

KLASIFIKACE SANAČNÍCH METOD JAKO ZÁKLAD PRO ČÍSELNÍK METOD V SEKM

RNDr. Zdeněk Suchánek, RNDr. Ivana Kopecká, Ph.D., Ing. Márton Boráros

Konference Sanační technologie XXVII, Kurdějov, 16. května 2025

Úvod

- V projektu Ekonomické aspekty sanace kontaminovaných míst a brownfieldů z pohledu veřejné správy (EkoAS) řešíme v letech 2024 – 2025 mj. dílčí úlohu ***Návrh typologie/katalogizace sanačních metod pro použití typů jako vyhledávacího / filtrovacího parametru a návrh nákladových parametrů pro nástroj - modul pro rozhodování MŽP.***
- V projektu Centrum environmentálního výzkumu – Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH) jsme se v letech 2023 – 2024 v rámci WP Kontaminace horninového prostředí zúčastnili na ***hodnocení sanací kontaminovaných míst a dělení sanačních technologií.***

Úvod

- V současnosti je v projednávání **návrh Směrnice** Evropského parlamentu a Rady o monitorování a odolnosti půdy (COM(2023) 416 final) předložený Evropskou komisí v červenci 2023.
- Mezi opatřeními ke snížení rizik je v návrhu směrnice v příloze V uveden ***orientační seznam opatření ke snížení rizika***, sestávající ze sanačních technik pro sanaci in situ i ex situ a z jiných opatření ke snížení rizika, než jsou sanace.

Úvod

- Poznatky o **uplatňování jednotlivých sanačních technik** co do počtů jejich realizací a změn v jejich uplatňování v čase by měly být **základem pro očekávané reportování** k navrhované směrnici.
- V ČR jsou informace o kontaminovaných místech soustředěny s informačním systémem **SEKM (Systém evidence kontaminovaných míst)**.
- V záznamech k jednotlivým kontaminovaným místům jsou **informace k použitým sanačním metodám anotovány**, ale pro export dat o jednotlivých typech sanačních metod **není k dispozici vhodný nástroj** a **není** ani vytvořen příslušný **číselník**.

Úvod

- Zmínky o sanačních metodách jsou v několika rubrikách. Názvy nejsou jednotné, častá jsou synonyma a kombinace českých a anglických termínů.
- Textovou analýzou bylo v SEKM zaznamenáno na **40 různých názvů sanačních metod (vč. synonym)**.
- V záznamech **1835 kontaminovaných míst** se stanovenými nápravnými opatřeními bylo evidováno celkem **2131 případů použití** sanačních metod/technologií.

Sanační metody vs sanační techniky / technologie

- V českém odborném prostředí se v problematice sanací kontaminovaných míst a sanační geologie dominantně používá termín „**sanační technologie**“ a jen v případech více souvisejících s konstrukčními, stavebními, technickými, měřicími a kontrolními aktivitami také „**sanační techniky**“.
- Návrh směrnice o monitorování a odolnosti půdy však používá pouze termín „**Remediation techniques**“. V současné fázi přípravy směrnice se v pracovní české verzi používá termín „**sanační techniky**“.
- Bez ohledu na budoucí oficiální překlad směrnice je v tomto příspěvku použit širší termín „**sanační metody**“, což v dikci stávající praxe a české terminologie zahrnuje „**sanační technologie a techniky**“.

Sanační metody vs sanační techniky / technologie

- **Seznam sanačních technik** uvedený v příloze V návrhu směrnice obsahoval v původní podobě **19 položek**, v poslední verzi (duben 2025) je to **17 položek**.
- Očekává se, že k těmto technikám a kvantifikaci případů použití za jednotlivé roky v daném členském státě EU se bude vázat jedna z otázek **pravidelného reportingu** o implementaci směrnice i **další reportovací povinnosti (EEA)**.
- Po schválení směrnice bude v ČR následovat její **transpozice do českého právního prostředí**.

Sanační metody vs sanační techniky / technologie

- S výjimkou ustanovení o územně analytických podkladech podle stavebního zákona a navazujících předpisů **není v ČR problematika kontaminovaných míst a jejich evidence legislativně podchycena.**
- **Odborné termíny – názvy sanačních metod** (technik, technologií) použité v českém textu směrnice a v návazných českých právních předpisech **bude třeba zavést také do**
 - **evidenčního systému kontaminovaných míst** a do
 - **metodických dokumentů** pro obory sanační geologie a sanačních metod.

Sanační metody vs sanační techniky / technologie

V návrhu směrnice k dubnu 2025 nebyly ve sledované struktuře nápravných opatření (příloha V) dvě poslední změny následně opraveny – týká se to

- **vypuštění metody elektrokinetické extrakce** (u nás takřka nepoužité) a
- **vypuštění metody “Dig and dump”** – tedy odtěžby / vymístění / skládkování – viz obrázek na následujícím snímku.
- *Není jasné, proč to byly tyto metody z fyzikálních metod (“sanačních technik”) vypuštěny, zvláště když odtěžba je obecně hojně používaná metoda a u nás to je druhá nejčastější sanační metoda (cca 30 %), za první metodou sanačního čerpání (cca 41 %).*
- **Sanační čerpání** (Pump and treat of groundwater) zůstalo zařazeno v chemických metodách, byť **je spíše fyzikální a chemickou metodou**. Taková skupina metod není v návrhu začleněna, takže zařazení do chemických metod se dá kompromisně akceptovat, i když by to mohlo být spíše do fyzikálních metod.

Sanační metody vs sanační techniky / technologie

Druhy sanačních technik podle návrhu směrnice s vyznačením projednávaných změn

PŘÍLOHA V

ORIENTAČNÍ SEZNAM OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ RIZIK

1) Sanační techniky pro sanaci *in situ* nebo *ex situ*:

a) Fyzické sanační techniky:

- a. extrakce par, provzdušňování proudem vzduchu;
- b. tepelné ošetření, vstřikování páry, tepelná desorpce, vitrifikace;
- c. praní a promývání půdy;
- d. [...]
- e. odstranění kapalné vrstvy;
- f. [...]
- d) ~~elektrokinetická~~ extrakce;
- f) ~~vykopání a vysypání~~.

b) Biologické sanační techniky:

- a. stimulace aerobního nebo anaerobního odbourávání: bioremediace, biostimulace, bioaugmentace, bioventilace, biosparging;
- b. fytoextrakce, fytovolatilizace, fytodegradace;
- c. kompostování, půdní úpravy, landfarming a bioreaktorové systémy;
- d. biofiltrace, mokřady pro biologické čištění a tzv. biobeds;
- e. **Monitorovaný** přirozený útlum.

c) Chemické sanační techniky:

- a. chemická oxidace;
- b. chemická redukce a oxidačně-redukční (redoxní) reakce;
- c. čerpání a úprava podzemní vody;

d) Sanační techniky ke snížení přenosu kontaminujících látek [...] (prostřednictvím izolace, zachycení a monitorování):

- a. stahování horní vrstvy, reaktivní bariéry, zapouzďení;
- b. chemická stabilizace, solidifikace a imobilizace;
- c. hydrogeologická izolace a zachycení;
- d. fytostabilizace;
- e. kontrola a následná péče prostřednictvím monitorovacích vrtů.

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

- Návrh české klasifikace vychází ze srovnání s nejvýznamnějšími mezinárodními klasifikacemi sanačních metod a z analýzy druhů a názvů sanačních metod.
- Rešerše hlavních syntetizujících a metodických publikací z ČR a SR zahrnuje posledních 20 let.
- Ze zahraničních pramenů zohledněny klasifikace ve významných informačních zdrojích poskytujících podporu odborné práce v sanační geologii a sanační technologii i požadavky na otevřená data a komunikaci s veřejností.

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

Jsou to zejména portály a webové stránky z

- USA (FRTR – Federální kulatý stůl o sanačních technologiích - <https://www.frtr.gov/matrix/default.cfm>),
- Kanady (<https://www.tbs-sct.gc.ca/fcsi-rscf/home-accueil-eng.aspx>),
- Nizozemska (<https://www.bodemrichtlijn.nl/>) a
- Itálie (<https://www.isprambiente.gov.it/en/activities/soil-and-territory/contaminated-sites/contaminated-sites-of-national-interest-sin>).

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

Názvy metod z návrhu směrnice, z praxe v ČR a z Atlasu sanačních technologií.

Srovnání názvů metod návrhu klasifikace a dalších názvů metod z různých zdrojů

Návrh zahrnující soubor opatření - sanačních technik - podle návrhu směrnice EU - SMLD Příloha V			Další termíny používané v praxi v ČR			Atlas sanačních metod, SR
Fyzikální sanační technologie	a) extrakce par, provzdušňování proudem vzduchu;		air sparging	venting, air stripping	probouzení, profukování, vtažení vzduchu	Vakuum extrakce (venting) a aerace (airsparging)
	b) tepelné ošetření, vtačování páry, tepelná desorpce, vitrifikace;		termická metody, propařování, vtačování páry			Vitifikace Termická podporovaná opožďování – metoda tepelné extrakce par Otevřené spalování a destrukce Spalování Termická desorpce Plazmový ožluk Pyrolyza
	c) praní a promývání půdy;		promývání a praní zemín			Praní a absorpce
	d) elektrokinetická extrakce;		elektromediacce			Elektrokinetická sanace
	e) odstranění kapalné vrstvy;		odčerpání / čerpání (kapalná fáze), sčerpání voné fáze, odstranění voné fáze z nasytí pocemních vod, sčerpání voné fáze			
Biologické sanační technologie	a) stimulace aerobního nebo anerobního odbourávání;	bioremediace, biostimulace, bioaugmentace, bioventilace, bioparging;		bioremediace, biostimulace aerobního nebo anerobního odbourávání, biologická redukční dechlorace bioaugmentace, biodegradace v kombinaci s kompostováním bioventing, bioparging;		Podporovaná biosanace Biosolilizace a Biomolizace
	b) fytoextrakce, fytovolatilizace, fytodegradace;					Vakuum bioextrakce (bioventing) Kometaolická vakuum bioextrakce (kometaolický bioventing) Bioparging
	c) kompostování, půdní úpravy, landfarming a bioreaktorové systémy;			spolukompostování landfarming / zacinování, bioreaktorové systémy		Pyrosanace Kompostování Ooobávání / zacinování Bioreaktory Sínáplný bioltr Biopraní
	d) biofiltrace, mokřady pro biologické čištění a tzv. biobeds;			biofiltrace mokřady pro biologické čištění a tzv. biobeds		Umělé mokřady (konstruované mokřady)
	e) monitorovaná přirozená atenuace.		monitorovaná přirozená atenuace		přirozená degradace / samodělení	Přirozená atenuace
	a) chemická oxidace;		in-situ chemická oxidace, ISCO			Chemická oxidace
	b) chemická redukce a oxidačně-redukční (redoxní) reakce;		in-situ chemická redukce, ISCR, (i)S redukční dechlorace			Chemická redukce
Fyzikální nebo chemické technologie	čerpání a úprava podzemní vody.		sanační čerpání	sanační čerpání, hydraulická sanace pozemních vod, hydraulická sanace, hydraulická bariéra, dekontaminace pozemních vod, ochranné sanační čerpání, stripping, stripování		Sanační čerpání a čišění pozemních vod stripping ve vřtu Dynamický podzemní stripping
Izolační a sorpční metody (fyzikální a chemické)	a) překrytí povrchu nepropustnou vrstvou, reaktivní bariéry, zapouzdření;		zakrytí / překrytí povrchu nepropustnou vrstvou, reaktivní (aktivní a pasivní) bariéry, enkapsulace		inkapsulace (zafocování);	Zakrytí, překrytí, inkapsulace Pozemní slánici slány Uzavření slánicemi slánami a inkapsulace
	b) chemická stabilizace, solidifikace a imobilizace;		Chemická fixace	pasivní bariéry - vytvoření izolačních pozemních stěn		Solidifikace a stabilizace Vitifikace
Sanační opatření ke snížení přenosu kontaminantů (prostřednictvím izolace, zachycení a monitorování)	c) hydrogeologická izolace a zachycení;	hydrogeologické bariéry (aktivní, kombinované)	kontaminant, exkontaminant			
	d) fytostabilizace;					Pyrosanace
Odtěžení a skládkování	Odtěžení a skládkování		odléta, odtěžení, odstranění zeminy, vymístění, demolice, skládkování	Odtěžení anebo demolice s následným zpracováním, uvozením (skládáním či očkáváním) jak znečištěný, tak i kontaminovaný materiál (zemín, konstrukčních prvků, odpadů ap.)		
Opatření pro kontrolu a sledování	Kontrola a následná péče prostřednictvím monitorovacích vrtů.		monitorování, monitoring, sledování, řešení měření			

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

Návrh klasifikace sanačních metod (technologií, technik a opatření ke snížení přenosu kontaminantů a pro kontrolu a sledování) **s přiřazením konkrétních metod do skupin podle základní povahy metody.** Návrh zahrnuje soupis opatření podle návrhu směrnice EU – SMLD Příloha V.

<i>Základní povaha metody</i>	<i>Konkrétní sanační metoda (technologie, technika)</i>
Fyzikální sanační technologie	extrakce par, provzdušňování proudem vzduchu (venting)
	tepelné ošetření, vtlačování páry, tepelná desorpce, vitrifikace
	praní a promývání půdy
	elektrokinetická extrakce (elektroremediace)
	odstranění kapalných vrstev
Biologické sanační technologie	stimulace aerobního nebo anaerobního odbourávání: bioremediace, biostimulace, bioaugmentace, bioventilace, biosparging
	fytoextrakce, fytovolatilizace, fytodegradace
	kompostování, půdní úpravy, landfarming a bioreaktorové systémy
	biofiltrace, mokřady pro biologické čištění a tzv. biobeds
	monitorovaná přirozená atenuace
Chemické sanační technologie	chemická oxidace
	chemická redukce a oxidačně-redukční (redoxní) reakce
Fyzikální nebo chemické technologie	čerpání a úprava podzemní vody (sanační čerpání)
Izolační a sorpční metody (fyzikální a chemické)	překrytí povrchu nepropustnou vrstvou, reaktivní bariéry, zapouzdření
	chemická stabilizace, solidifikace a imobilizace
	hydrogeologická izolace a zachycení (hydrogeologické bariéry - aktivní, kombinované)
	fyto-stabilizace
Odtěžení a skládkování	odtěžení a skládkování
Opatření pro kontrolu a sledování	kontrola a následná péče prostřednictvím monitorovacích vrtů (monitorování)
Jiné sanační metody	jiné sanační metody

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

V klasifikaci a číselníku zahrnujícími hlavní sanační metody (techniky) z návrhu směrnice uplatňujeme 5 základních kritérií:

- členění podle **základní povahy metody** (fyzikální, biologické, chemické, fyzikální a chemické, izolační/sorpční metody a postupy odtěžení/skládkování a dále soubor opatření pro kontrolu a sledování, tj. monitoring);
- členění podle **složek ovlivněného životního prostředí** (horninové prostředí a pevné materiály; podzemní a povrchové vody; půdní vzduch / plyny);

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

- členění podle **lokalizace sanačního zásahu** (in situ, in situ i ex situ, ex situ);
- členění podle **stavu vývoje a použití sanační metody** (metoda realizovaná – běžná i inovativní; pilotně ověřená metoda a laboratorně ověřená metoda);
- členění podle způsobu, resp. posloupnosti použití – **samostatně**, nebo **integrovaně** (souběžně či následně).

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

Klasifikace sanačních metod se sémantickými kódy

kritérium I		kritérium II		kritérium III		kritérium IV	kritérium V
základní povaha metody A B C D E F G		environmentální médiu/ složka životního prostředí a b c		lokalizace sanačního zásehu 1 2 3		stav vývoje a použití X realizovaná metoda (běžná i inovativní) Y pilotně ověřená metoda Z laboratorně ověřená metoda	způsob / posloupnost použití x samostatně y integrovaně souběžně z integrovaně následně
A B C D E F G	Fyzikální metody Biologické metody Chemické metody Fyzikální a chemické metody	a	hominové prostředí a pevné materiály	1	in situ	X Y Z	x y z
				2	in situ i ex situ	X Y Z	x y z
						X Y Z	x y z
						X Y Z	x y z
	Izolační a sorpční metody Odtěžení a skládkování Opatření pro kontrolu a sledování	b	podzemní a povrchové vody	3	ex situ	X Y Z	x y z
				1	in situ	X Y Z	x y z
				1	in situ	X Y Z	x y z

Přehled návrhu indexace

kritérium I až V	povaha metody	složka ŽP	lokalizace	stav použití	posloupnost
počet prvků	7	3	3	3	3
sémantický kód	A / B / C / D / E / F / G	a / b / c	1 / 2 / 3	X / Z / Y	x / y / z
číselný kód	1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7	1 / 2 / 3	1 / 2 / 3	1 / 2 / 3	1 / 2 / 3

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

Klasifikace sanačních metod (technologií, technik a opatření ke snížení přenosu kontaminantů a pro kontrolu a sledování) jako podklad pro číselník vč. příkladů zatrhávání metod

Příklady viz tabulka 6	Použitá sanační metoda, písmenné kódové označení	Použitá sanační metoda (technologie, technika)	Základní povaha metody	Médium /složka životního prostředí			Lokalizace sanačního zásahu					Stav vývoje a použití			Způsob / posloupnost použití		
				horminové prostředí a pevné materiály	podzemní a povrchové vody	půdní vzduch a plyny	in situ	ex situ	In situ i (částečně i ex situ)	In situ i ex situ	ex situ (částečně i in situ)	realizovaná metoda (běžná i inovativní)	pilotně ověřená metoda	laboratorně ověřená metoda	samosátně	integrovane souběžně	integrovane následně
	(a)	extrakce par, provzdušňování proudem vzduchu (venting)	Fyzikální sanační technologie														
	(b)	tepelné ošetření, vtlakování páry, tepelná desorpce, vitrifikace															
✓	(c)	praní a promývání půdy			✓												
	(d)	elektrokinetická extrakce (elektroremediace)															
	(e)	odstranění kapalně vrstvy															
	(f)	stimulace aerobního nebo anaerobního odbourávání: bioremediace, biostimulace, bioaugmentace, bioventilace, biosparging	Biologické sanační technologie														
	(g)	fytoextrakce, fytovolatilizace, fytodegradace															
✓	(h)	kompostování, půdní úpravy, landfarming a bioreaktorové systémy						✓									
	(ch)	biofiltrace, mokřady pro biologické čištění a tzv. biobeds															
	(i)	monitorovaná přirozená atenuace															
✓	(j)	chemická oxidace	Chemické sanační technologie	✓			✓					✓					
✓	(k)	chemická redukce a oxidačně-redukční (redoxní) reakce		✓			✓					✓			✓		
✓	(l)	čerpání a úprava podzemní vody (sanační čerpání)	Fyzikální nebo chemické technologie		✓		✓					✓			✓		
	(m)	překrytí povrchu nepropustnou vrstvou, reaktivní bariéry, zapouzdření	Izolační a sorpční metody (fyzikální a chemické)														
	(n)	chemická stabilizace, solidifikace a imobilizace															
	(o)	hydrogeologická izolace a zachycení (hydrogeologické bariéry - aktivní, kombinované)															
	(p)	fytozastabilizace															
✓	(q)	odtěžení a skládkování	Odtěžení a skládkování	✓						✓		✓			✓		
	(r)	kontrola a následná péče prostřednictvím monitorovacích vrtů (monitorování)	Opatření pro kontrolu a sledování														
	(s)	jiné sanační metody	Jiné sanační metody														

Pracovní návrh klasifikace sanačních metod

Příklady indexace některých sanačních metod

metoda	(c) praní a promývání	(h) kompostování	(j) chemická oxidace (ISCO)	(k) chemická redukce	(l) sanační čerpání	(q) odtěžení a skládkování
sémantický kód	Aa1Xx	Ba3Yx	Ca1Xz	Ca1Xx	Db1Xx	Fa2Xx
číselný kód	11111	21321	31113	31111	42111	61211
slovní charakteristika	běžná fyzikální metoda in situ pro horninové prostředí a pevné materiály použita samostatně	pilotně ověřená biologická metoda in situ i ex situ pro horninové prostředí a pevné materiály použita samostatně	běžná chemická metoda in situ pro horninové prostředí a pevné materiály použita integrovaně následně	běžná chemická metoda in situ pro horninové prostředí a pevné materiály použita samostatně	běžná fyzikální a chemická metoda in situ pro podzemní a povrchové vody použita samostatně	běžná metoda odtěžení a skládkování in situ a ex situ pro horninové prostředí a pevné materiály použita samostatně

Souhrn a závěry

- V projektu (EkoAS) jsme dokončili **rešerše vytipovaných informačních zdrojů vč. specializovaných webových portálů a dokumentů.**
- Byly identifikovány a shromážděny **nejvýznamnější příklady klasifikace sanačních metod.** Tyto podklady slouží pro jejich srovnání a formulování české klasifikace vyústující do návrhu číselníku.
- Byla vytvořena **pracovní verze klasifikace sanačních metod** kompatibilní s návrhem směrnice EU.
- Zpracované varianty klasifikací předložíme k hodnocení **v dotazníkovém šetření.**
- Výsledek bude projednán **v odborném panelu** složeném z přizvaných předních českých specialistů a výzkumníků v oboru sanačních technologií a sanační geologie.
- Připravujeme **návrhy definic** sanačních metod a **rejstřík/glosář metod.**
- Pro použití v číselnících databází jsme připravili jak slovní podobu termínů, tak indexovou podobu (číselnou i sémantickou).

Souhrn a závěry

- Zpracovaný návrh podrobné indexace navrhované klasifikace sanačních metod by měl umožnit, po naprogramování v upgrade stávajícího verze SEKM nebo v případné nové databázi, **různá nastavení výběrových nástrojů pro libovolné sestavy dat pro účely reportingu** o používání sanačních metod v ČR.
- Definitivní podoba návrhu klasifikace sanačních metod jako vklad do připomínkování v odborném panelu (jeden z výstupů projektu EkoAS) bude dotvořena po konsolidaci návrhu směrnice o monitorování a odolnosti půd, což se očekává ještě v roce 2025.
- Autoři uvítají jakékoli připomínky k předloženému pracovnímu návrhu.



EVROPSKÁ UNIE
Fond soudržnosti
OP Životní prostředí



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY



Ministerstvo životního prostředí

Projekt Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM 2) realizovaný v letech 2018 – 2021 je nyní v pětiletém období udržitelnosti výsledků realizace projektu (2022 – 2026). Projekt byl spolufinancován z fondů Evropské unie – z Fondu soudržnosti v rámci Operačního programu Životní prostředí 2014 - 2020 (oblast podpory 4.2. - Odstraňování starých ekologických zátěží)

Prezentace obsahuje výsledky řešení dílčích úkolů projektů CEVOOH (SS02030008) a EkoAS (SS07010039) financovaných se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí ČR v rámci Programu Prostředí pro život



Program **Prostředí pro život**



Děkuji za pozornost

RNDr. Zdeněk Suchánek

zdenek.suchanek@cenia.gov.cz

+420 604206757

*Česká informační agentura životního prostředí
Moskevská 1523/63, 101 00 Praha 10*

Česká republika

www.cenia.gov.cz