ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

POKUS O STATISTICKOU PŘEDPOVĚĎ ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Josef Keder

ČHMÚ ÚOČO, Observatoř Tušimice,
keder@chmi.cz

Proč statistická předpověď – motivace (1)

Možnost předpovědět úroveň znečištění ovzduší na určité lokalitě s předstihem alespoň jednoho dne je předmětem zájmu orgánů, zodpovědných za ochranu kvality ovzduší a zdraví, i široké veřejnosti

Prognóza počasí pomocí numerických předpovědních modelů je provozována v operativním režimu již řadu let a stále se zlepšuje díky inovacím v měřicích metodách, fyzikálně-numerických postupech a používané výpočetní technice

Imisní koncentrace znečišťujících látek jsou z rozhodující části determinovány stavem a vývojem atmosférických podmínek

Postupy předpovědi znečištění ovzduší proto logicky navazují na meteorologické modely a používají jejich prognostické produkty jako vstupní údaje

Proč statistická předpověď – motivace (2)

Zkušenosti, získané s deterministickým přístupem, t.j. předpověď typu

„zítra bude v místě X dosažena denní průměrná koncentrace C_x“

ukázaly, že kvalita takto pojaté předpovědi je často značně neuspokojivá

Velkou měrou se na tom podílí chaotický, stochastický charakter systému atmosféra-znečišťující látka

Podobně jako v případě meteorologických předpovědí se proto pozornost upírá i na vývoj a využití metod statistických předpovědí

Poskytují výsledek ve tvaru

„zítra bude v místě X překročena denní průměrná koncentrace C_x s pravděpodobností $P(C_x)$“

Možná je rovněž formulace typu

„koncentrace, která bude překročena s pravděpodobností P, je rovna C_P“

Statistická předpověď

Jak může vzniknout statistická předpověď

Použije se vhodná statistická metoda (regresní vztahy, neuronové sítě, fuzzy postupy, GAMs..), stanoví se nejistoty výsledku

Ansámblová předpověď - opakovaný běh deterministického modelu s variací vstupních parametrů

Jiný přístup, demonstrován dále

Návrh jednoduché metody

Podstata postupu – učení z historických dat, soubor koncentrací dostatečného rozsahu pro určitou lokalitu

- Soubor se rozdělí do podmnožin (kategorií) podle vhodných kritérií
- Musí být předpověditelné, která podmnožina se vyskytne
- Pro každou kategorii se stanoví statistické rozložení koncentrací, které umožňuje odhad pravděpodobnosti výskytu určité hodnoty koncentrace nebo překročení prahových hodnot
- Máme-li předpověď určité kategorie, můžeme predikovat pravděpodobnosti překročení

Jak stanovit kategorie

Použijí se meteorologické veličiny, které významně ovlivňují imisní koncentrace: výška směšovací vrstvy, rychlost větru, teplota vzduchu…

Osvědčené z jiných studií

- Ventilační index VI – zahrnuje výšku MH a rychlost větru
- Teplota vzduchu T

Jsou vcelku dobře predikované metrologickými modely v provozním režimu – ALADIN

V této fázi postup použit na denní průměry koncentrace PM_{10}, měřené 06 – 06 UTC (aby bylo možno využít i manuálních stanic)
VI a T rovněž jako denní průměry 06 – 06 UTC

Výběr hranic kategorií

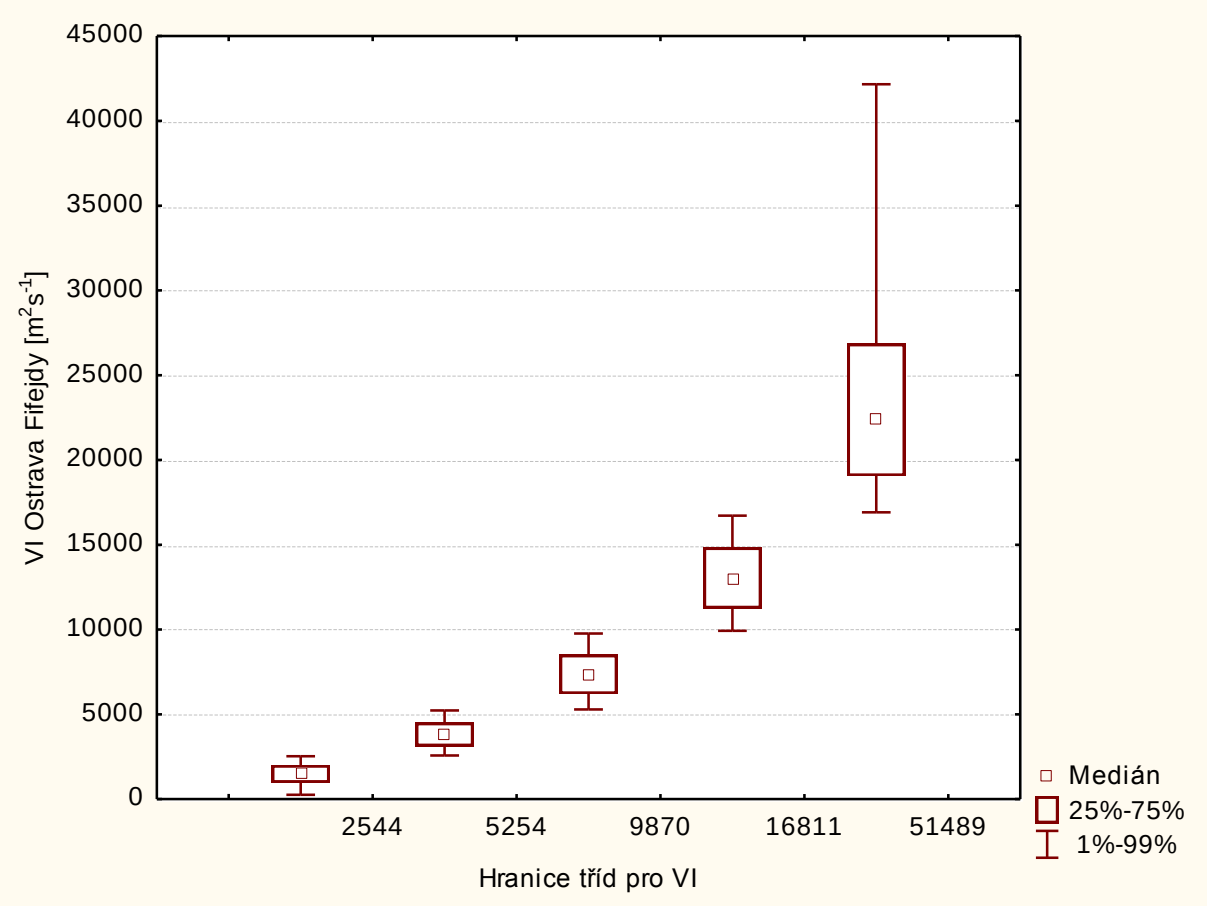
Podle denních průměrů VI a T

Hranice stanoveny jako 2., 4., 6., 8. a 10. decil souborů VI a T

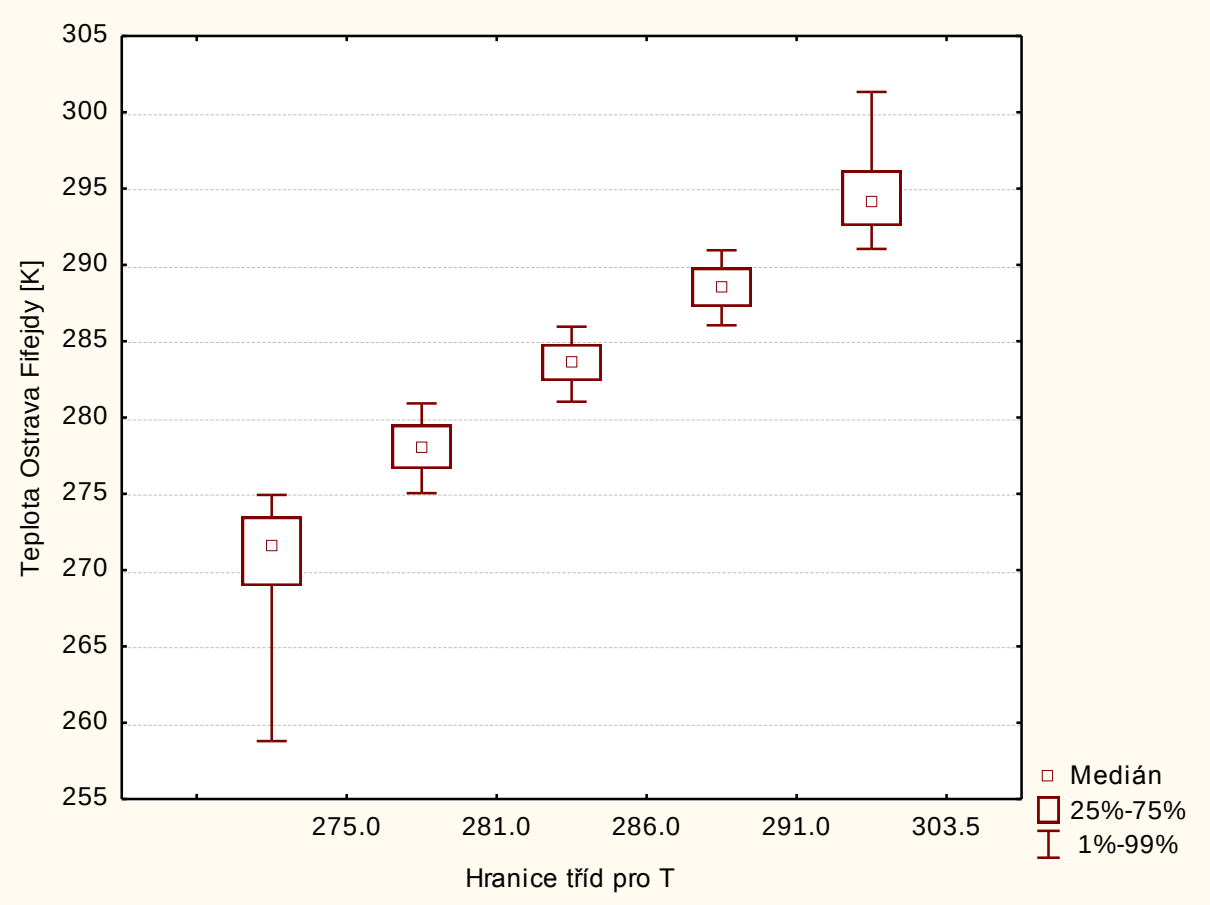
V každé kategorii je stejný a dostatečný počet hodnot

Kategorie se nepřekrývají

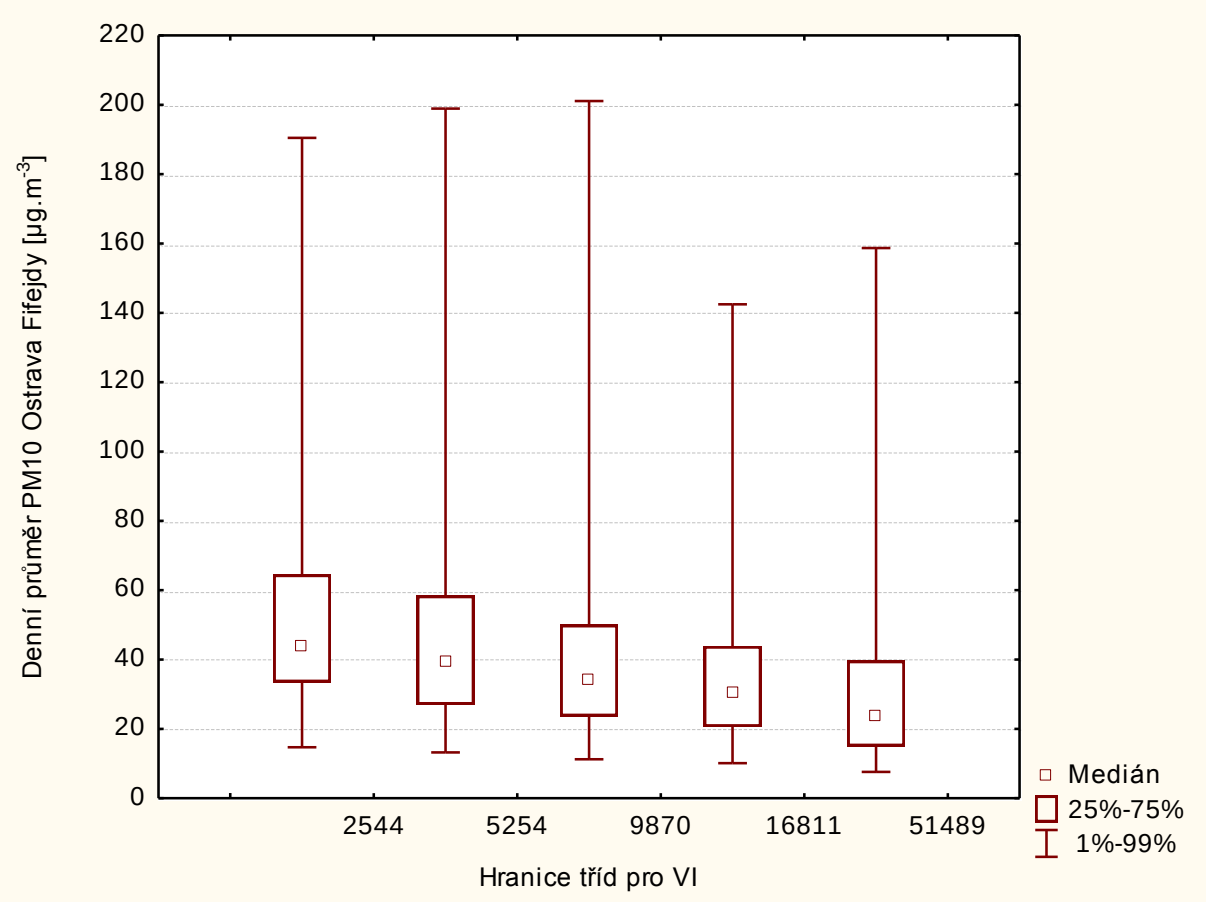
Lokalita O. Fifejdy – rozložení VI pro hranice, stanovené jako sudé decily



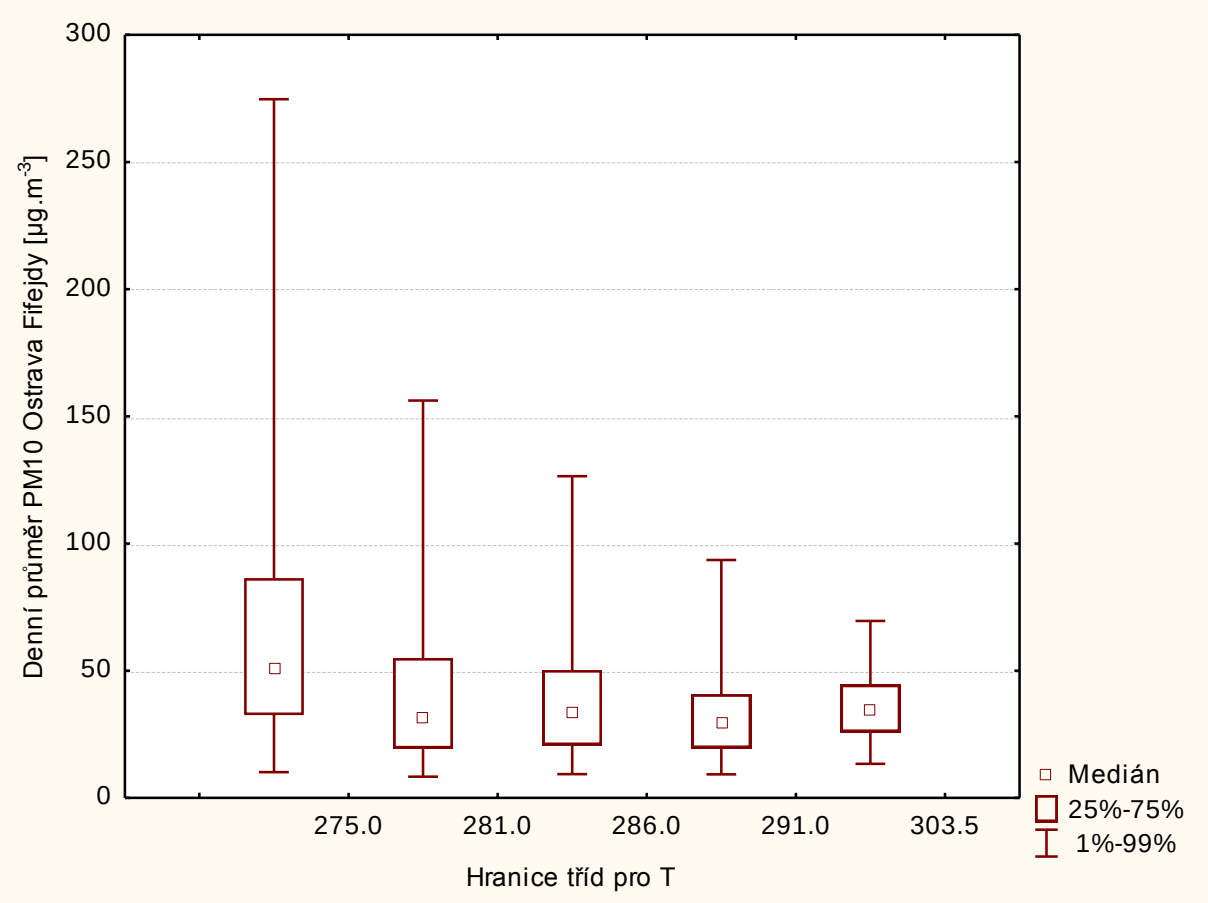
Lokalita O. Fifejdy – rozložení T pro hranice, stanovené jako sudé decily



Lokalita O. Fifejdy – rozložení PM_{10} pro hranice VI, stanovené jako sudé decily



Lokalita O. Fifejdy – rozložení PM_{10} pro hranice T, stanovené jako sudé decily



Vývoj pokusného modelu (1)

Použitá data: koncentrace PM_{10}, teplota vzduchu a
ventilační index pro lokalitu Ostrava-Fifejdy
a další místa za roky 2004 - 2013
(denní průměru 60-06 UTC)

Roky 2004 – 2012 učební soubor

Rok 2013 soubor pro validaci (tato data model „nezná)

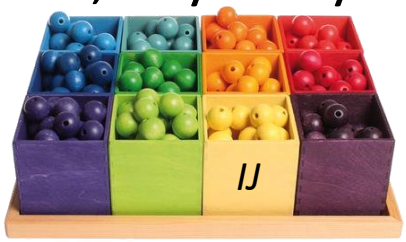
Vytvoří se 25 „krabiček“ kombinací 5 kategorií pro VI
a 5 kategorií pro T

Vývoj pokusného modelu (2)

25 „krabiček“ – tříd pro kombinace kategorií VI a T, označeno 11 až 55

	1	**<275**	11	12	13	14	15
	2	**275-281**	21	22	23	24	25
T	3	**281-286**	31	32	33	34	35
	4	**286-291**	41	42	43	44	45
	5	**291-303.5**	51	52	53	54	55
			<2544	**2544-5254**	**5254-9870**	**9870-16811**	**16811-51489**
			1	2	3	4	5
					VI		

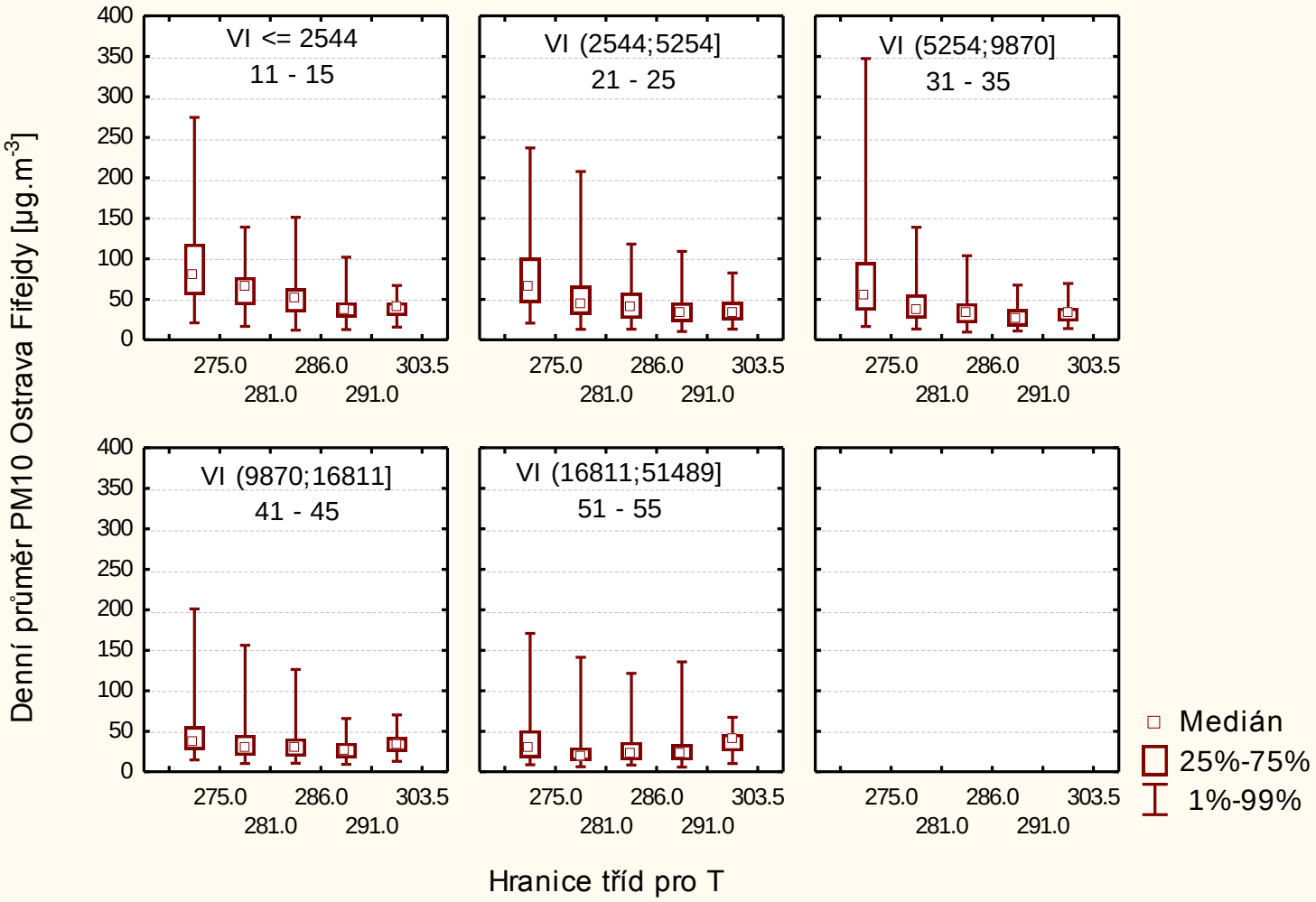
Do „krabiček“ *IJ* se nasypou denní koncentrace PM_{10}, které byly naměřeny ve dnech, kdy se vyskytla *I-tá* katgorie VI a *J-tá* kategorie T



Zjistí se statistická rozložení PM10 v jednotlivých krabičkách a jejich percentily

www.grimms.cz

Rozložení PM_{10} v „krabičkách



Příklad výstupu modelu (1)

Pravděpodobnosti překročení prahových hodnot pro denní koncentrace PM_{10} kategoriích 11 a 12, odvozené z percentilů rozložení

Kategorie

Pravděpodobnost překročení prahové koncentrace pro denní průměr	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25
25	0.995	0.993	0.966	0.879	0.804	0.952	0.909	0.927	0.730	0.612
50	0.772	0.775	0.540	0.218	0.117	0.649	0.610	0.393	0.143	0.093
75	0.509	0.309	0.233	0.041	0.000	0.359	0.309	0.132	0.028	0.000
100	0.327	0.198	0.078	0.000	0.000	0.235	0.220	0.051	0.004	0.000
125	0.207	0.081	0.015	0.000	0.000	0.170	0.129	0.005	0.000	0.000
150	0.076	0.048	0.009	0.000	0.000	0.116	0.053	0.000	0.000	0.000
175	0.047	0.019	0.000	0.000	0.000	0.067	0.038	0.000	0.000	0.000
200	0.039	0.008	0.000	0.000	0.000	0.037	0.014	0.000	0.000	0.000
225	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
250	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
275	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
300	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
325	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
350	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
375	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
425	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
475	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Příklad výstupu modelu (2)

Hodnoty denní koncentrace PM_{10} kategoriích 11 a 12, které mohou být překročeny se zadanou pravděpodobností. Odvozeno z percentilů rozložení

Denní průměr, který bude překročen se zadanou pravděpodobností	Kategorie									
	11	*12*	*13*	*14*	*15*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*
0.99	31.2	30.4	20.2	16.2	13.7	19.1	14.3	18.8	11.6	13.1
0.95	34.1	33.2	26.8	19.4	18.2	25.3	19.9	21.8	16.4	15.4
0.9	36.9	39.2	30.0	23.4	20.0	30.5	27.0	27.0	19.8	18.1
0.85	41.0	42.7	34.6	26.9	21.9	35.5	30.5	30.9	21.4	18.9
0.8	45.1	46.3	35.7	28.5	25.2	37.8	33.6	32.0	23.0	19.9
0.75	50.6	51.2	37.9	31.0	28.2	41.8	37.1	33.6	24.5	21.7
0.7	58.9	53.9	41.2	32.0	29.5	46.3	42.9	36.4	25.7	22.6
0.65	65.3	55.4	43.4	33.8	30.8	49.9	46.4	38.0	27.4	24.0
0.6	69.8	56.3	45.2	35.3	32.5	54.5	51.6	40.1	30.2	25.1
0.55	72.4	59.1	49.7	37.1	34.7	58.5	56.5	41.9	31.9	26.8
0.5	76.0	62.0	52.5	39.0	36.5	60.8	61.5	44.5	33.3	28.2
0.45	82.5	66.2	53.6	40.2	37.8	63.5	64.5	46.0	34.5	29.6
0.4	90.8	67.8	56.7	41.5	39.6	69.5	69.8	49.7	36.4	30.6
0.35	94.3	71.9	60.7	43.9	40.8	75.2	71.8	51.9	38.1	33.0
0.3	105.4	78.9	65.6	45.9	42.9	87.6	75.4	56.7	40.2	35.8
0.25	115.0	89.7	73.0	47.4	44.6	96.7	93.0	59.8	43.9	40.6
0.2	126.8	99.9	79.5	51.0	45.8	111.1	107.3	63.6	47.7	44.8
0.15	133.6	110.6	84.7	55.2	47.8	129.7	118.3	73.8	49.8	47.4
0.1	144.1	122.0	91.9	61.1	52.2	155.5	130.3	81.0	54.1	49.5
0.05	162.0	144.9	104.4	67.3	56.5	190.7	152.4	100.1	62.0	56.2
0.01	276.4	192.2	143.3	92.5	65.6	261.6	202.5	116.0	82.9	60.9
0.001	351.3	221.5	158.9	98.9	70.2	298.0	207.3	133.5	110.5	62.7
0	359.6	224.8	159.9	99.9	70.8	301.7	207.8	136.0	115.1	62.9

Postup predikce

Z NWP modelu (ALADIN) se získají předpovědi denních průměrů ventilačního indexu a teploty pro lokalitu

Zjistí se, mezi které meze pro VI a T předpovězené hodnoty padnou, určí se krabička *IJ*

Stanoví se pravděpodobnosti překročení jednotlivých prahových jednotlivých prahových hodnot pro predikovaný den

Prahové hodnoty je možno stanovit i jinak, než je v popisu uvedeno

Testování modelu

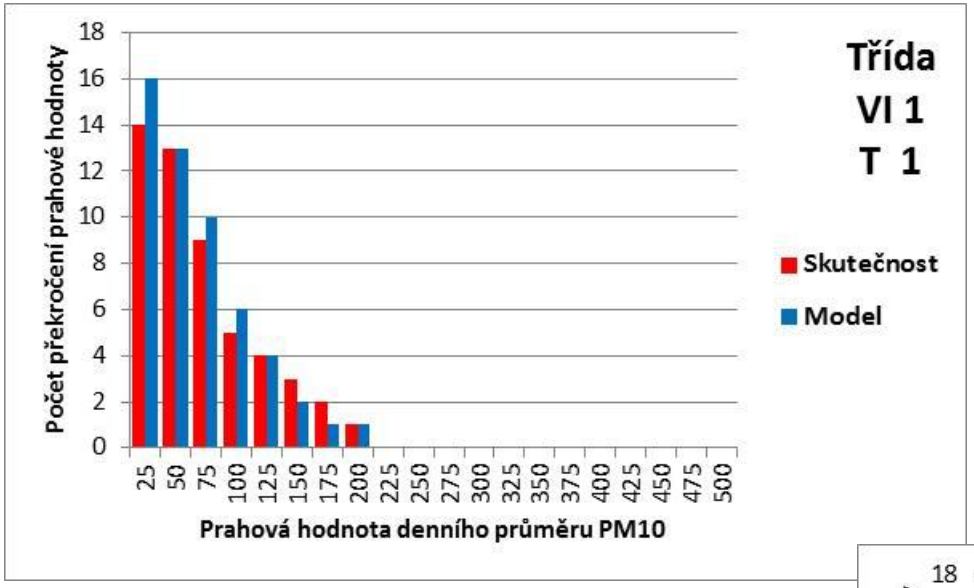
Na datech z roku 2013, které model nezná

Ze známých VI a T pro každý den pro jednotlivé kategorie stanoveny počty překročení prahových hodnot z naměřených dat a teoretické počty překročení podle modelu

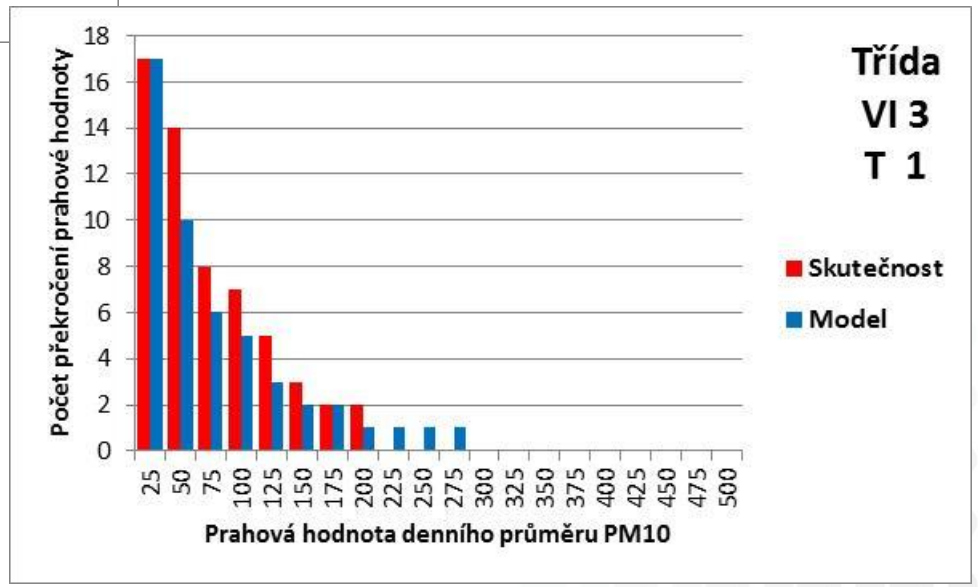
*= celkový počet výskytu dané kategorie * pravděpodobnost překročení prahu*

Grafické porovnání pro jednotlivé kategorie i pro celý soubor roku 2013

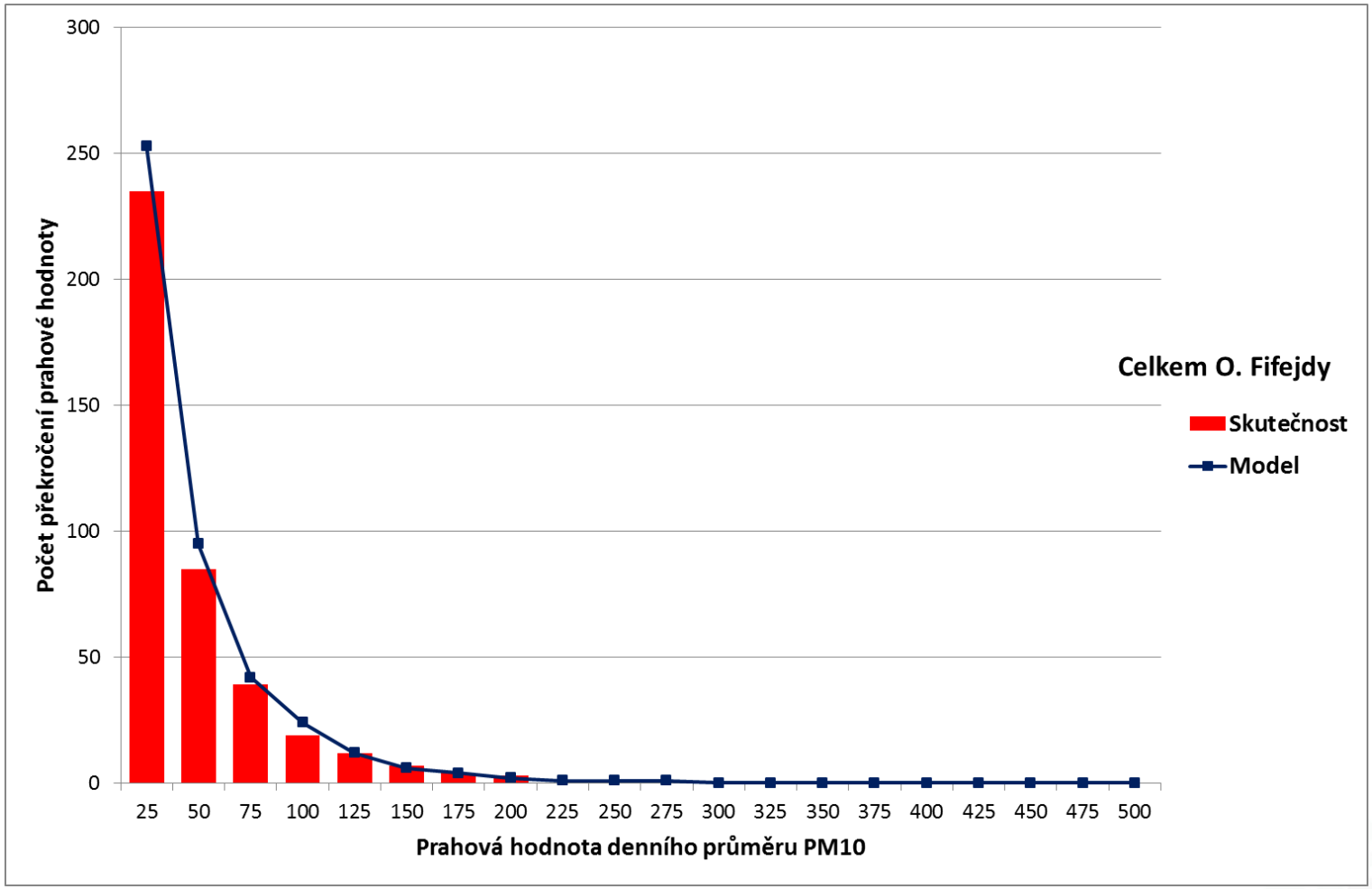
Výsledky testování modelu - kategorie



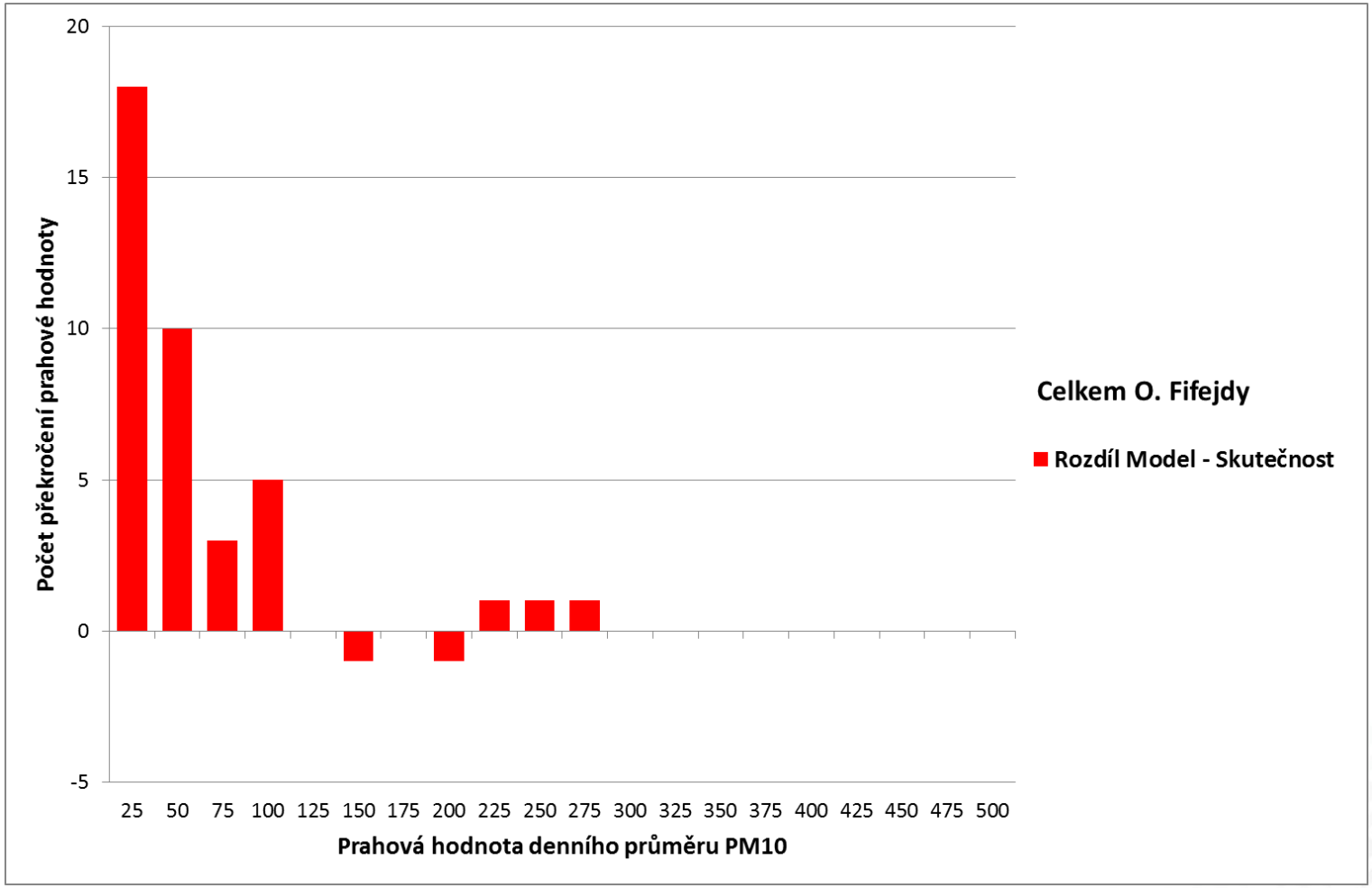
Ostrava - Fifejdy



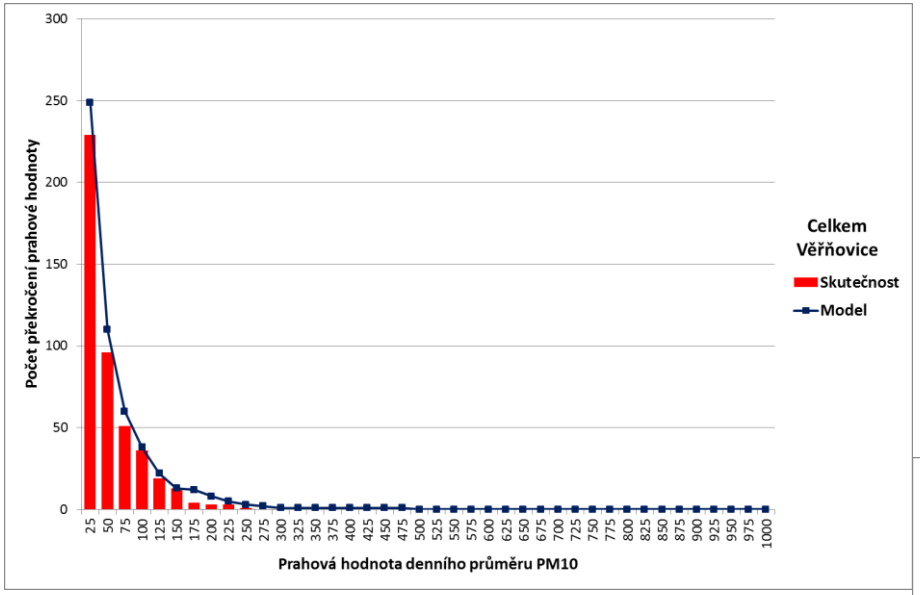
Výsledky testování modelu – celý soubor

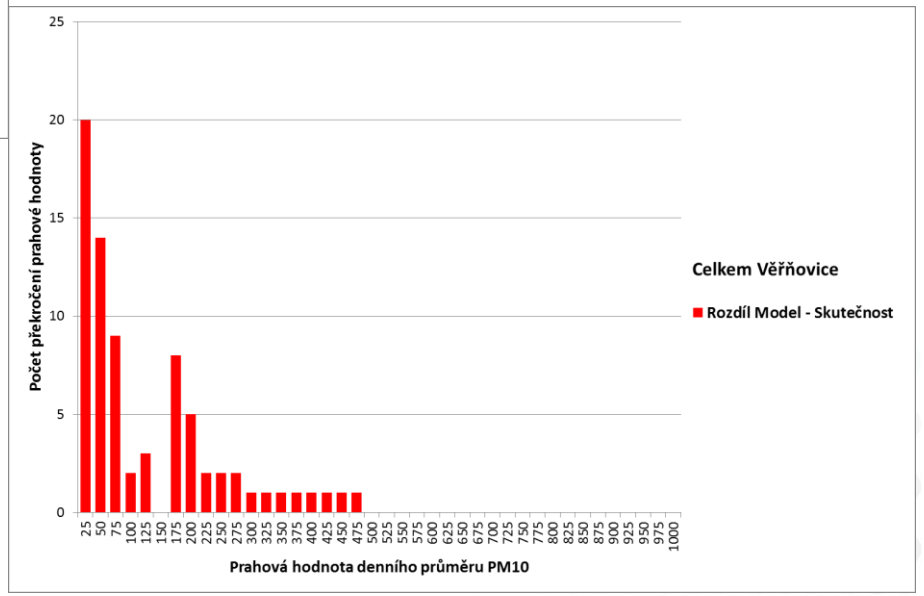


Výsledky testování modelu
Rozdíly *model-skutečnost*

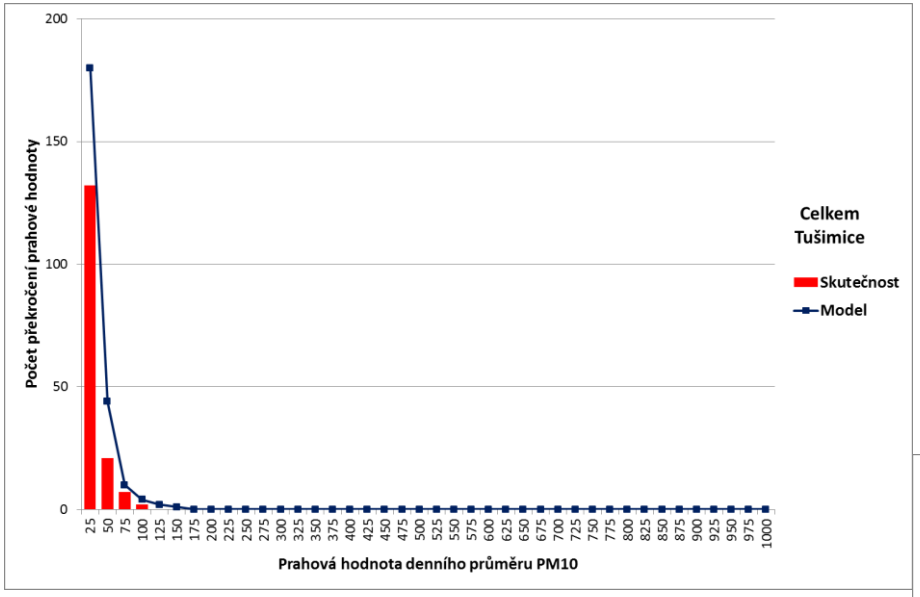


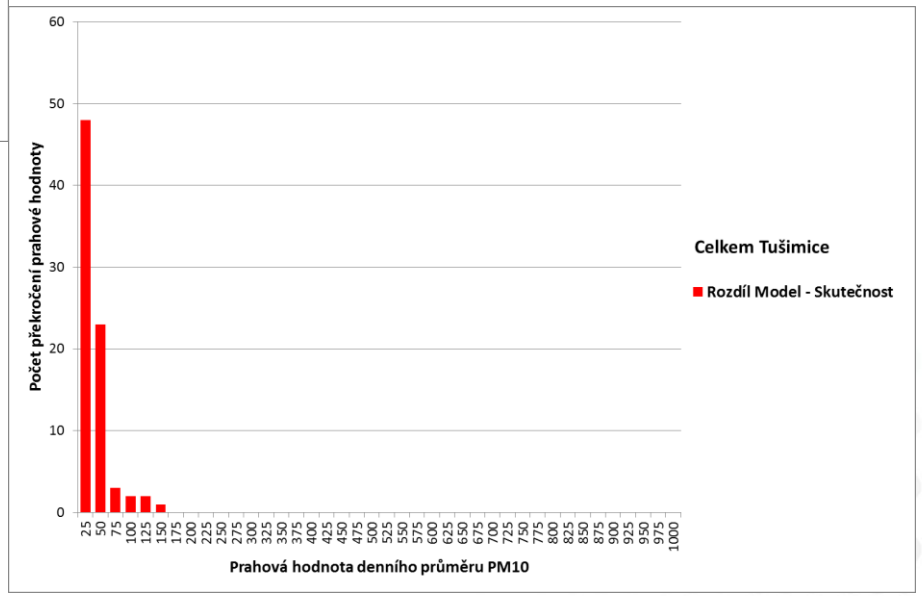
Výsledky testování modelu – Věřňovice





Výsledky testování modelu – Tušimice





Závěry a další možný vývoj

Model si vede docela dobře na naměřených datech

Až se použijí **predikované** hodnoty VI a T z NWP modelu, bude hůř

V dalším možno provést

- ověření na datech za 2013 a 2014
- ověření křížovou validací na naměřených datech 2004 - 2012
- testování s predikovanými VI a T

Vyvinout modely pro všechny stanice s měřením denních průměrů PM_{10}

Každý rok modely aktualizovat ze získaných dat PM_{10}, VI, T