenážní pórovitost [ % objemu]

**vz**- výška zhutněného odpadu [ mm ]

**Pd** - efektivní drenážní pórovitost [ % objemu]

### **Pd - efektivní drenážní pórovitost [ % objemu]**

Efektivní drenážní pórovitost je množství gravitační vody, která se vyskytuje v pórovitém prostředí. Hodnota Pd pro skládku TKO Nasavrky je **15%**.

Potom

$$Op = 15 / 100 * 76$$

$$Op = 11,41 \text{ [mm]}$$

### **Js – skrápění tělesa skládky [mm]**

Skrápění tělesa skládky vodou, která je čerpaná z jímky odpadových vod zpět na těleso skládky. Ročně se na těleso skládky zpět vyčerpá  $V_j = 120\,000 \text{ m}^3$  skrápěním (rozlivem). Objem skrápění pro jednotlivé měsíce je stanoven z pozorování doby chodu čerpadla zaměstnanci.

Hladiny vody použité ke skrápění odpovídá po dosazení do vzorce:

$$Js = V_j / P * 1000 \text{ [mm]} \quad (6)$$

$$Js = V_j / 46000 * 1000 \text{ [mm]}$$

**Celková dotace drenážního systému vodou se získá z bilanční rovnice (1)**

$$R = H - E - Op + Vo + Js$$

**R** – dotace drenážního systému vodou [mm]

**H** – úhrn atmosférických srážek [mm]

**E** – výpar [ mm]

**Vo** – gravitační voda v odpadech [mm]

**Op** – voda zadržené v pórech odpadu [mm]

**Js** – skrápění [mm]

Po dosazení vypočítaných hodnot vyjde

$$R = H - E + 19 - 11,41 + Js \text{ [mm]}$$

Po dosazení hodnot srážek z tabulky č.2 – viz výše a hodnot výparu jsou výsledné hodnoty dotace drenážního systému R (tabulka č. 4 v kapitole výsledky).

### **5.6.2 Hooghoudtova rovnice**

Ke stanovení úrovně hladiny vnitřních skládkových vod nad těsnícím systémem je možné pomocí Hooghoudtovy teorie ustáleného proudění. Hooghoudtova teorie aplikace ekvivalentní, vodorovné nepropustné vrstvy řeší úpravu vodního režimu v

krajíně pomocí podzemních, horizontálně uložených drénů. V podmínkách ustáleného drenážního proudění, v nasyceném pórovitém prostředí, za předpokladu platnosti Darcyho zákona (Mls 1984 ex. Darcy 1856) a Dupuit-Forchheimerovy teorie (Forchheimer 1930 ex. Dupuit 1863), definoval S.B.Hooghoudt ekvivalentní (imaginární) vodorovnou nepropustnou vrstvu, situovanou pod úrovní drénů a nad skutečným reálným málo propustným podložím, s cílem uplatnit horizontální proudění vody k drénům (Štibinger et Kulhavý, 2010).

$$L^2 = (8KDh + 4Kh^2) / q \quad (7)$$

$q$  - drenážní odtok [mm]

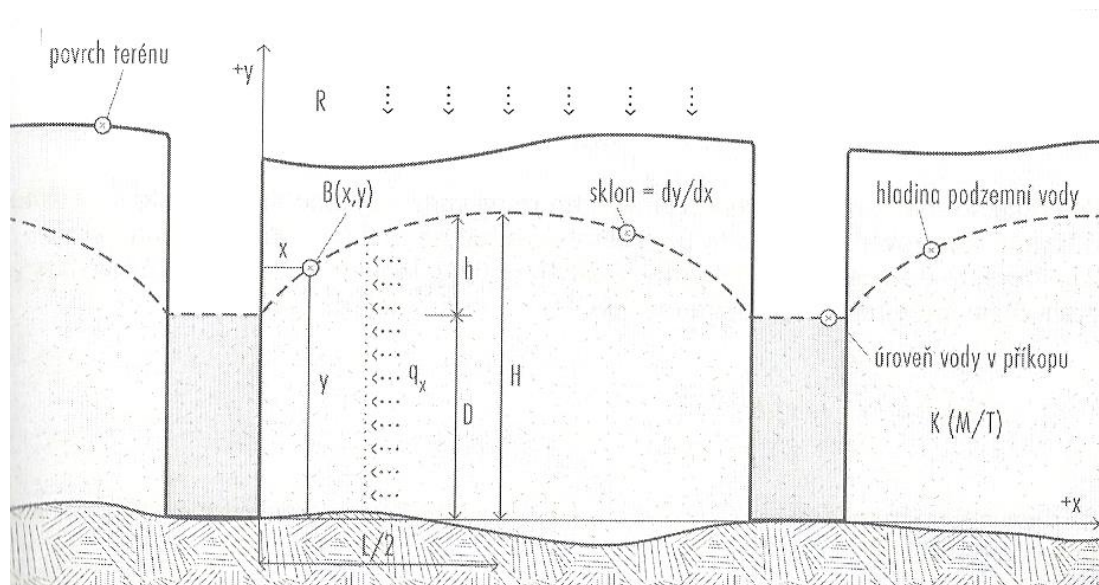
$L$  - rozchod drénů [m]

$K$  - nasycená hydraulická vodivost [m/t]

$h$  - výška zvodněné vrstvy nad těsnícím systémem [m]

$D$  - výška vody v příkopu (od nepropustného podloží) [m]

**Obrázek č. 13** - Schéma proudění nasyceného ustálení podzemní vody k otevřeným drenážním příkopům uloženým na nepropustné vrstvě- Hooghoudtova teorie



Zdroj: Štibinger et Kulhavý, 2010

V případě skládky Nasavrky je drenážní potrubí uloženo přímo na nepropustném podloží, z toho důvodu platí, že

$$D = 0.$$

### **q - drenážní odtok**

Na základě výsledků drs.ingBoels je třeba snížit dotaci drenážního systému na **10%** (Boels, 2000).

Převod drenážního odtoku na m/s ....  $q/86400$  m/ den x 0,1.....

### **L - rozchod drénů [m]**

Rozchod drénů je **45m**. V Hooghoudově rovnici se počítá  $sL^2 = 2025$  m

### **K – nasycená hydraulická vodivost [m/ t]**

Po dosazení hodnot

$$K = 10^{-3} \text{ m/s} = 0,001$$

**Biologické zanášení 1,5**

**Chemické zanášení 2,5**

(Biologické a chemické zanášení bylo stanoveno podle Landfill design, 2009)

Získám

$$K = 0,001 / (1,5 * 2,5)$$

$$K = 0,0002667$$

### **h - výška zvodněné vrstvy nad těsnícím systémem [m]**

h je výsledkem Hooghoudovy rovnice, které udává výšku zvodněné hladiny pro každý měsíc sledovaného roku.

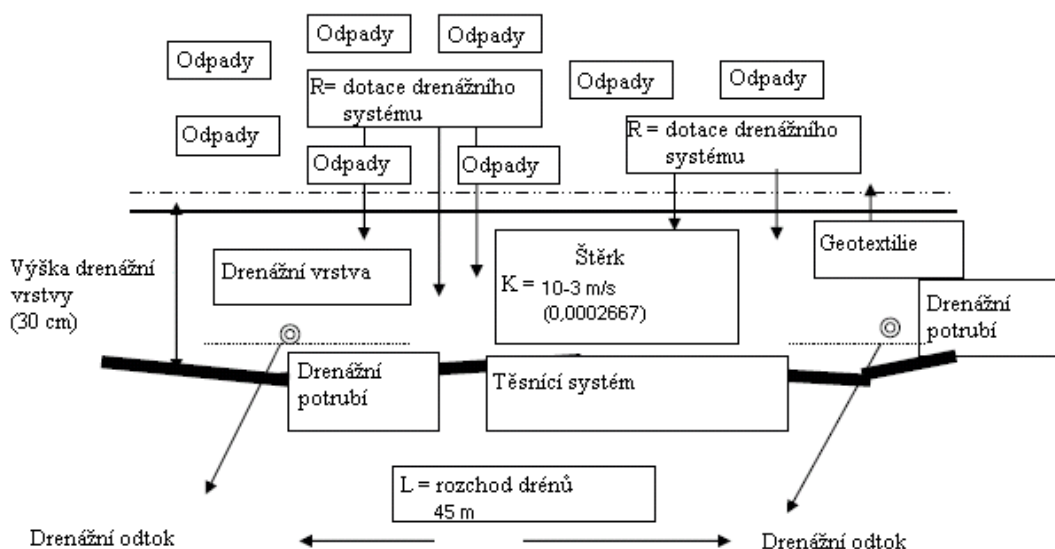
Po dosazení do rovnice (7) získáme tvar

$$L^2 = 4Kh^2 / q$$

(8)

který popisuje proudění podzemní vody nad drény.

Obr. č. 14 – Situace drenážního odtoku skládky TKO Nasavrky



Zdroj: Autorka, 2013

## 6. Výsledky

Pro analýzu vnitřního drenážního systému skládky TKO Nasavrky jsem použila hydrologické bilanční rovnice a Hooghoutovy rovnice. Bilanční rovnice (1) určila množství odtokové vody z tělesa skládky. Hooghoutova rovnice (8) mi pomohla určit, zda drenážní vrstva má dostatečnou mocnost.

### 6.1 Hydrologická bilanční rovnice

Pomocí rovnice  $R = H - E - Op + Vo + Js$  (1) jsem získala celkovou dotaci drenážního systému vodou. Hodnoty úhrnu atmosférických srážek (tabulka úhrn srážek viz tabulka č. 2.), výparu, množství vody zadržené v pórech, množství vody v odpadech a množství vody z jímky průsakových vod (tabulka č. 2).

Po výpočtu bilanční rovnice pro každý měsíc z roku 2012, jsem získala hodnoty dotace drenážního systému vodou R. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4 - Dotace drenážního systému R.

Tabulka č. 4. Dotace drenážního systému *R*

Měsíc	Zhutnění odpadu [mm]	Vlhkost odpadu [mm/rok]	Retence v pórech mezi odpady [mm]	Skrápění [mm]	Dotace drenážního systému [mm]
Leden	76	19	11,41	0	62
Únor	71	18	10,60	0	52
Březen	74	19	11,14	0	23
Duben	78	19	11,68	109	112
Květen	82	20	12,23	326	299
Červen	83	21	12,50	761	721
Červenec	85	21	12,77	652	610
Srpen	76	19	11,41	435	422
Září	82	20	12,23	217	219
Říjen	85	21	12,77	109	140
Listopad	83	21	12,50	0	64
Prosinec	78	19	11,68	0	65
<b>Celkem:</b>	<b>953</b>	<b>238</b>	<b>142,93</b>	<b>2609</b>	<b>2790</b>

Zdroj: Autorka, 2013

## 6.2 Hooghoudtova rovnice

Jestliže hladina zvodněné vrstvy se udrží v drenážní vrstvě, znamená to, že splňuje svou funkci. Ke kontaktu odpadů s hladinou průsakových vod a nadměrnému vyluhování skládkových vod nedochází. Tím také dochází ke snížení tlaku na vnitřní drenážní systém a zmenšuje se riziko poškození drenážního systému.

V tabulce č. 4 uvádím přehled hodnot hladiny drenážní vody. Z výpočtů Hooghoudtovy rovnice je patrné, že drenážní systém skládky TKO Nasavrky splňuje podmínky hydraulické účinnosti spodní části tělesa skládky.

**Tabulka č. 5 Úroveň vnitřních skládkových vod pod drenážní vrstvou (h)**

<b>Měsíc</b>	<b>q [m/s]</b>	<b>L<sup>2</sup> [m]</b>	<b>K [m/t]</b>	<b>h [m]</b>
<b>Leden</b>	0,0000000024	2025	0,0002667	0,06717407
<b>Únor</b>	0,0000000020	2025	0,0002667	0,061752493
<b>Březen</b>	0,0000000009	2025	0,0002667	0,04142323
<b>Duben</b>	0,0000000043	2025	0,0002667	0,0907672
<b>Květen</b>	0,0000000115	2025	0,0002667	0,148043671
<b>Červen</b>	0,0000000278	2025	0,0002667	0,229831412
<b>Červenec</b>	0,0000000235	2025	0,0002667	0,21131709
<b>Srpen</b>	0,0000000163	2025	0,0002667	0,175888781
<b>Září</b>	0,0000000084	2025	0,0002667	0,126517202
<b>Říjen</b>	0,0000000054	2025	0,0002667	0,101337544
<b>Listopad</b>	0,0000000025	2025	0,0002667	0,068643383
<b>Prosinec</b>	0,0000000025	2025	0,0002667	0,068886506

Zdroj: Autorka, 2013

Maximální výška zvodněné vrstvy (hladina vnitřní drenážní vody)  $h$  nad nepropustným podložím by měla být co nejmenší, měla by dosahovat hodnot menších než je mocnost drenážní vrstvy skládky. Mocnost drenážní vrstvy skládky Nasavrky je  $h_r = 0,3$  m.  $H$  označuje rozdíl mezi maximální výškou zvodněné vrstvy ( $h$ ) nad nepropustným podložím a mocností drenážní vrstvy ( $h_r = 0,3$  m). Jedná se tedy o volnou kapacitu drenážní vrstvy (tabulka č. 5).

**Tabulka č. 6. Rozdíl mezi maximální výškou zvodněné vrstvy a mocností drenážní vrstvy**

Měsíc	Hr [m]	h [m]	H= Hr-h [m]
Leden	0,3	0,06717407	0,232826
Únor	0,3	0,061752493	0,238248
Březen	0,3	0,04142323	0,258577
Duben	0,3	0,0907672	0,209233
Květen	0,3	0,148043671	0,151956
Červen	0,3	0,229831412	0,070169
Červenec	0,3	0,21131709	0,088683
Srpen	0,3	0,175888781	0,124111
Září	0,3	0,126517202	0,173483
Říjen	0,3	0,101337544	0,198662
Listopad	0,3	0,068643383	0,231357
Prosinec	0,3	0,068886506	0,231113

Zdroj: Autorka, 2013

## 7. Diskuze

V období, které bylo sledováno, byly průměrné atmosférické srážky. V případech, kdy jsou srážky vysoké a dojde k dosažení kritické hladiny je využito čerpání průsakových vod z akumulační jímky zpět na těleso skládky. Je to způsob, který je efektivní z důvodu časové prodlevy při zadržení srážkových vod tělesem skládky. Pro vytlačení vody zpět na těleso skládky se používá čerpadlo, které je schopné za hodinu čerpáním vrátit 30l/s.

Na tento rok je naplánováno rozšíření skládky o V.etapu. Plocha bude navýšena o 232 166 m<sup>3</sup>. Zvýšení objemu akumulační jímky není v plánu. Problém by mohl nastat v případě, kdy se začne navážet odpad na nové úložiště. Jestliže dojde k situaci, kdy jímka bude mít nedostatečný objem, bude muset skládka využít odvoz vody na Čističku odpadních vod. Jakmile se začne s rekultivacemi předešlých etap, množství vody by měl začít opět klesat.



V České republice je stanoven jako maximální úhrn srážek na skládkách kolem 1 400 mm za rok. V případě zvýšení srážek ve sledovaném území na tuto hodnotu, což znamená, že se množství srážek zvýší o necelých 700 mm, drenážní systém bude funkční. Nejvyšší hodnota zvodněné vrstvy bude dosahovat 24 cm v měsíci červen, kdy by také docházela k nevyššímu skrápění vodou z akumulární jímky tělesa skládky. Naopak nejnižší hodnota zvodněné vrstvy je v měsíci prosinec, kdy by hladina dosahovala necelý 1 cm. V tomto měsíci nedochází také ke skrápění vodou (viz příloha č. 2).

Je samozřejmě velmi náročné přesně určit chování látek a vody v tělese skládky. Vše je ovlivněno složením odpadu, rozložení odpadu na tělese skládky, míře zhutnění, atd.

Přes veškeré spekulace se domnívám, že použití hydrologické bilanční rovnice a Hooghoudtové rovnice jsem došla k vypovídajícím hodnotám. Díky nim jsem mohla určit množství recirkulace vody a úroveň hladiny průsakových vod a další potřebné výstupy pro zhodnocení funkčnosti drenážního systému.

## **8. Závěr**

Tato diplomová práce měla za cíl zhodnotit úlohu vnitřního drenážního systému skládky TKO Nasavrky a popsat její současný stav. Dále měla navrhnout a samozřejmě také ověřit metody pro posouzení funkčnosti drenážního systému. V neposlední řadě určit množství odtokové vody z tělesa a ověřit zdali zvolený systém nakládání s průsakovými vodami je funkční a dostačující svojí kapacitou. To vše s ohledem na životní prostředí. Skládka svojí polohou se nenachází zátopovém území stoletých vod a leží mimo pásma hygienické ochrany.

Hydrologická bilanční rovnice ověřila dostatečnou kapacitu akumulární jímky. V případě, kdy se voda blíží k hranici objemu jímky, dojde ke spuštění čerpadla a voda je zpět čerpána na těleso skládky. Tím dojde k uvolnění kapacity v jímce. Tento rok skládka Nasavrky počítá s rozšířením skládky o V. etapu a současně začne postupně rekultivace složiště od I. etapy. Se zvýšením kapacity dnešní akumulární jímky se neuvažuje.

Pomocí Hooghoudtova rovnice jsem došla, že hladina vnitřních skládkových vod je pod hranicí drenážní vrstvy. To dokládá, že nedochází k vysokým tlakům drenážní systém na těsnící systém. Při hodnotách atmosférických srážek dosahuje hladina vody nad těsnící vrstvou max. 23 cm. Přičemž mocnost drenážní vrstvy je 30 cm.

V České republice se vyprodukuje zhruba 200 kg na osobu komunálního odpadu. Měli bychom dělat vše, co je v našich silách, aby se jeho objem zredukoval.

Dešťová voda, která naprší na skládku, se musí neustále zachytávat a čistit, aby sebou nespláchla nejrůznější látky a jedy do okolí. Proces čištění průsakových vod zabraňuje dalšímu znečištění podzemních, povrchových vod a především životného prostředí.

## 9. Přehled literatury a použitých zdrojů

Altman V., Růžička M., 1996: Technologie a technika skládkového hospodářství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Ostrava.

Bella, G., Trapani, D., Mannina, G., Gaspare, V. G., 2012: Of perchleach at ezone for mativin municipal solid waste landfills. Waste Management. Modeling, vol. 32, pp. 456 – 462.

Bilgili, M. S., Demir, A., Akkaya, E., Ozkaya, B., 2008: COD fractions of leachate from aerobic and anaerobic pilotscale landfill reactors. Journal of Hazardous Materials, vol. 158, pp. 157 – 163.

Bodzek, M., Moysa, E. L., Zamorowska, M., 2005: Removal of organic compounds from municipal landfill leachate in a membrane bioreactor. Desalination. vol. 198, pp. 16 – 33.

ČBSK, 2013: Evaporace a evapotranspirace. Problematika měření evapotranspirace v ČHMÚ. ČBKS, Praha Str. 2 -3.

ČHMÚ, 2013: Územní srážky, ČHMÚ, online:  
[http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_5\\_Uzemni\\_srazky&nc=1&portal\\_lang=cs#PP\\_Uzemni\\_srazky](http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky&nc=1&portal_lang=cs#PP_Uzemni_srazky), 20. 3. 2013.

ČSN 83 8030, 2002: Skládání odpadů – základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek, Český normalizační institut.

ČSN 83 8032, 2002: Skládání odpadů – těsnění skládek. Praha: Český normalizační Institut.

ČSN 83 8033, 1997: Skládání odpadů – nakládání s průsakovými vodami ze skládek. Praha: Český normalizační institut.

ČSN 83 8036, 1998: Skládkování odpadů – monitorování skládek. Český normalizační institut.

ČSN 83 8001, 1994: Názvosloví odpadů. Český normalizační institut.

ČSN 83 80 34, 2000: Skládkování odpadů (Odplynění skládek), Český normalizační institut.

ČSN 72 10 05, 2004: Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařizování hornin - Část 1: Pojmenování a popis, Český normalizační institut.

ČSN 73 61 85, 2005: Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti - Proctorova zkouška, český institut.

Dočkal M., 2008: Odpady a recyklace. ČVU fakulta Stavební, katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Praha.

Dr.Boels, 2000. Subsidies drainage systém. Wageningen, Netherlands, online: <http://www.wageningenur.nl/en/Persons/drs.ing.-D-Dethmer-Boels.htm>, cit. 28. 3. 2013.

Dvořáková I., 2012: Územní plán města Nasavrky, Chrudim, online: [http://www.chrudim-city.cz/public/file/UPR\\_NASAVRKY\\_SEA\\_Nasavrky\\_2009.pdf](http://www.chrudim-city.cz/public/file/UPR_NASAVRKY_SEA_Nasavrky_2009.pdf), cit. 13. 11. 2012.

ENVI, 2012: Provoz skládky komunálního odpadu, online: [http://envi.upce.cz/psko\\_is.pdf](http://envi.upce.cz/psko_is.pdf), 20. 3. 2013.

Filip. J., Božek F., Kotovicová J., 2006: Komunální odpad a skládkování. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.

Geomat, 2005: Drenážní systém, Brno, online: [http://www.geomat.cz/download/495/05\\_Dren%C3%A1%C5%BEEn%C3%AD%20syst%C3%A9my.pdf](http://www.geomat.cz/download/495/05_Dren%C3%A1%C5%BEEn%C3%AD%20syst%C3%A9my.pdf), cit. 10. 3. 2013.

Jerie R., 2008: Skládka Nasavrky rozšíření řízené skládky odpadu. Ave CZ Nasavrky a.s.

Jurnik A., 1994: Ekologické skládky domovního a průmyslového odpadu. Vydavatelství ALDA, Olomouc.

Kreníková, V., 2001: Odpadové hospodářství, Fakulta životního prostředí, Universita J.E.Purkyně v Ústí nad Labem, 94 s.

Křenek V, 2009: Energetické využití a zneškodňování odpadů. Západočeská univerzita, katedra energetických strojů a zařízení. Plzeň.

Křibík J., 2009. Projekty - skládka. EVVO, online:  
<http://www.oostrava.cz/media/Projekty/Ukazka%20EVVO.pdf>

Kubal M., Burkhard J., Březina M., 2002: Dekontaminační technologie. Vysoká škola chemicko – technologická, Fakulta technologie ochrany životního prostředí, Praha, online:[http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/obrazky\\_skladka.htm](http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/obrazky_skladka.htm), cit. 20. 3. 2013

Landfill design, 2009. Use of Strips of Hight – transmissivity, Maryland, online:  
<http://www.tenaxusapps.com/gccrosscomp.pl>, cit. 28. 3. 2013.

Laner D., Fellner J., Brunner P.H., 2009. Flooding of municipal solid waste landfills . An environmental hazard? Science of The Total Environment, vol. 407, pp. 3674 – 3680.

LIBRA, J., 2005: Stavby pro odpadové hospodářství. MENDELU, Brno, 141 s.

Malý J., Šálek J., 2002: Vodní hospodářství skládek domovního odpadu a čištění průsakových vod. Vypracováno s podporou Grantové agentury ČR v rámci gran. Úkolu 103/00/0095, Brno.

Mahmud, K., Hossain, M. D., Shams, S., 2008: Different treatment strategies for highly polluted landfill leachate in developing countries. Waste Management vol. 25, pp 1981 – 1993.

Maryšková R., a kol., 2012: Ptáme se za Vás. Vydává Město Slatiňany, online: <http://www.slatinany.cz/ozveny.php>, cit. 15. 3. 2013.

Nahman, A., 2011: Pricing landfill externalities: Emissions and disamenity costs in Cape Town, South Africa. Waste Management, vol. 31, pp. 2046 – 2056.

Richter M., 2008: Technologie zneškodňování odpadů. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem.

Soukup J., Skočilasová B., 1990: Skládkování tuhých odpadů. Dům techniky ČSVTS, Ústí nad Labem.

Straka F., DoHányos M., Zábranská J., Jeníček P., Dědek J., Malijevský A., Novák J., Oldřich J., Kunčarová M., 2003: Bioplyn. Gas s.r.o., Říčany.

Štibinger J., Kulhavý Z., 2010: Úpravy vodního režimu půd odvodněním. ČZÚ. Praha.

Tuček, 1999: Řízená skládka TKO Nasavrky - projektová dokumentace. Obec Nasavrky.

VANÍČEK I., 2002 : Sanace skládek, starých ekologických zátěží. Vydavatelství ČVUT, Praha.

Vyhláška MŽP, 2005: Vyhláška Ministerstva životního prostředí 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, Praha. Zákon č.185/2001 Sb. o odpadech, v platném znění.

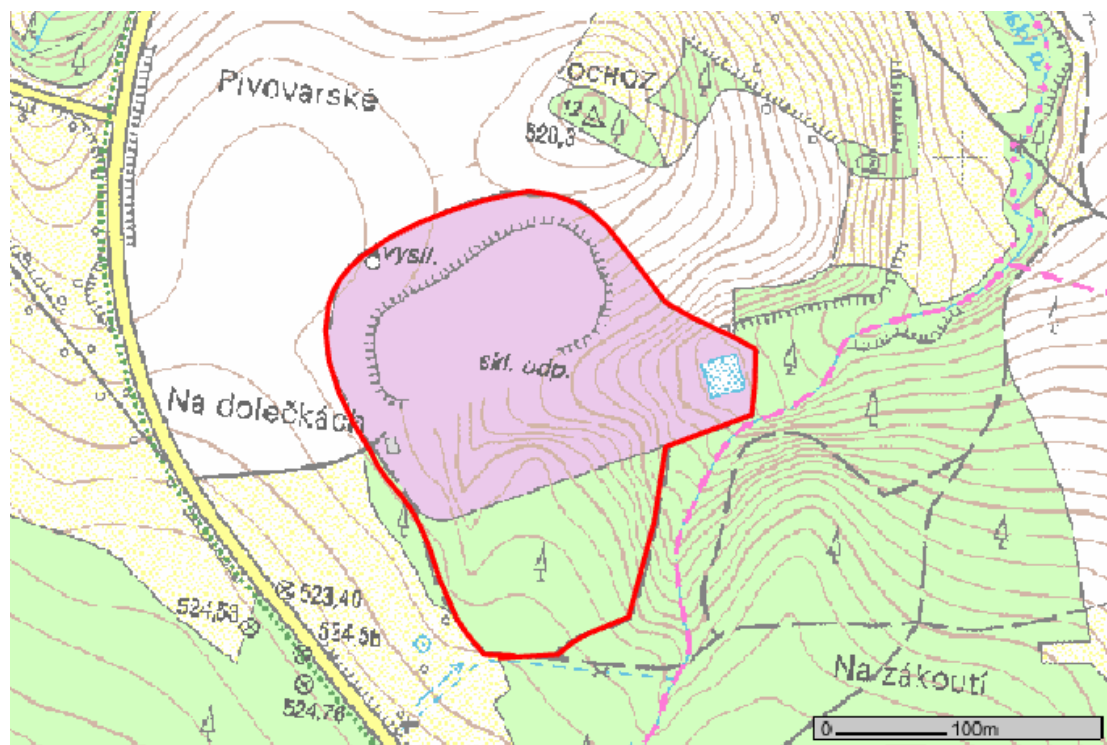
Zpravodaj MŽP, 1998: Požadavky na zabezpečení skládek odpadů podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 338/97, o podrobnostech nakládání s odpady IXVI. Praha.

## **10. Seznam příloh:**

Příloha č. 2 - Zakreslení záměru rozšíření skládky do topografického podkladu

Příloha č. 3 - Zvýšení úhrnu srážek na 1 400 mm za rok

## Příloha č. 1 - Zakreslení záměru rozšíření skládky



Zdroj: Jerie, 2008



**Příloha č. 2. - Zvýšení úhrnu srážek na 1 400 mm za rok**

<b>Měsíc</b>	<b>q [m/s]</b>	<b>L<sup>2</sup> [m]</b>	<b>K [m/t]</b>	<b>h [m]</b>
<b>Leden</b>	0,0000000029	2025	0,0002667	0,074416035
<b>Únor</b>	0,0000000032	2025	0,0002667	0,077999219
<b>Březen</b>	0,0000000023	2025	0,0002667	0,065416822
<b>Duben</b>	0,0000000058	2025	0,0002667	0,104635776
<b>Květen</b>	0,0000000148	2025	0,0002667	0,167757308
<b>Červen</b>	0,0000000307	2025	0,0002667	0,241334622
<b>Červenec</b>	0,0000000270	2025	0,0002667	0,226539073
<b>Srpen</b>	0,0000000205	2025	0,0002667	0,197467728
<b>Září</b>	0,0000000108	2025	0,0002667	0,143088699
<b>Říjen</b>	0,0000000067	2025	0,0002667	0,112633432
<b>Listopad</b>	0,0000000038	2025	0,0002667	0,084432851
<b>Prosinec</b>	0,0000000029	2025	0,0002667	0,074011976

Zdroj: Autorka, 2013