

Příloha č. 3

k projektu:

**Výzkum a sledování nebezpečných
složek v komunálním odpadu**

**„Predikce vývoje produkce
nebezpečných odpadů v ČR“**

Zpracoval: ECO trend s.r.o., Na Dolinách 128/36, Praha 4

Období: 2013 - 2014

PREDIKCE VÝVOJE MNOŽSTVÍ SLEDOVANÝCH NEBEZPEČNÝCH ODPADŮ

Predikce vývoje množství odpadu byla provedena pomocí robustní lineární regrese. Toto řešení je oproti klasickému (ve smyslu nejmenších čtverců) odolnější vůči větším odchylkám. Tyto odchylky by řešením ve smyslu nejmenších čtverců mohly nesprávně ovlivnit směr odhadované přímky, zvláště při relativně malém počtu výchozích hodnot, proto byla zvolena robustnější metoda.

V úloze jsou hledány parametry přímky, zadání lze přeformulovat do matematického zápisu:

$$\min \sum |y_i - a_i|$$

za podmíněk:

$$kx_i + q = y_i$$

Byly hledány parametry přímky k a q tak, aby byl součet reziduí po řešení přeuročené soustavy rovnic minimální. Kriteriační funkce je součtem absolutních hodnot odchylek známých hodnot (a_i) od hodnot na odhadované přímce (y_i). Podmínkové rovnice tvoří přeuročenou soustavu rovnic o dvou neznámých (k a q) ve známých letech (x_i).

Úloha byla dále převedena do tvaru lineárního programu a metodami lineárního programování vyřešena. Odhadnuté parametry přímek jsou v tabulkách 1 a 3. Výsledky predikcí jsou uvedeny v tabulkách 2 a 4, graficky znázorněny v grafech 1 a 2.

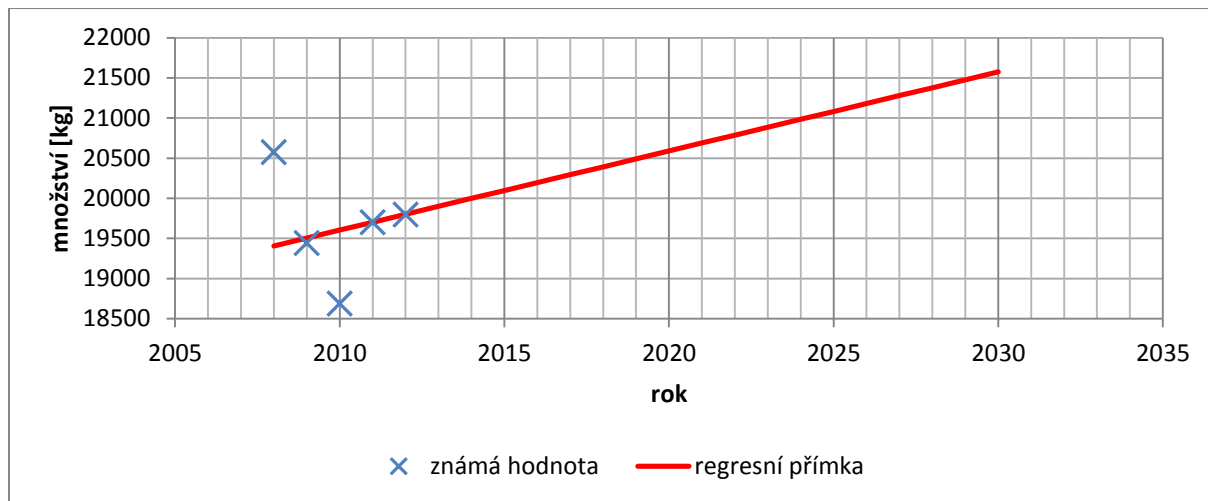
Tabulka č. 1: Odhad parametru přímky u znečištěných obalů

parametr	hodnota
k	98.5245
q	178430

Tabulka č. 2: Výsledek predikce množství u znečištěných obalů

rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
známá hodnota	20573.4	19439.97	18684.83	19698.01	19796.41				
regresní přímka	19407.2	19505.72	19604.25	19702.77	19801.29	19899.82	19998.34	20096.87	20195.39

Graf č. 1: Predikce množství znečištěných obalů



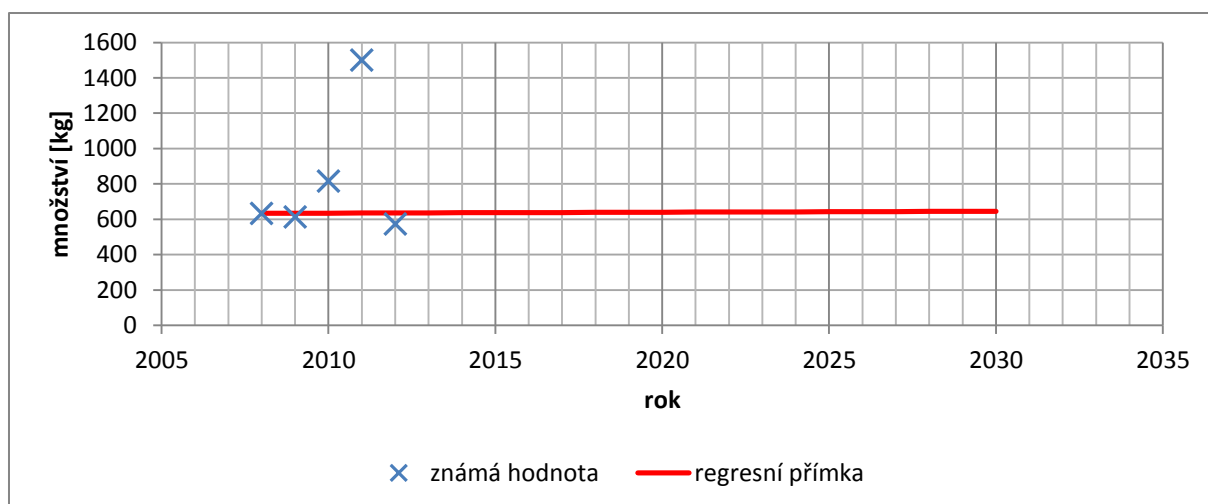
Tabulka č. 3: Odhad parametru přímky u znečištěných kovových obalů

parametr	hodnota
k	0.5116
q	-393.262

Tabulka č. 4: Výsledek predikce množství u znečištěných kovových obalů

rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
známá hodnota	633.966	614.207	815.36	1499.768	572.997				
regresní přímka	634.0309	634.5425	635.0541	635.5657	636.0773	636.5889	637.1005	637.6121	638.1237

Graf č. 2: Predikce množství u znečištěných kovových obalů



V případech, kdy jednotlivá množství odpadů příliš prudce klesá, je předpokládán exponenciální průběh, proto byly odhadnuty parametry exponenciály, která prokládá výchozí hodnoty a predikuje další vývoj. Pro tyto případy bylo zvoleno řešení ve smyslu nejmenších čtverců. Zadání úlohy lze přepsat do matematického zápisu:

$$\min \sum (y_i - a_i)^2$$

za podmínek:

$$ae^{bx_i} = y_i$$

Kriteriální funkce je součtem kvadrátů odchylek známých hodnot (a_i) od hodnot na odhadované exponenciále (y_i). Podmínkové rovnice tvoří přeurčenou soustavu rovnic o dvou neznámých (parametry exponenciály a a b) ve známých letech (x_i).

Úloha byla dále řešena metodami pro řešení ve smyslu nejmenších čtverců. Odhadnuté parametry exponenciál jsou v tabulkách 5 a 7. Výsledky predikce jsou uvedeny v tabulkách 6 a 8, graficky znázorněny v grafech 3 a 4.

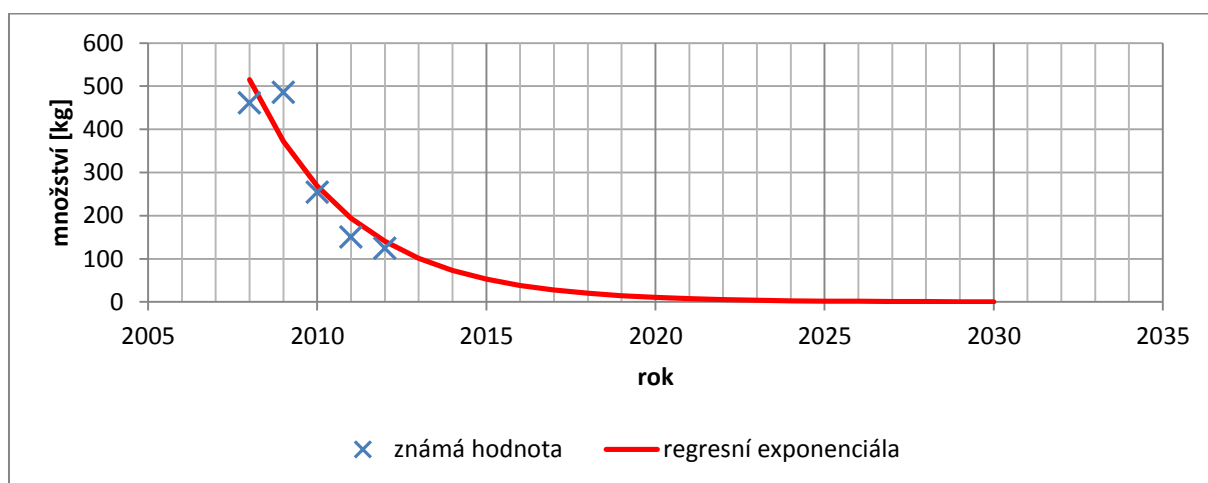
Tabulka č. 5: Odhadnuté parametry exponenciál pro baterie a akumulátory

parametr	hodnota
a	6939
b	-0.3251

Tabulka č. 6: Výsledky predikce pro baterie a akumulátory

rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
známá hodnota	461.322	485.869	254.225	150.15	124.585				
regresní exponenciála	514.9722	372.0443	268.7853	194.1853	140.2902	101.3534	73.22325	52.90051	38.21824

Graf č. 3: Predikce množství baterií a akumulátorů



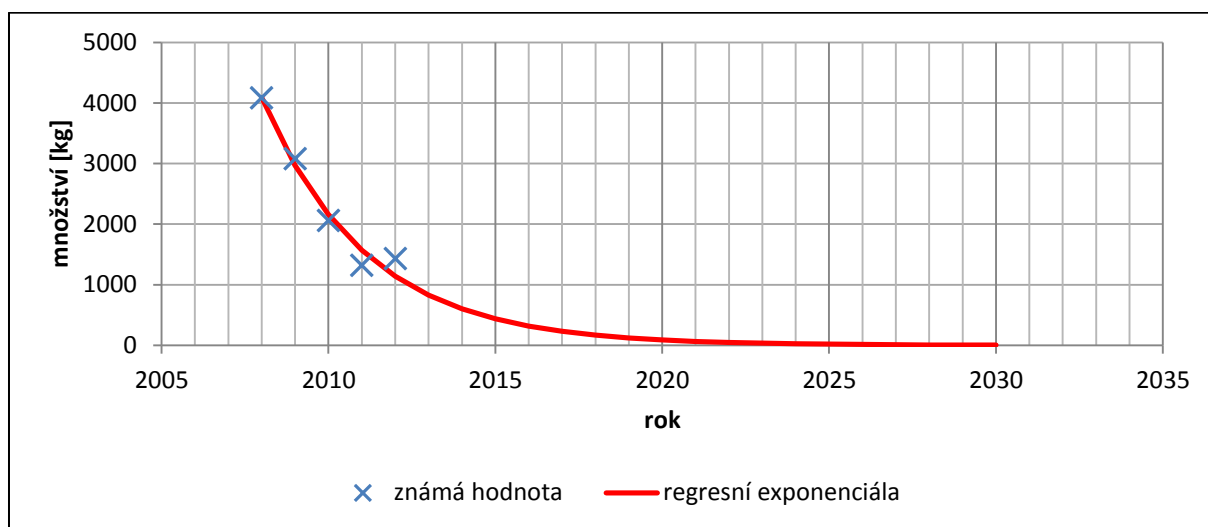
Tabulka č. 7: Odhadnuté parametry exponenciál pro odpadní EEZ

parametr	hodnota
a	52490
b	-0.3191

Tabulka č. 8: Výsledky predikce pro odpadní EEZ

rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
známá hodnota	4082.451	3076.138	2054.501	1318.617	1430.821				
regresní exponenciála	4087.047	2970.477	2158.951	1569.132	1140.45	828.8821	602.4339	437.8507	318.2311

Graf č. 4: Predikce množství odpadních EEZ



V případě znečištěných obalů je využita asymptotická regrese, proto byly odhadnuty parametry příslušné exponenciály, která prokládá výchozí hodnoty a predikuje další vývoj. Pro tyto případy bylo zvoleno řešení ve smyslu nejmenších čtverců. Zadání úlohy lze přepsat do matematického zápisu:

$$\min \sum (y_i - a_i)^2$$

za podmínek:

$$c - ae^{bx_i} = y_i$$

Kriteriální funkce je součtem kvadrátů odchylek známých hodnot (a_i) od hodnot na odhadované exponenciále (y_i). Podmínkové rovnice tvoří přeurčenou soustavu rovnic o dvou neznámých (parametry exponenciály a a b) ve známých letech (x_i).

Úloha byla dále řešena metodami pro řešení ve smyslu nejmenších čtverců. Odhadnuté parametry exponenciály jsou v tabulce č. 9.

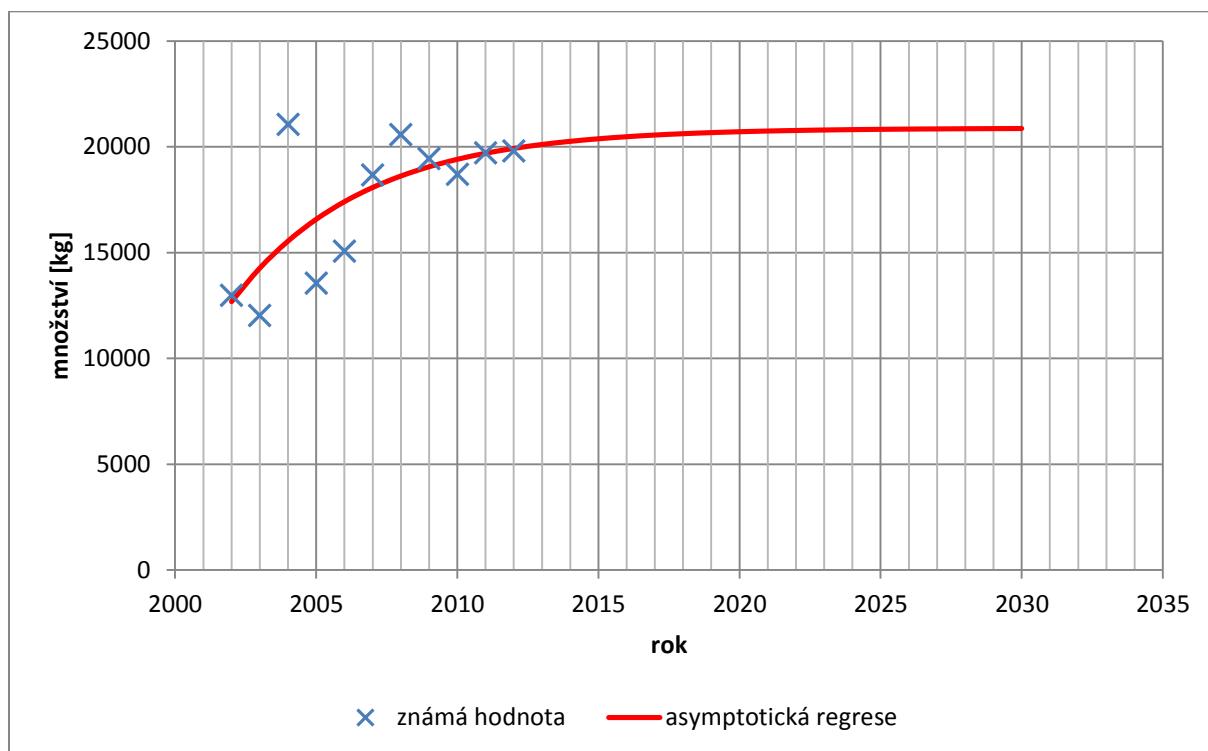
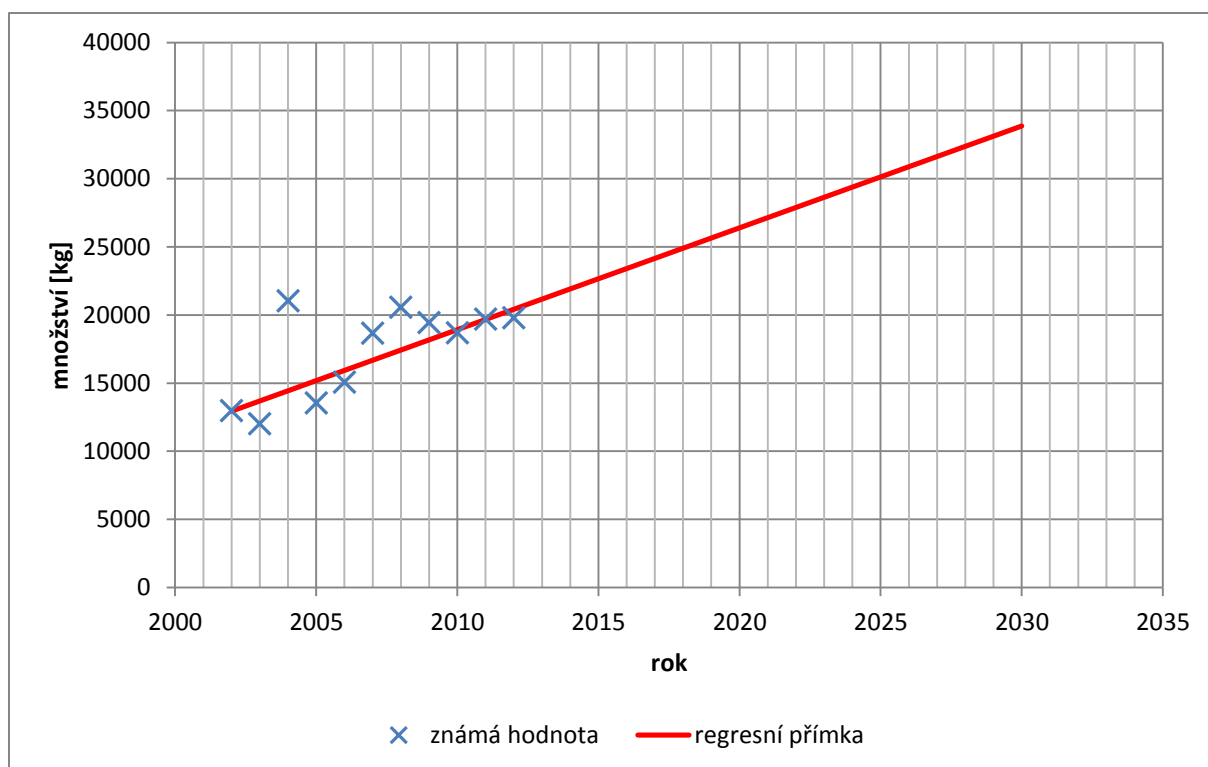
Tabulka č. 9: Odhadnuté parametry exponenciály

parametr	hodnota
a	2.116E+190
b	-0.2144
c	20882.7

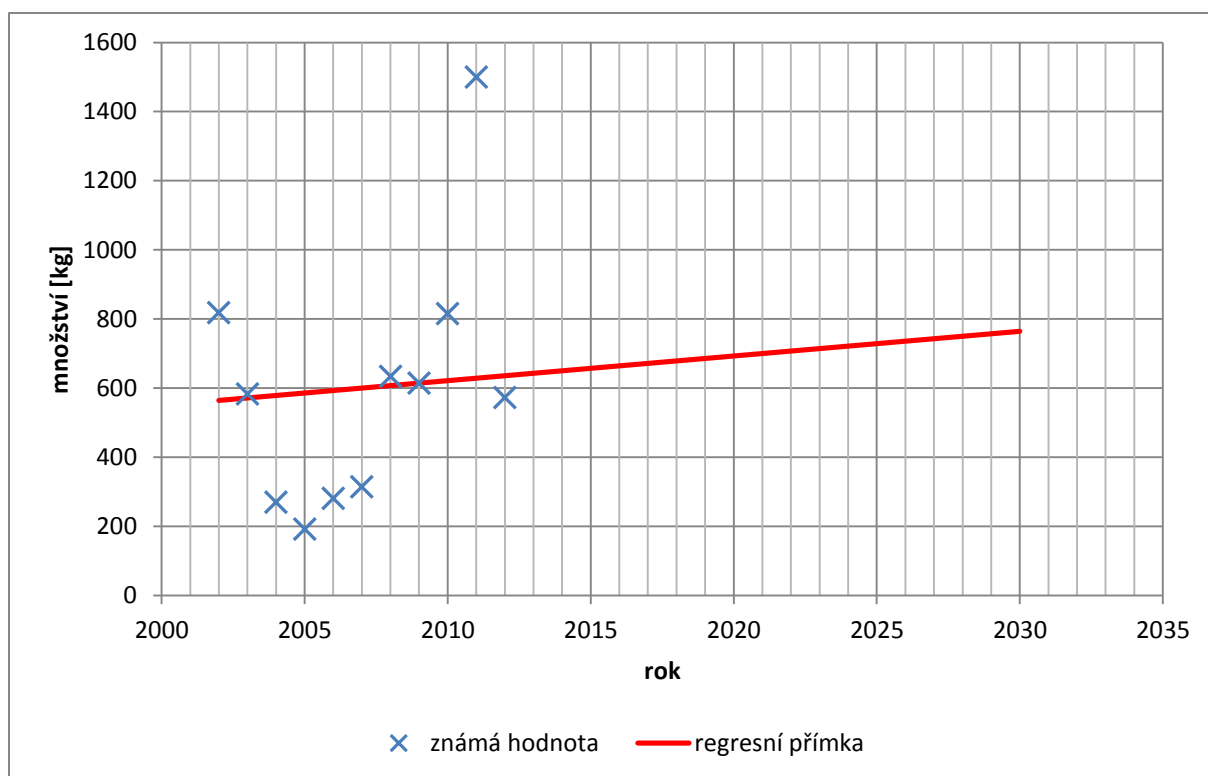
Pro zkvalitnění výpočtu predikce odpadů jsme rozšířili vstupní data. Původně byla predikce počítána z údajů o produkci pouze za roky 2008 až 2012. Tyto hodnoty a údaje byly doplněny o produkci odpadu za roky 2002 - 2007. Tento postup se ukázal jako výhodný pro zpřesnění výstupních predikčních dat pro vybrané nebezpečné složky komunálního odpadu (vstupní data jsou tedy produkce jednotlivých odpadů od roku 2002 až do roku 2012).

Dále je v dokumentu uveden přehled predikcí pro jednotlivé sledované nebezpečné odpady (výhled do roku 2030). Ostatní data a metadata jsou uvedeny v příloze (excel soubor - výpočty jednotlivých hodnot pro zjištění budoucího vývoje).

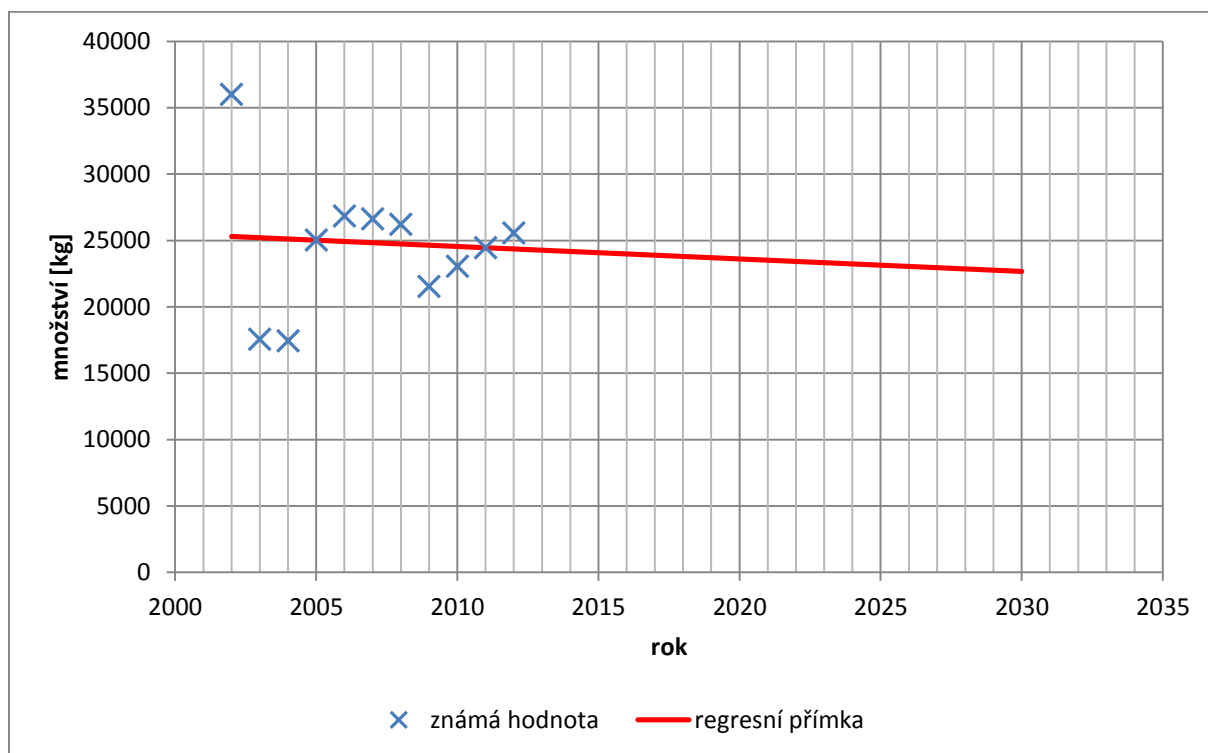
Graf č. 5: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek nebo obaly těmito látkami znečištěné - 15 01 10**



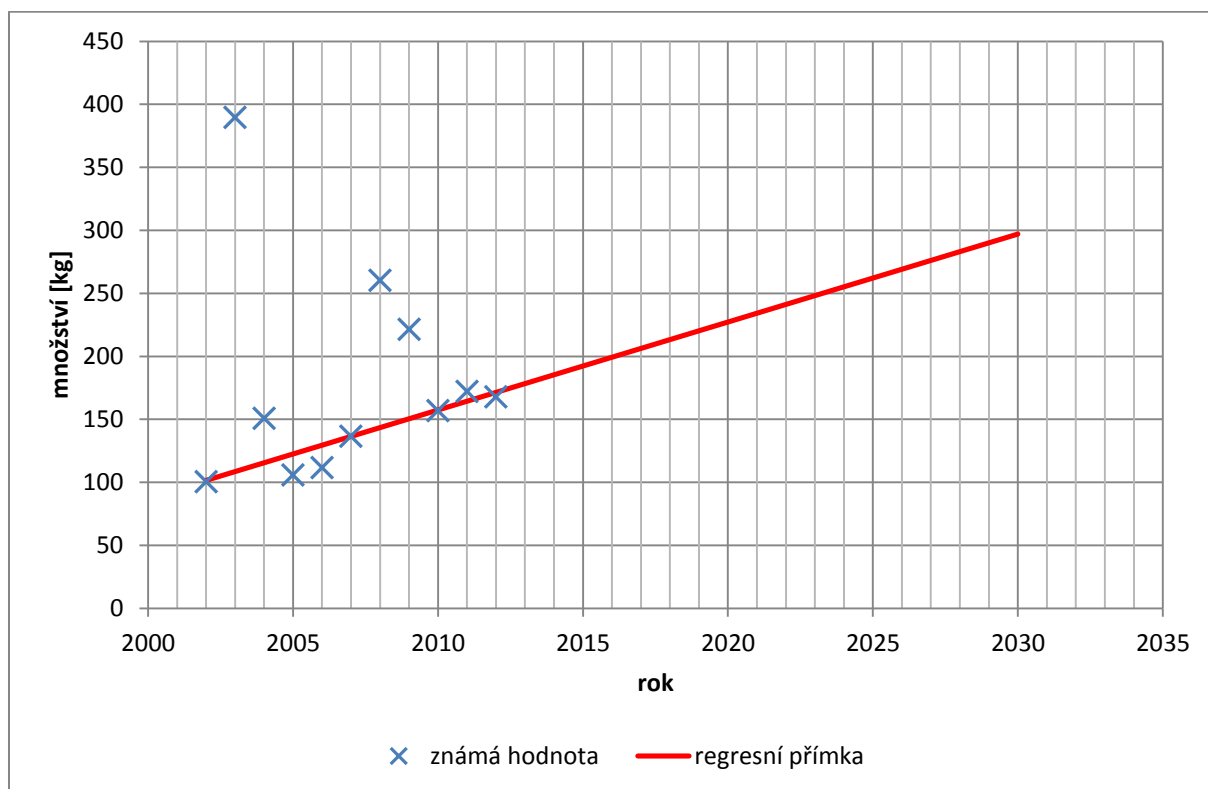
Graf č. 6: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Kovové obaly obsahující nebezpečnou výplňovou hmotu (např. azbest) včetně prázdných tlakových nádob - 15 01 11**



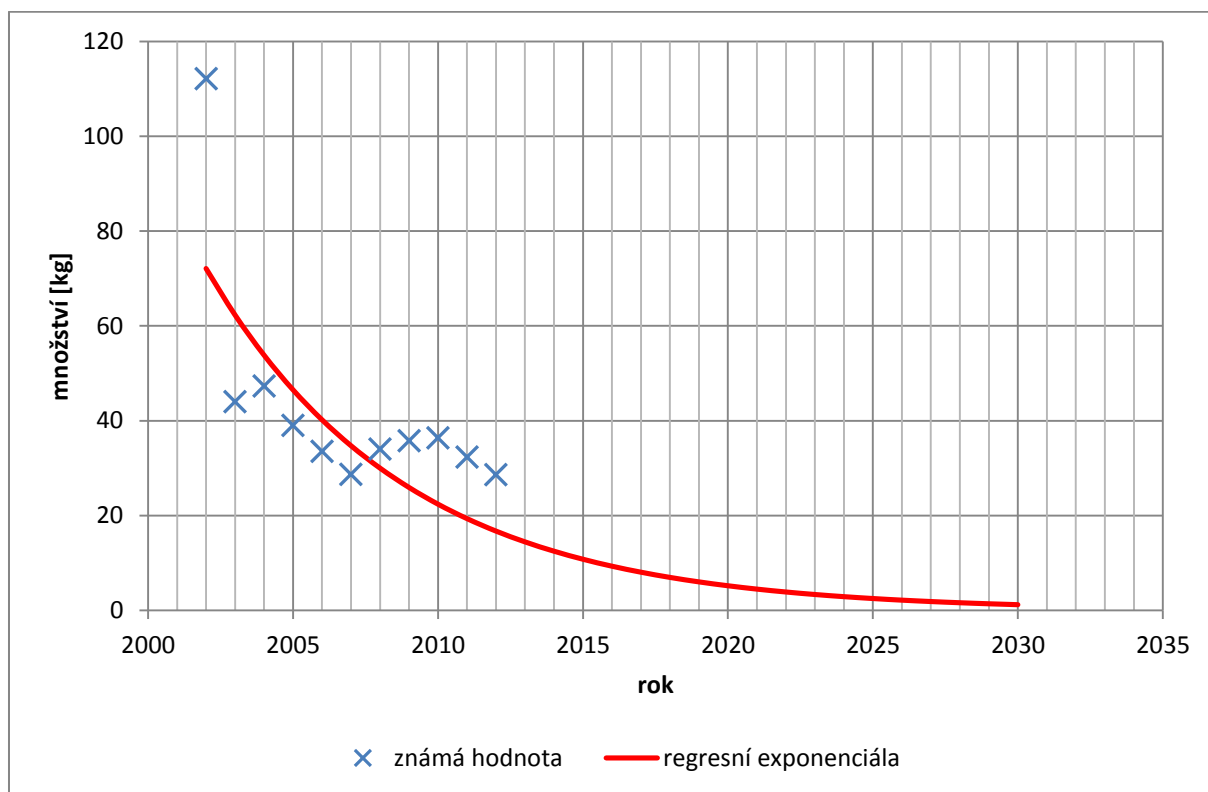
Graf č. 7: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Absorpční činidla, filtrační materiály (včetně olejových filtrů jinak blíže neurčených), čisticí tkaniny a ochranné oděvy znečištěné nebezpečnými látkami - 15 02 02**



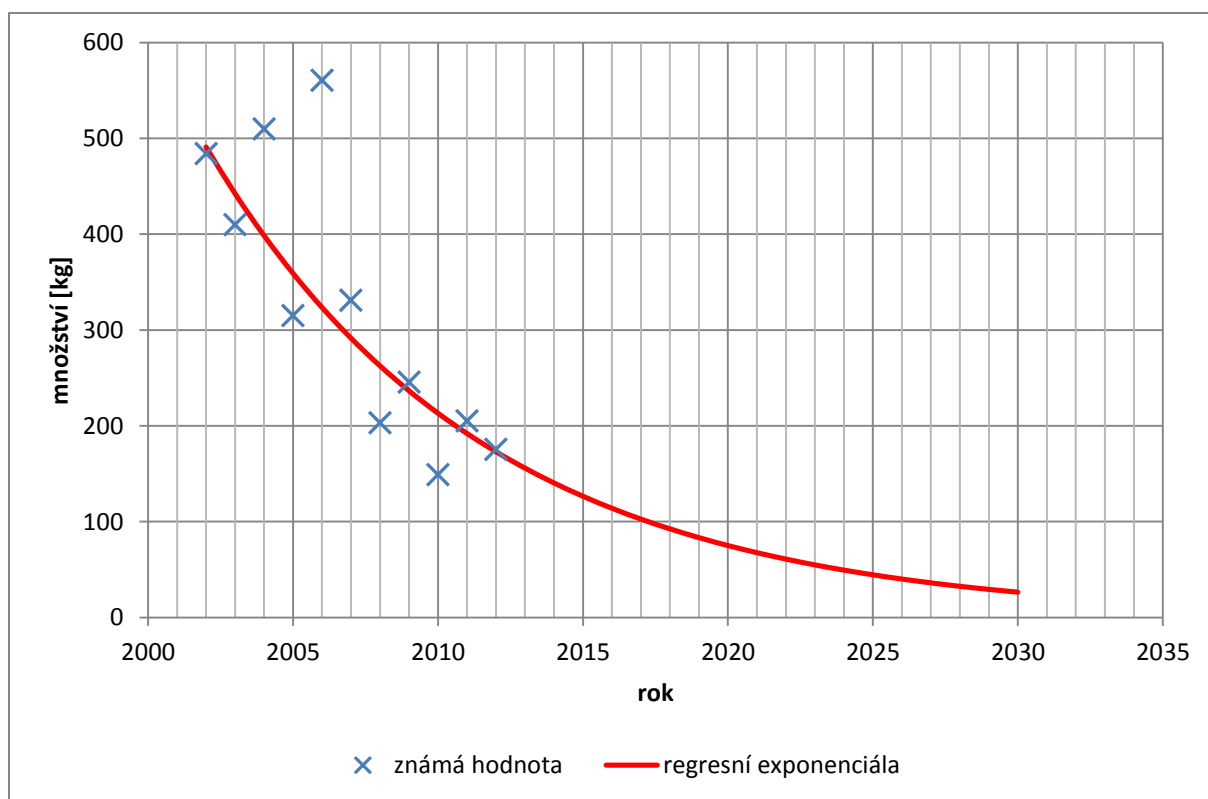
Graf č. 8: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Rozpouštědla - 20 01 13**



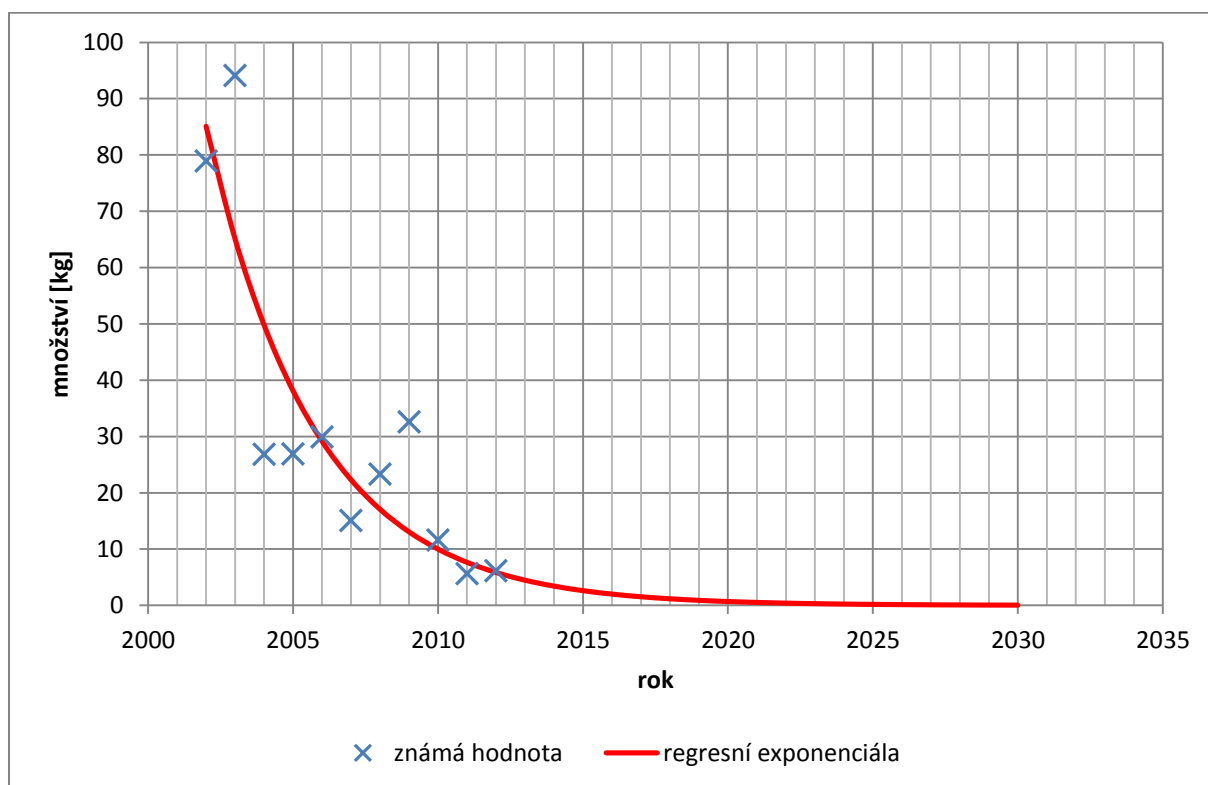
Graf č. 9: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Kyseliny - 20 01 14**



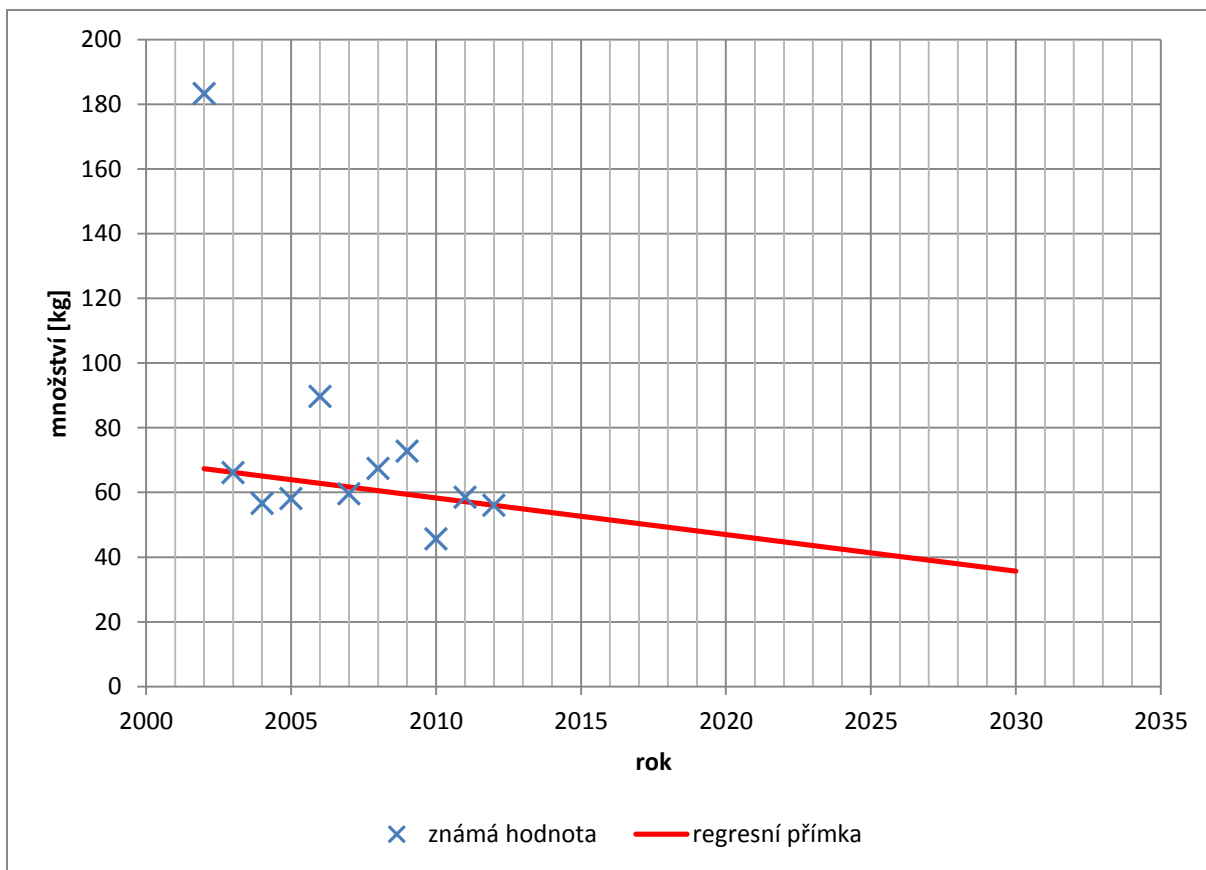
Graf č. 10: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Zásady - 20 01 15**



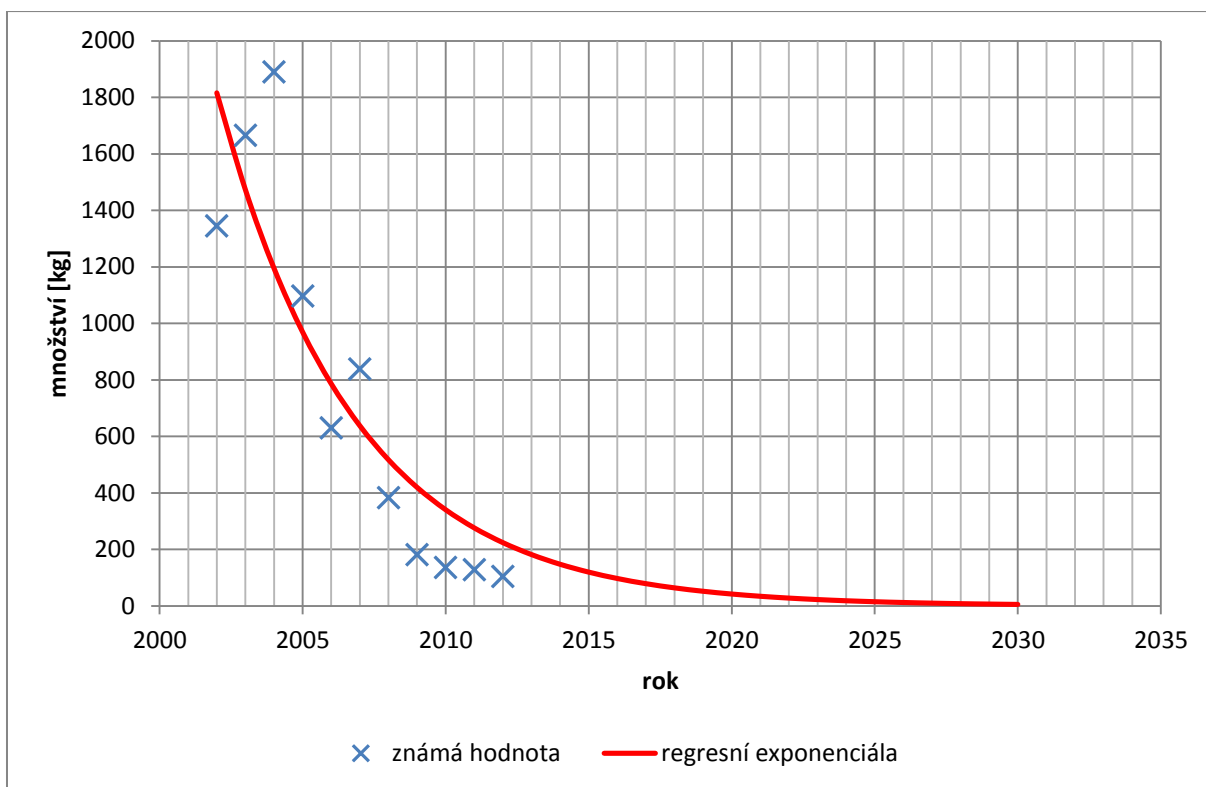
Graf č. 11: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Fotochemikálie - 20 01 17**



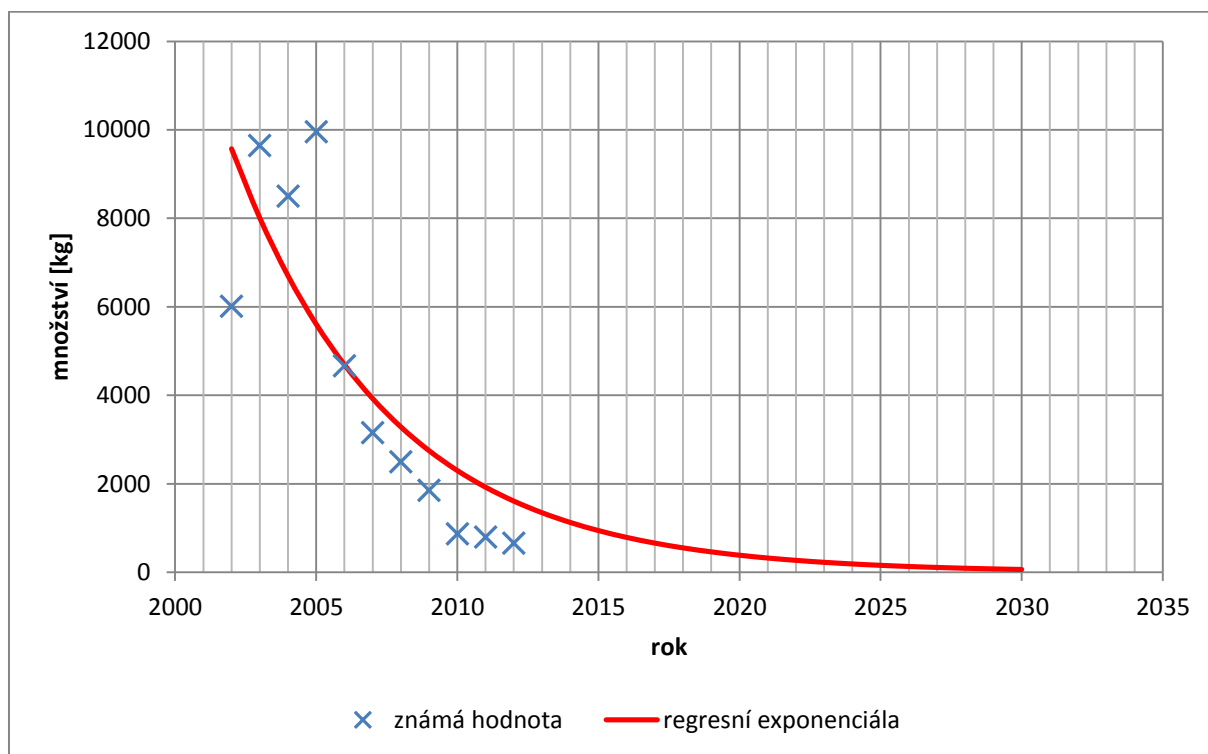
Graf č. 12: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Pesticidy - 20 01 19**



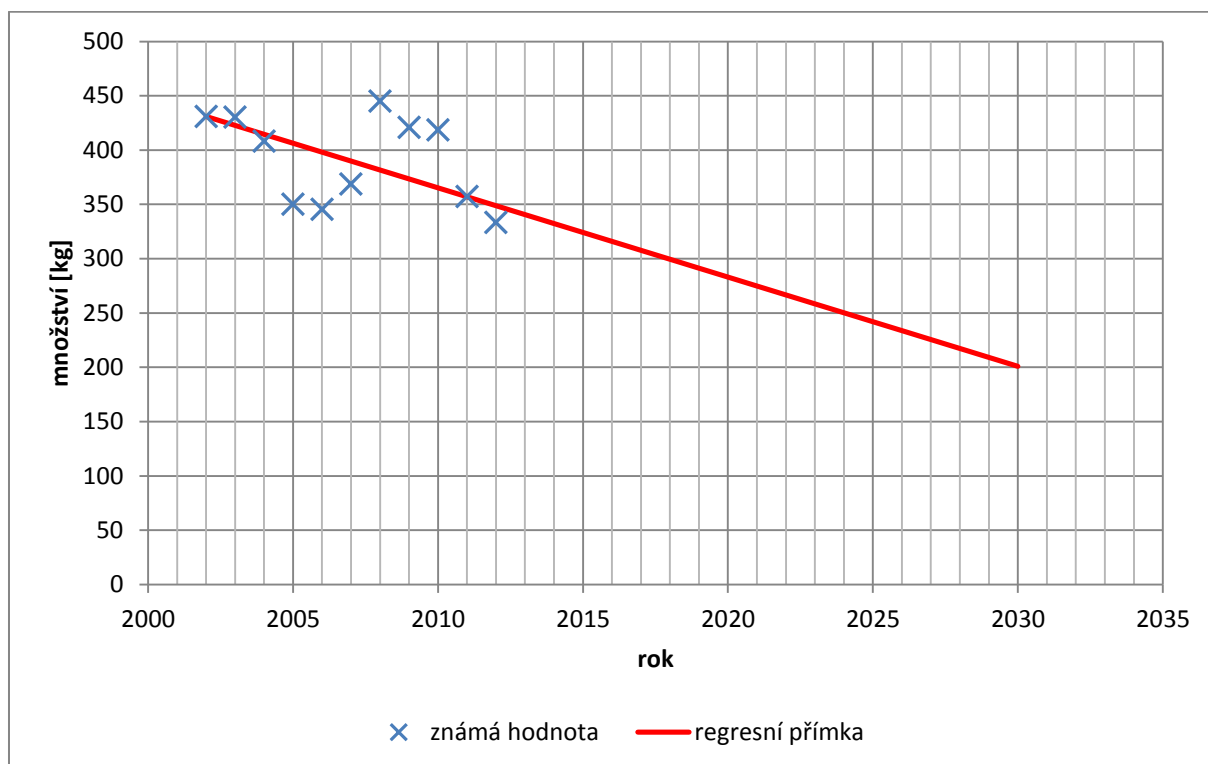
Graf č. 13: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť - 20 01 21**



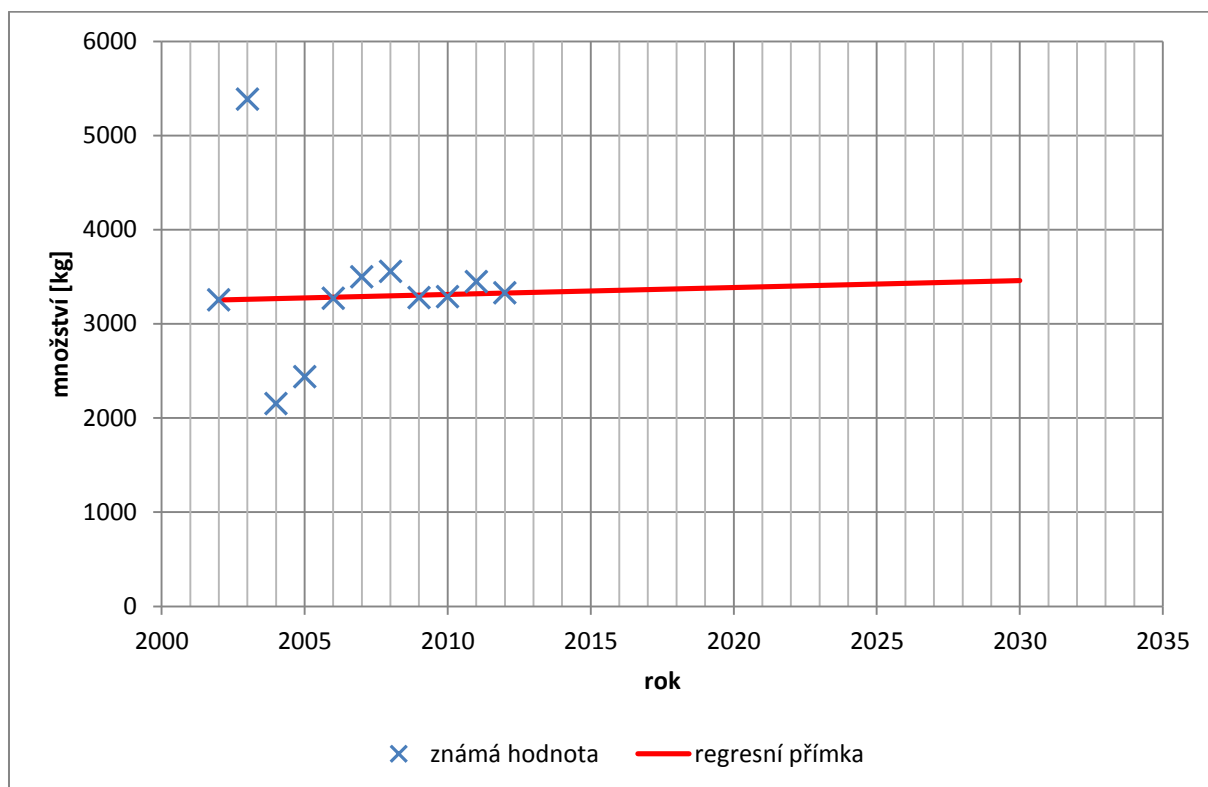
Graf č. 14: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Vyřazená zařízení obsahující chlorofluorouhlovodíky - 20 01 23**



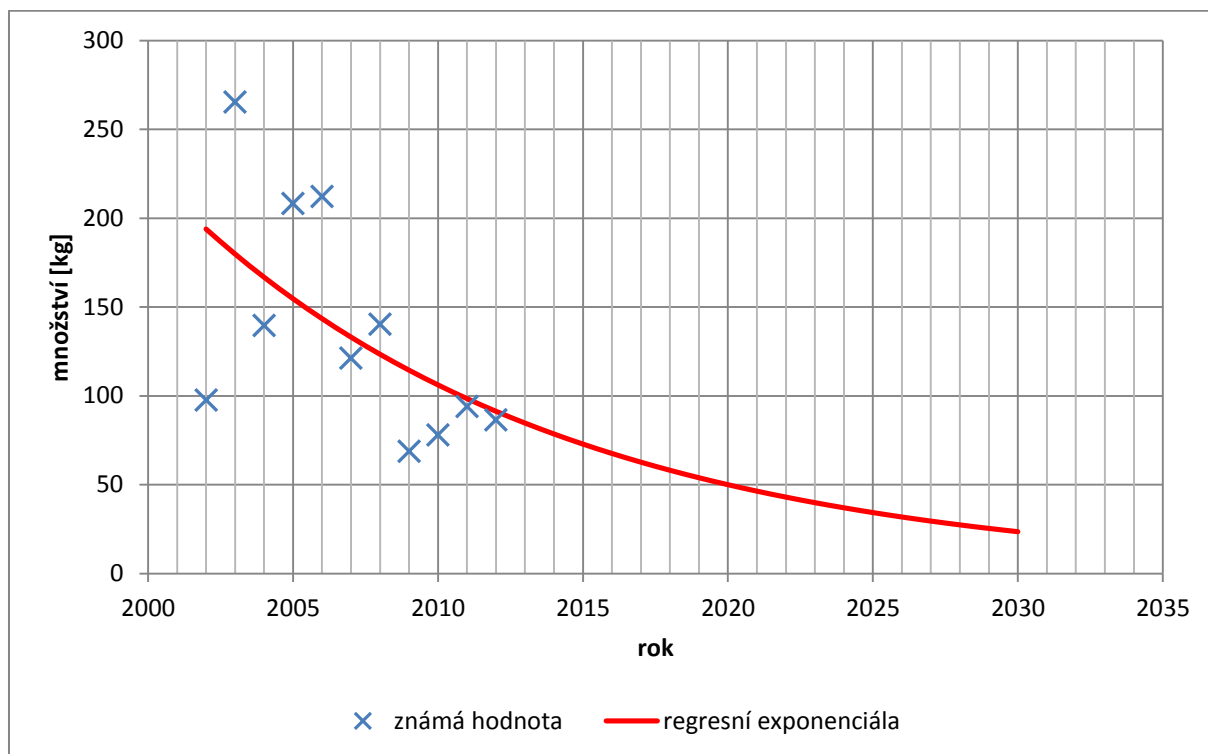
Graf č. 15: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Olej a tuk neuvedený pod číslem 20 01 25 - 20 01 26**



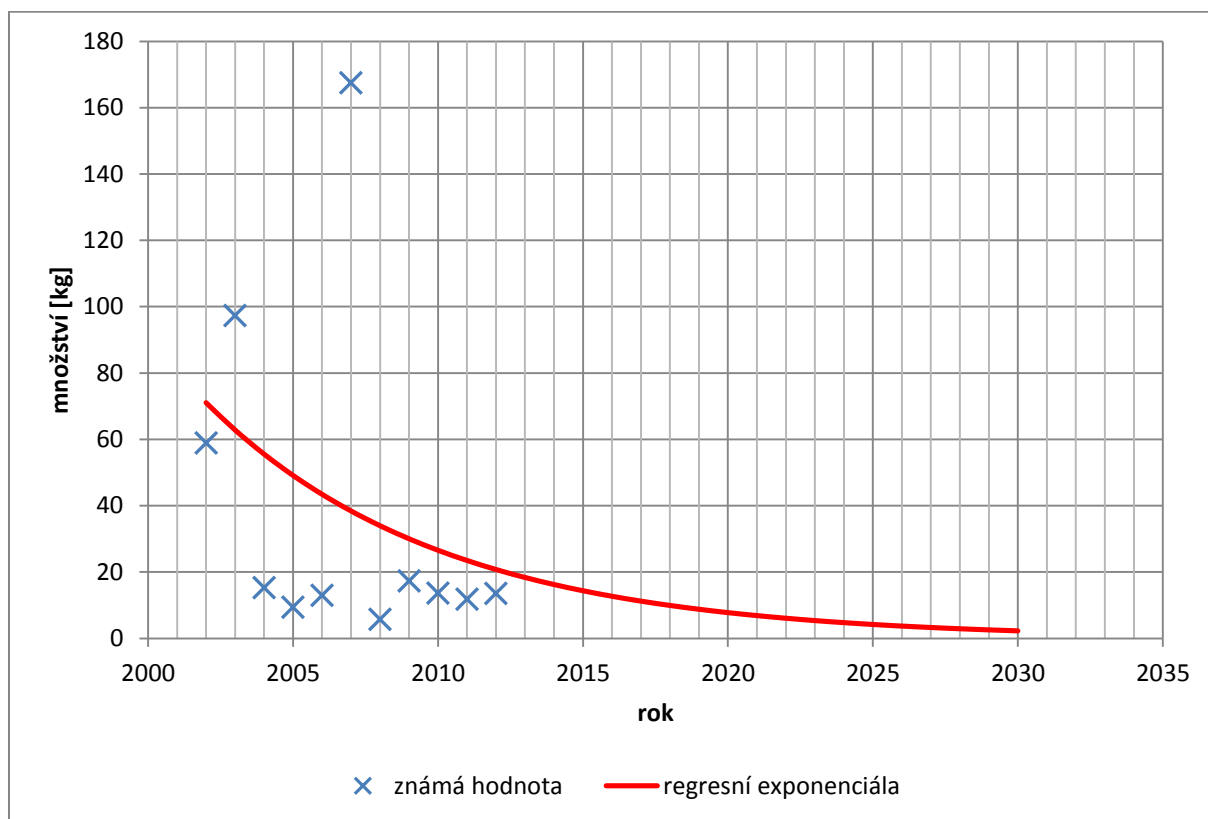
Graf č. 16: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice obsahující nebezpečné látky - 20 01 27**



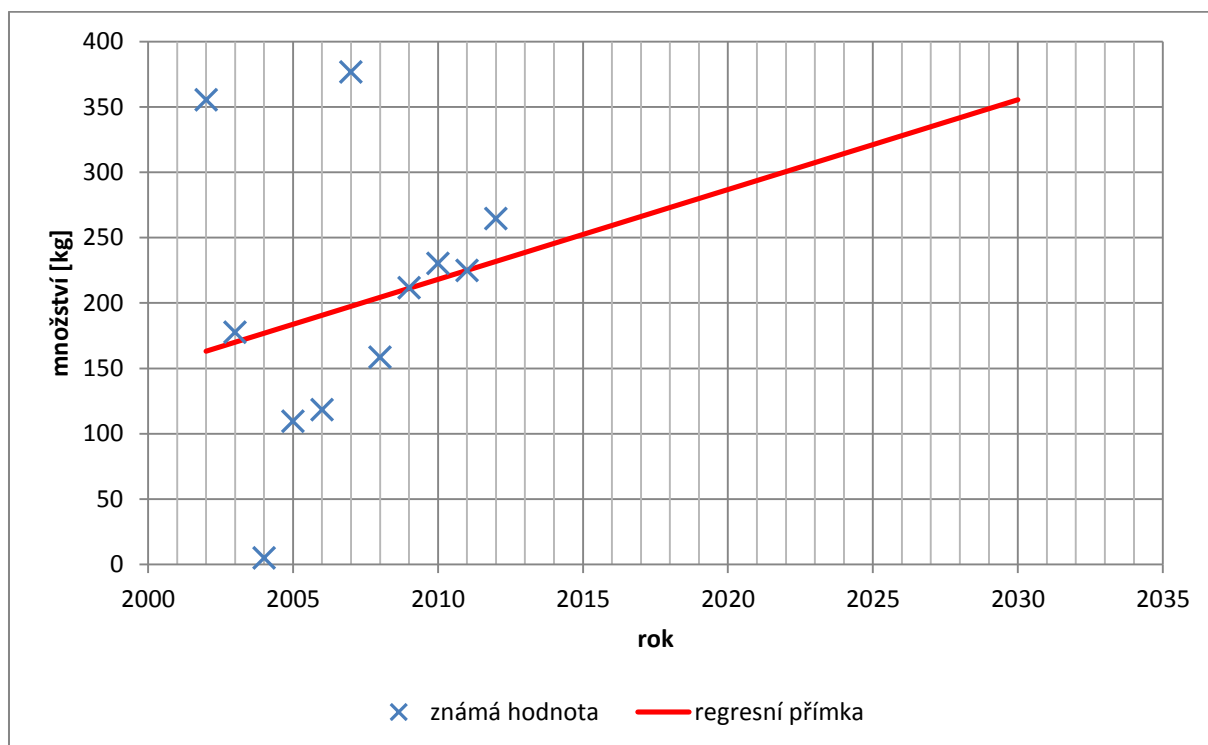
Graf č. 17: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Detergenty obsahující nebezpečné látky - 20 01 29**



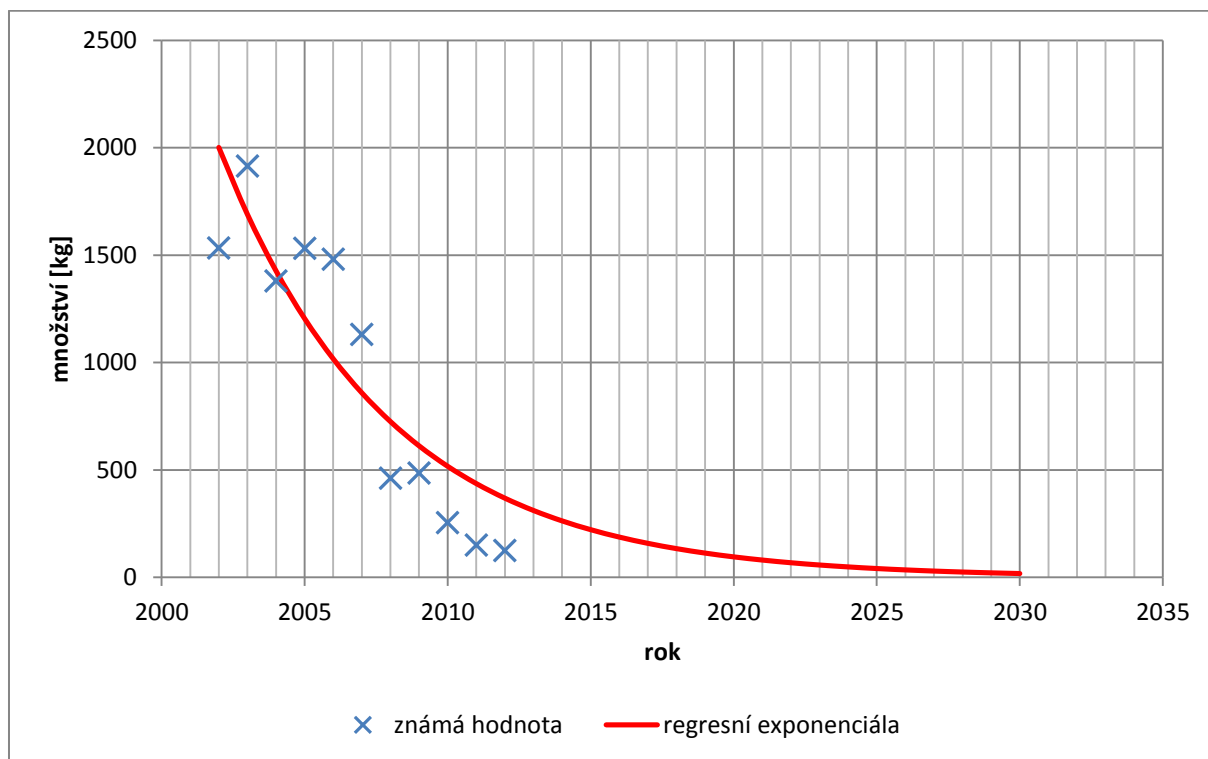
Graf č. 18: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Nepoužitelná cytostatika - 20 01 31**



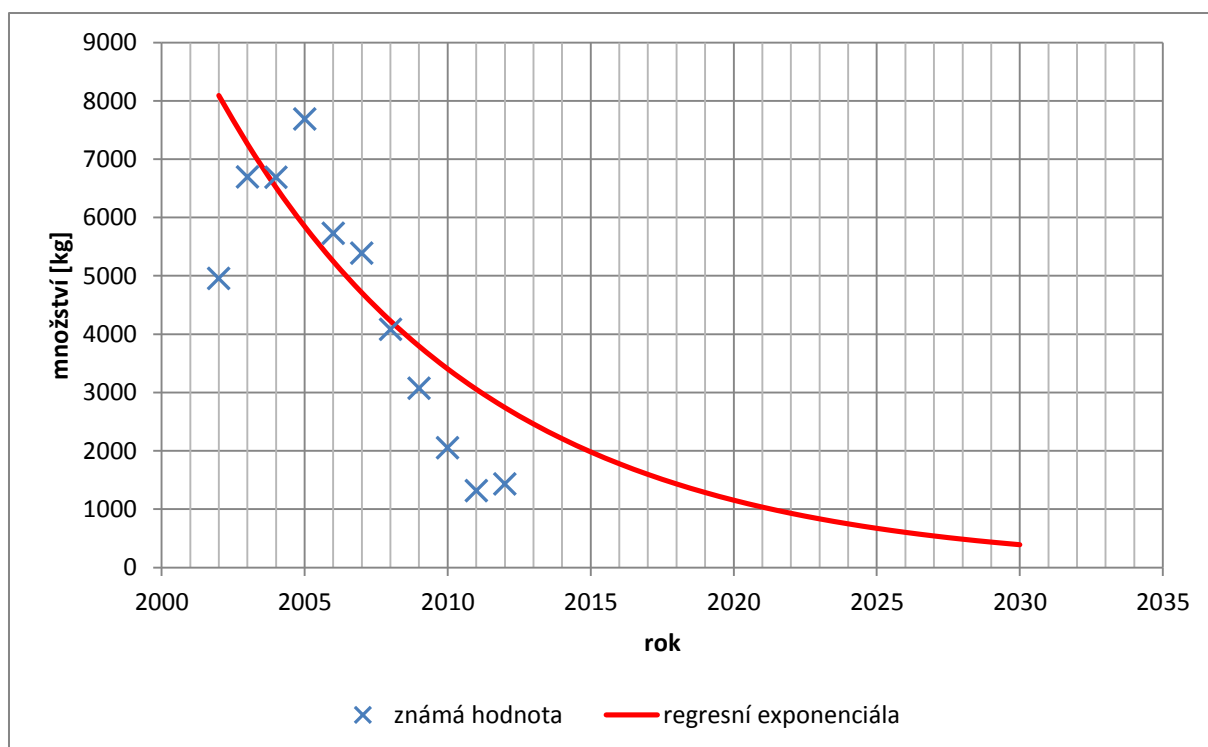
Graf č. 19: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 20 01 31 - 20 01 32**



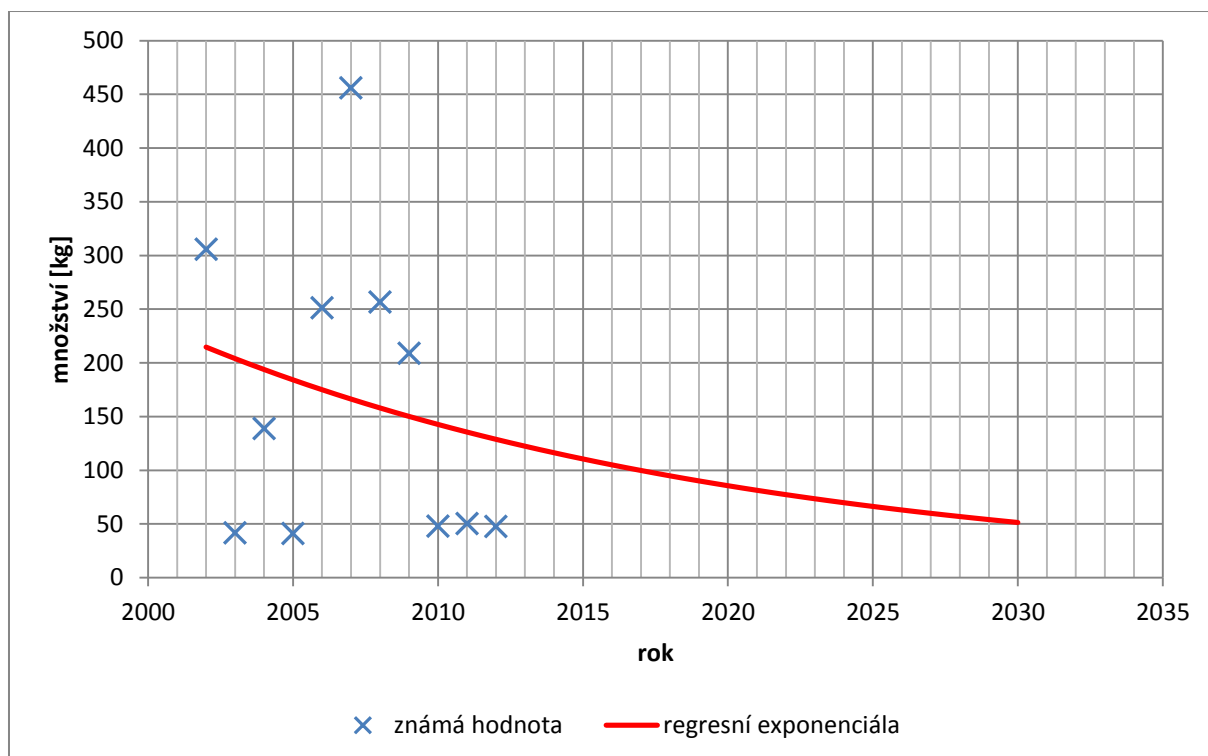
Graf č. 20: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Baterie a akumulátory, zařazené pod čísla 16 06 01, 16 06 02 nebo pod číslem 16 06 03 a netříděné baterie a akumulátory obsahující tyto baterie - 20 01 33**



Graf č. 21: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky neuvedené pod čísly 20 01 21 a 20 01 23 - 20 01 35**



Graf č. 22: Predikce vývoje množství u odpadu s názvem - **Dřevo obsahující nebezpečné látky - 20 01 37**



Graf č. 23: Predikce vývoje **celkového množství nebezpečného odpadu** (sečtené všechny složky nebezpečných odpadů v komunálním odpadu)

