



T A
Č R

Ministerstvo životního prostředí

Modelování nákladů sanací kontaminovaných míst: zkušenosti z projektů OPŽP

Michal Vaněk, Jaroslav Dvořáček, Jana Kodymová,
Radmila Sousedíková, Jan Nečas

Obsah prezentace

- Úvod – krátké představení
- Teoretická východiska a metodika
- Datová základna
- Průměrné náklady na jednotku univerzálních procesů
- Regresní a korelační analýza
- Modelování nákladů
- Závěr

Krátké představení

- VŠB – TU Ostrava, Hornicko – geologická fakulta
- Katedra ekonomiky a systémů řízení
 - Ekonomika surovin
 - Systémové přístupy k řízení
 - Nový bakalářský studijní program Ekonomika a technologie
- Zájmové oblasti:
 - Ekonomika surovin
 - Ekonomické a finanční analýzy
 - Udržitelnost těžby
 - Komoditní trhy



Ekonomické aspekty sanace kontaminovaných míst a brownfieldů z pohledu veřejné správy (EkoAS)

- **Cíl projektu**

- Vytvoření inovativních nástrojů, návrhů postupů a aktualizací metodických postupů v oblasti kontaminovaných míst.
- Nabídkou možných postupů podpořit veřejnou správu v oblasti odstraňování kontaminace brownfieldů a starých ekologických zátěží, a to prostřednictvím výzkumu založeného na ekonomické a databázové analýze.

- **Řešitelský tým**

- Česká informační agentura životního prostředí
- **Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta**
- AQD-envitest, s.r.o.

Pracovní oblasti projektu

- Ekonomická analýza oceňování veřejných statků a nákladů na sanace a nástroj pro rozhodování o nákladech
- Podklady pro vyhledávání a publikování parametrů sanací kontaminovaných míst a rozhodování o nákladech
- Předběžný průzkum/audit neprozkoumaných lokalit prováděných na základě nových srovnávacích kritérií a aktualizace metodického pokynu
- Státní politika a koncepce redukce kontaminační zátěže a prezentace novinek v metodických pokynech MŽP

Dílčí úkol 1.3 Modul stanovení nákladů podle jednotkových cen a modelů projektových nákladů sanací jako samostatný nástroj pro podporu rozhodování

- **Analýza nákladů provedených dekontaminačních technologií na vybraných území**
- **Design modulu stanovení nákladů**

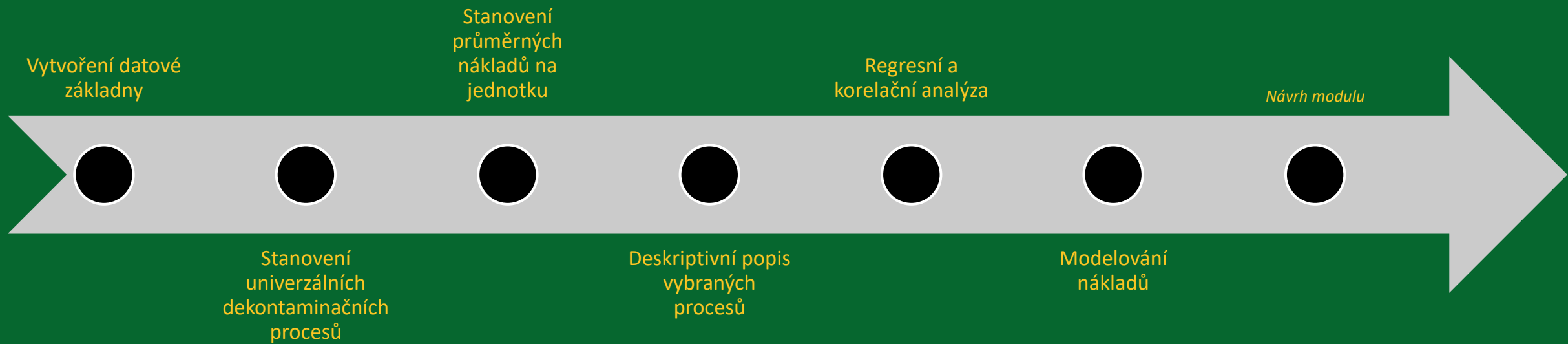


Kontaminovaná místa

Východiska

- **V databázi SEKM cca 10 000 záznamů**
 - Uvedené údaje o zájmovém území, geologii, hydrologii, rizicích a sanacích
 - Chybí systematický přehled nákladů na sanace
 - Složitost rozhodování ve veřejné správě
- **Projekt EkoAS**
 - Dílčí úkol 1.3 „Modul stanovení nákladů podle jednotkových cen a modelů projektových nákladů sanací jako samostatný nástroj pro podporu rozhodování MŽP“
- **Cílem příspěvku je představit první výsledky dílčího úkolu 1.3 projektu EkoAS a nabídnout k diskuzi cestu vedoucí k efektivnímu řešení ekonomických aspektů sanace kontaminovaných míst.**

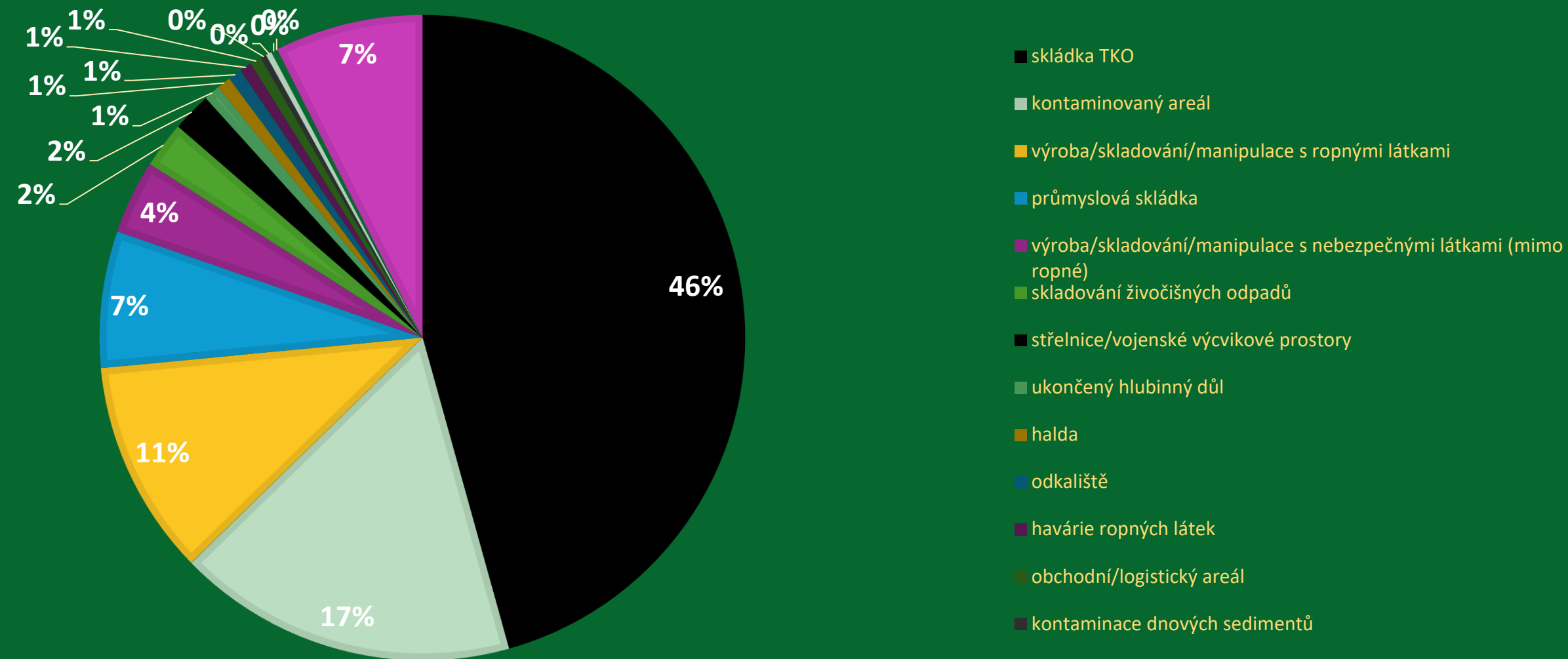
Metodika



Datová základna

- Vyhledání projektů ve výzvách OPŽP – Spárování se záznamy SEKM – Výběr projektů pro stanovení typových lokalit
- Výběrová kritéria:
 - Typy lokalit
 - Původce znečištění
 - Typ dekontaminační technologie
 - Rok provedení dekontaminační technologie

Zastoupení typů lokalit v SEKM



Hlavní typy = 85 % záznamů SEKM

- Skládka TKO
- Kontaminovaný areál
- Výroba/skládování/manipulace s ropnými látkami
- Průmyslová skládka
- Výroba/skládování/manipulace s nebezpečnými látkami (mimo ropné)

Agilní přístup tvorby datové základny

- | | | |
|-----------------|-------------|--------------------|
| • Sada 1 (OPŽP) | 22 projektů | zpracováno |
| • Sada 2 (OPŽP) | 44 projektů | rozpracováno |
| • Sada 3 (MFČR) | 39 projektů | čeká na zpracování |

Stanovení univerzálních dekontaminačních procesů

- Různé lokality
- Různorodost technologií a procesů
- Různorodost struktury rozpočtů
- Předpoklad existence rozhodujících „univerzálních“ procesů

Univerzální procesy

- Demolice
- Odvoz odpadů a zemin
- Analýzy vod a zemin
- Vrtné práce
- Zásyp

Průměrné náklady na jednotku

$$n_j = \frac{CN}{jv}$$

kde:

n_j – průměrné náklady na jednotku [Kč/t], [Kč/m³], [Kč/m]

CN – celkové náklady [Kč]

jv – jednotky výkonu [t], [m³], [m]

Deskriptivní popis

- aritmetický průměr, který je ovšem ovlivněn výskytem extrémních hodnot,
- medián jako hodnota ležící uprostřed uspořádané posloupnosti dat, která není ovlivněna extrémně velkými nebo malými hodnotami,
- variační rozpětí, které vyjadřuje míru variability statistického souboru a je stanoveno jako rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou kvantitativního znaku.

Průměrné náklady na jednotku

Proces	Medián	Aritmetický průměr	Variační rozpětí
Demolice (Kč/t)	1938	2491	383 – 8 794
Odvoz odpadů a zemin (Kč/t)	1321	2295	163 – 9 612
Analýza vod a zemin (Kč/1)	1104	1127	429 – 2 627
Vrtné práce (Kč/1 m)	2267	3463	970 – 11 097
Zásyp (Kč/m ³)	175	260	70 – 783

Regresní a korelační analýza

- Existují ukazatelé mající silný vliv na celkovou výši nákladů?
- Regresní analýzou se snažíme popsat vztah (závislost) mezi dvěma statistickými proměnnými pomocí matematické funkce – tzv. regresní funkce.
- Korelační analýza se zabývá se vzájemnými závislostmi, klade se důraz na intenzitu neboli těsnost vzájemného vztahu.

Aplikované typy regresních funkcí

- mocninná regrese: $y = b_0 b_1^x$
- logaritmická regrese: $y = a_1 \ln x + a_0$
- exponenciální regrese: $y = b_0 e^{b_1 x}$

Index determinace

$$I_{yx}^2 = \frac{s_{\hat{y}}^2}{s_y^2}$$

kde:

$$s_{\hat{y}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n} \text{ je rozptyl vyrovnaných hodnot}$$

$$s_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n} \text{ je rozptyl empirických hodnot}$$

y_i jsou empirické hodnoty závisle proměnné y

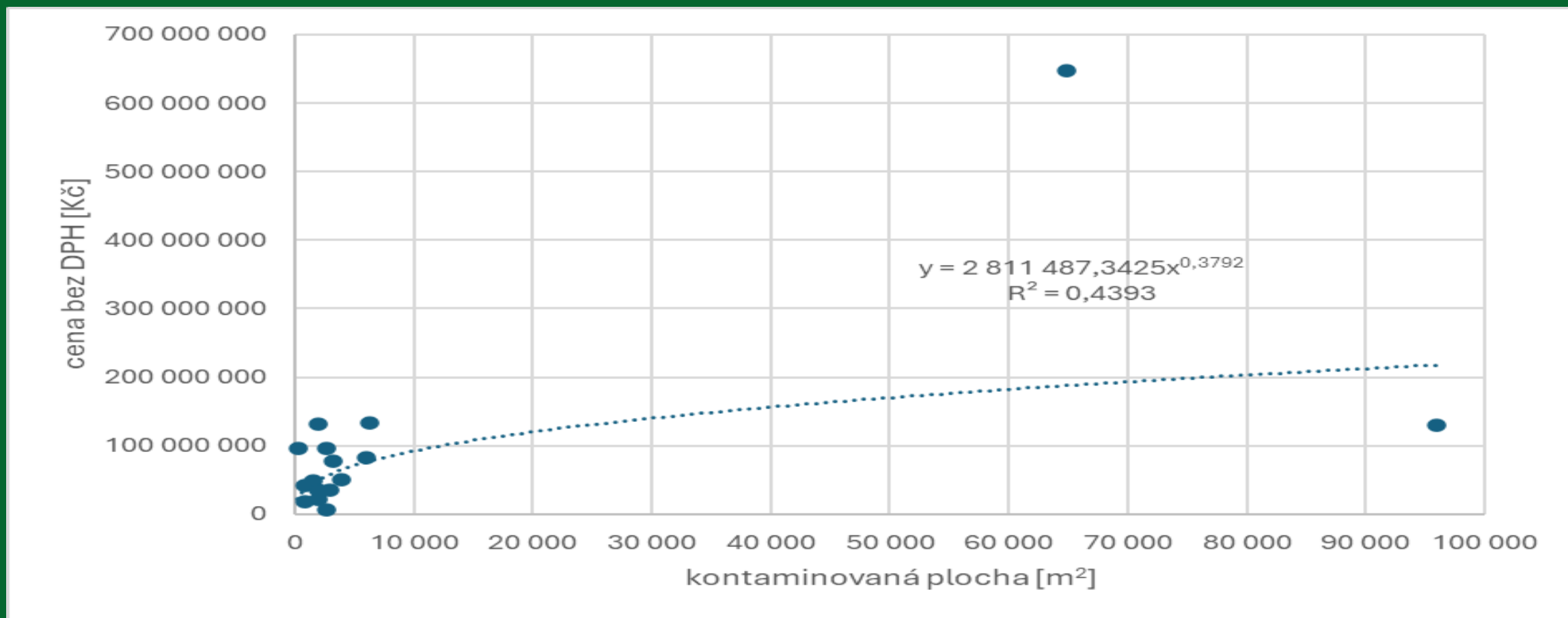
$\hat{y}_i$ jsou vyrovnané hodnoty závisle proměnné y

$\bar{y}$ je průměr empirických hodnot y_i .

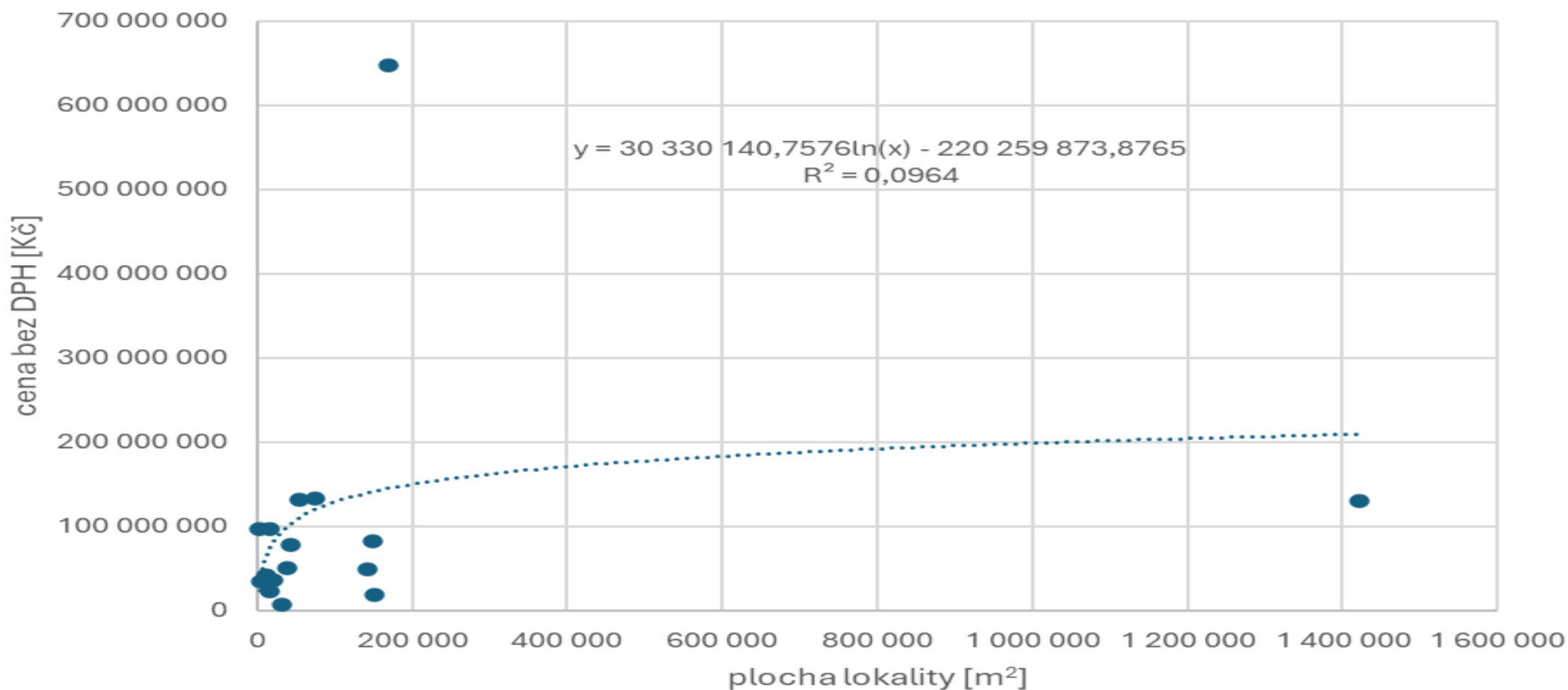
Vybrané ukazatele – nezávislé proměnné

- Zasažena (kontaminovaná) plocha
- Plocha areálu
- Množství odpadů v tunách
- Množství nebezpečných odpadů v tunách

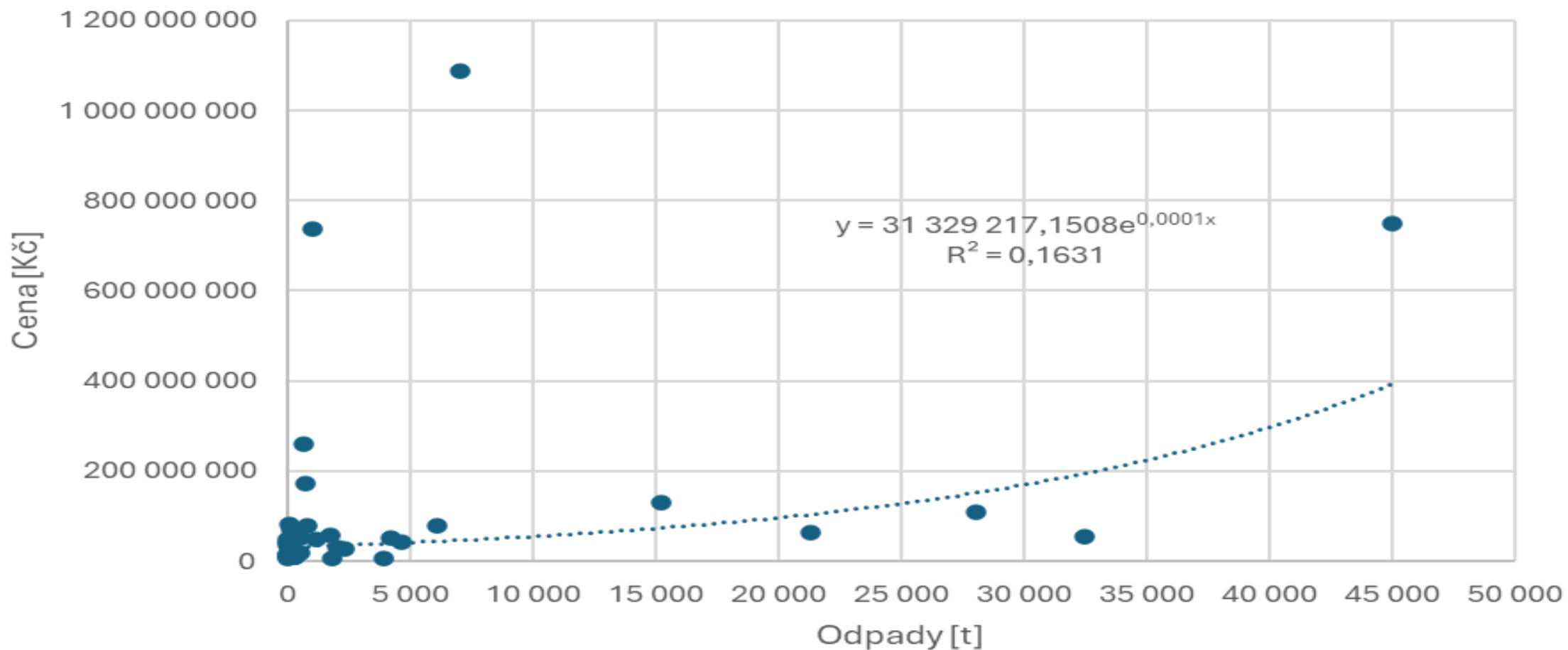
Závislost ceny dekontaminace na kontaminované ploše



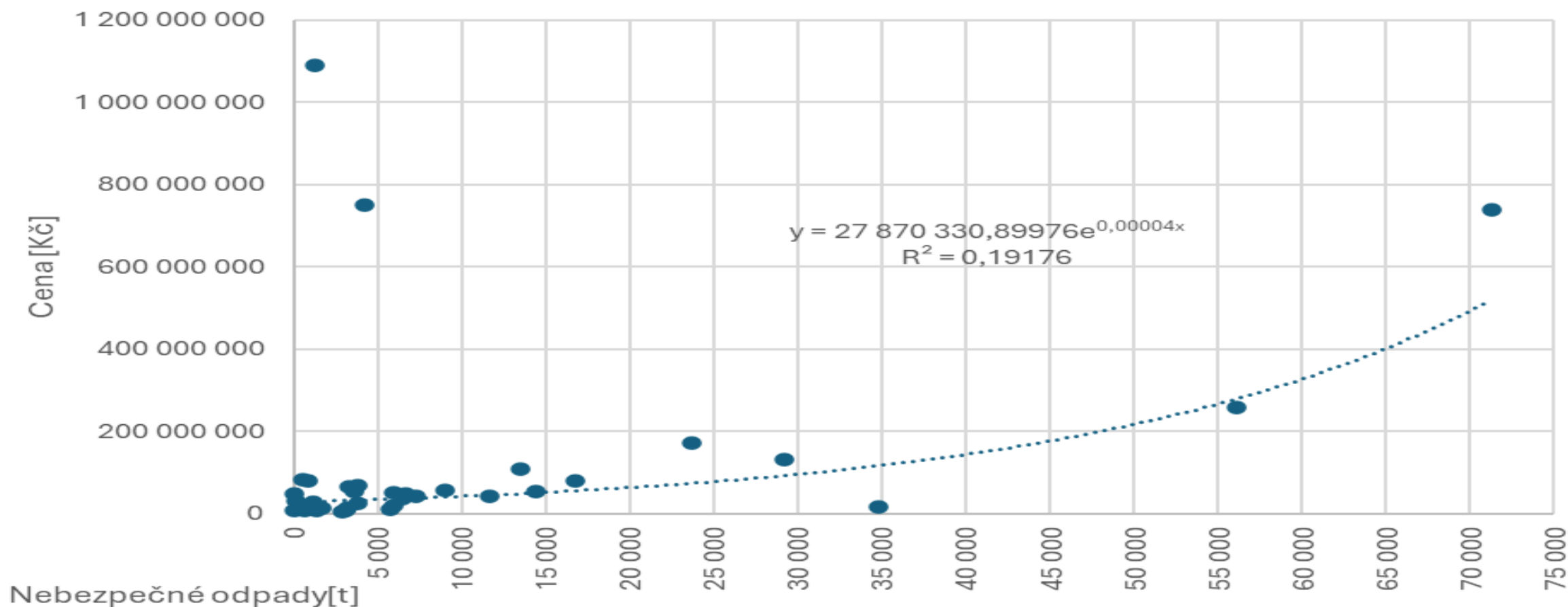
Závislost ceny dekontaminace na ploše areálu



Závislost ceny dekontaminace na množství odpadů



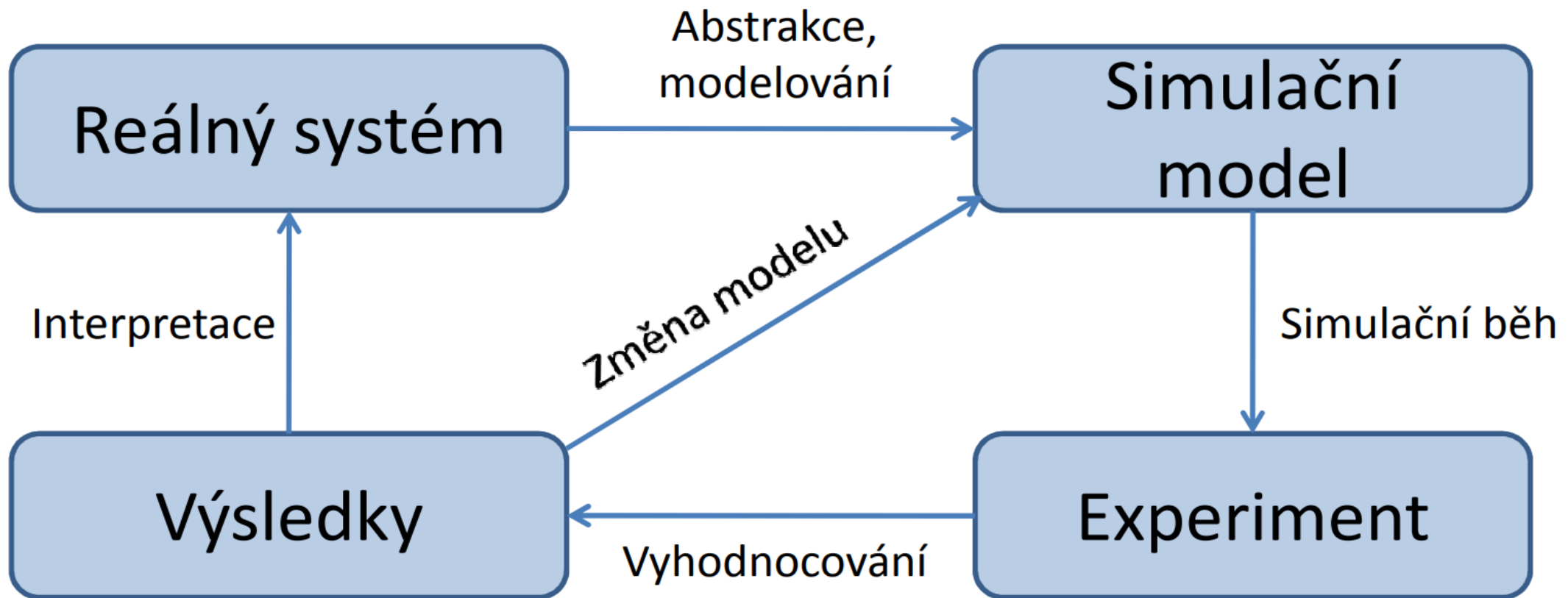
Závislost ceny dekontaminace na množství nebezpečných odpadů



Dílčí shrnutí

- **Cena dekontaminace je převážně nezávislá na zvolených ukazatelích**
- **Důvod:**
 - heterogenita kontaminovaných území
 - heterogenita znečištění
 - heterogenita dekontaminačních procesů

Modelování



Zdroj: Dorda (https://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_2.pdf)

Abstraktní model

- **Ekonomicko-matematické modelování**
- **Charakteristika modelu**
 - Deskriptivní model
 - Statický model
 - Časové vrstvy pro zachycení dynamiky
 - Deterministický model
- **Aplikace modulární (stavebnicové) metody**
 - Rozložení složitých systémů na jednoduché moduly
 - Uplatňované principy: modularita, flexibilita, individualizace, systémovost

Dekompozice celkových náklady na moduly

Modul 1 –
Analýza rizik

Modul 2 –
Dekontaminace

Modul 3 –
Monitoring

Modul 4 –
Supervize

Celkové náklady sanace – abstraktní modelování 1/3

$$CN_{SA} = N_{AR} + N_D + N_M + N_S$$

kde:

CN_{SA} – Celkové náklady sanace [Kč]

N_{AR} – náklady na analýzu rizik [Kč]

N_D – náklady na dekontaminaci [Kč]

N_M – náklady na monitoring [Kč]

N_S – náklady na supervizi [Kč]

Celkové náklady sanace – abstraktní modelování 2/3

$$N_{AR} = \varnothing n_{AR} \cdot \sum_{i=1}^n \varnothing t_i$$

$$N_D = N_{DE} + N_{OOZ} + N_{AVZ} + N_{VP} + N_{ZA} + N_O$$

$$N_M = \varnothing n_M \cdot \varnothing pov$$

kde:

$\varnothing n_{AR}$ – průměrné jednicové náklady na analýzu rizik [Kč/h]

$\varnothing t_i$ – průměrný čas analýzy rizik [h]

i – počet analýz

N_{DE} – náklady na demolice [Kč]

N_{OOZ} – náklady na odvoz odpadů a zemin [Kč]

N_{AVZ} – náklady na analýzu vod a zemin [Kč]

N_{VP} – náklady na vrtné práce [Kč]

N_{ZA} – náklady na zásyp [Kč]

N_O – ostatní náklady [Kč]

$\varnothing n_M$ – průměrné jednicové náklady na monitoring [Kč/analýzu vzorku]

$\varnothing pov$ – průměrný počet odebraných vzorků na typ lokality

Celkové náklady sanace – abstraktní modelování 3/3

$$N_D = V_D \cdot n_{jD} + V_O \cdot n_{jOO} + MV_Z \cdot n_{jOZ} + P_{AV} \cdot n_{jAV} + P_{AZ} \cdot n_{jAZ} + D_{VP} \cdot n_{jVP} + V_{ZA} \cdot n_{jZA} + N_o$$

kde:

V_D – objem demoličních prací [m^3]

n_{jD} – průměrné jednicové náklady demolice [Kč/ m^3]

V_O – objem odpadu [m^3]

n_{jOO} – průměrné jednicové náklady odvozu odpadu [Kč/ m^3]

V_Z – objem zemin [m^3]

n_{jOZ} – průměrné jednicové náklady odvozu zemin [Kč/ m^3]

P_{AV} – počet analýz vod

n_{jAV} – průměrné jednicové náklady analýz vod [Kč/ m^3]

P_{AZ} – počet analýz zemin

n_{jAZ} – průměrné jednicové náklady analýz zemin [Kč/ m^3]

D_{VP} – délka vrtacích prací [m]

n_{jVP} – průměrné jednicové náklady vrtacích prací [Kč/m]

V_{ZA} – objem zásypu [m^3]

n_{jZA} – průměrné jednicové náklady zásypu [Kč/ m^3]

N_o – ostatní náklady [Kč]

Závěr

- **Na základě dalších analýz a diskuzí zpřesnění**
 - Univerzálních dekontaminačních procesů
 - Průměrných nákladů na jednotku
 - Abstraktního modelu
- **Realizace komparativní analýzy projektů OPŽP – MFČR**
- **Návrh modulu pro SEKM**

Děkuji za pozornost

doc. Ing. Michal Vaněk, Ph.D.

+420 596 993 336

+420 603 750 366

michal.vanek@vsb.cz

www.vsb.cz