

seminář

Atmosférická chemie a její interakce s procesy v atmosféře

Žermanice 21. - 23. 9. 2015

Rozptylové podmínky a měření ventilačního indexu

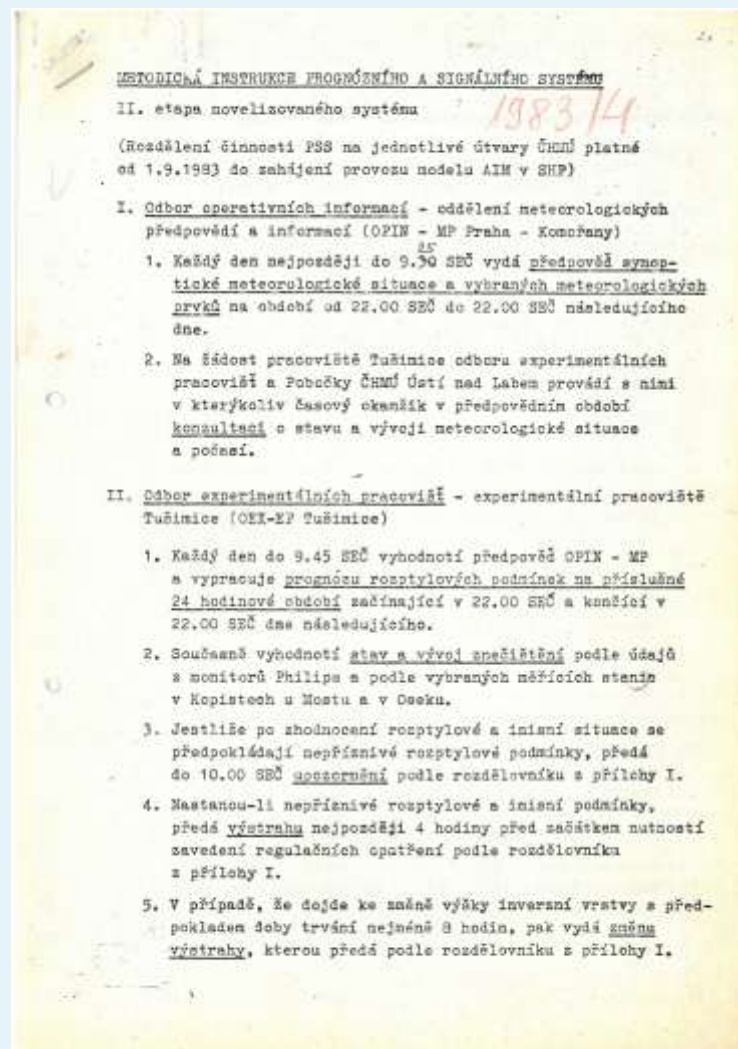
Pavel Jůza

Rozptylové podmínky jsou podmínky pro rozptyl znečišťujících látek v ovzduší.

Rozptylové podmínky jsou meteorologické podmínky, závisující zejména na teplotním profilu a větru v atmosféře. Rozptylové podmínky jsou definovány i v čistém vzduchu, jsou to podmínky pro to, jak BY se rozptylovaly příměsi v ovzduší, KDYBY se tam nějaké dostaly. Nelze tedy zaměňovat rozptylové podmínky se skutečně naměřenými koncentracemi nějakých látek.



Rozptylové podmínky se předpovídaly již v první polovině 80. let



METODICKÁ INSTRUKCE PROGNOZNIHO A SIGNÁLNÍHO SYSTÉMU

II. etapa novelizovaného systému

1983/4

(Rozdělení činnosti PSS na jednotlivé útvary ČHMÚ platné od 1.9.1983 do zahájení provozu modelu AIM v SHP)

I. Odbor operativních informací - oddělení meteorologických předpovědí a informací (OPIN - MP Praha - Komořany)

1. Každý den nejpozději do 9.²⁵30 SEČ vydá předpověď synoptické meteorologické situace a vybraných meteorologických prvků na období od 22.00 SEČ do 22.00 SEČ následujícího dne.
2. Na žádost pracoviště Tušimice odboru experimentálních pracovišť a Pobočky ČHMÚ Ústí nad Labem provádí s nimi v kterýkoliv časový okamžik v předpovědním období konzultaci o stavu a vývoji meteorologické situace a počasí.

II. Odbor experimentálních pracovišť - experimentální pracoviště Tušimice (OEX-EP Tušimice)

1. Každý den do 9.45 SEČ vyhodnotí předpověď OPIN - MP a vypracuje prognózu rozptylových podmínek na příslušné 24 hodinové období začínající v 22.00 SEČ a končící v 22.00 SEČ dne následujícího.

Příloha dopisu z ledna 1981

Příloha k dopisu č. 94/1

- ① Níže uvádíme text předpovědi rozptylových podmínek s zhodnocení stavu. Předpověď je vydáváno Pobočkou v Ústí n.L. ve 1300 hod každý pracovní den na příštích 24 hodin, v pátek s výhledem na neděli a pondělí. Tato prognóza je zasílána Spolku pro chemickou a hutní výrobu v Ústí n.L. (podle vládního usnesení) a PKAZ Ústí podle vlastní dohody.

Vysvětlivky jednotlivých stupňů:

Stupeň č. 1	velmi dobré
" 2	dobré
" 3	uspokojivé
" 4	neuspokojivé
" 5	špatné
" 6	velmi špatné

naplnění předpovědi

předpověď rozptylových podmínek na 9.1.1981
v noci a ráno na horách st.3, ve str. pol. st.4, v nížinách
všeobecně st.5, v uzavřených terénech i st.6. přes den na horách
jen slabo zlepšení na st.2. v ostatních polích st.4. uzavřených
terénech i přes den st.5.

stav na dnes:

na horách v noci st.1. od časných hodin st.2. ve str. pol. v noci
st.2. od časných ranních hodin st.3, po oběd st.4.
v nížinách st.2. od časných ranních hodin st.3. ráno a postupným
zhoršením všeobecně st.4. v uzavřených pol. st.5. tento stav
trval až do poledních hodin.

- ② Dále uvádíme, že předpověď rozptylových podmínek vydávána v Tušimicích má následující charakteristiku:
V následujících 24 hodinách budou špatné rozptylové podmínky.
Tato předpověď je vydávána experimentálním pracovištěm v Tušimicích a podle vládního usnesení je v období od 30.9. do 31./3. předávána Chemopetrol k.p. - Chemické závody SČSP Litvínov, a to jen v období, kdy se očekávají špatné rozptylové podmínky.
Energetice není v současné době tato předpověď předávána.
- ③ V dalším předkládáme ukázkou signálního systému SO_2 z monitorů v prostoru Chomutova a to z míst: Chomutov, Březno, Žaboklky, Klášterec n/O., Kadan. Jde o půlhodinov koncentrace pětiminutné skupiny udávající koncentraci SO_2 v miligramech. Toto je v podstatě jediný signální systém, který v Podkráňské pánvi existuje. Jedná se o to, aby 3 z těchto monitorů byly přeloženy do Podkráňské pánve, tak je uvedeno v hlavním dopise.

V roce 1981 dokonce 6 stupňů rozptylových podmínek, ale ne pro veřejnost a psána číselně.

Příloha k dopisu č. 94/1

① Níže uvádíme text předpovědi rozptylových podmínek a zhodnocení stavu. Předpověď je vydáváno Pobočkou v Ústí n.L. ve 1300 hod každý pracovní den na příštích 24 hodin, v pátek s výhledem na neděli a pondělí. Tato prognóza je zasílána Spolku pro chemickou a hutní výrobu v Ústí n.L. (podle vlád. usnesení) a PKAZ Užín podle vlastní dohody.

Vysvětlivky jednotlivých stupňů:

Stupeň č. 1	velmi dobré
" 2	dobré
" 3	uspokojivé
" 4	neuspokojivé
" 5	špatné
" 6	velmi špatné

naplnění podmínky

předpověď rozptylových podmínek na 9.1.1981
v noci a rano na horách st.3, ve str. pol. st.4. v nížinách
všeobecně st.5, v uzavřených terénech i st.6. přes den na horách
jen slabě zlepšení na st.2. v ostatních polohách st.4. v uzavřených
terénech i přes den st.5.

stav na dnes:

na horách v noci st.1. od časných hodin st.2. ve str. pol. v noci
st.2. od sa časných ranních hodin st.3, po 9hod. st.4.
v nížinách st.2. od časných ranních hodin st.3. rano s postupným
zhoršováním všeobecně st.4. v uzavřených pol. st.5. tento stav
trval až do poledních hodin.

Tehdejší podklady

Tehdy v první polovině 80. let nebylo mnoho objektivních podkladů pro předpověď a vyhodnocování rozptylových podmínek. Byly k dispozici předpovědi teploty a větru v hladině 850 hPa a při zemi, ale hladina 925 hPa tehdy ještě nebyla obvyklá, a nějaká předpověď vertikálního profilu vůbec ne. Ani pro vyhodnocování nebylo moc podkladů, automatické meteorologické stanice ještě moc nebyly a aktuální údaje byly jen ze synopových stanic. Sodar byl tehdy v Tušimicích, ale ještě ne dopplerovský, takže nevyhodnocoval rychlost větru, ale jen odrazivost, ze které se dala poznat výška inverze, ale ne vítr ani teplotní profil. Ve východní části podkrušnohorské pánve nebyl ani sodar.

Předpovědi pro veřejnost

Na podzim 1988 se začaly vydávat předpovědi počasí i pro veřejnost. Rozlišovaly se tři stupně – dobré rozptylové podmínky, zhoršené (později přejmenované na mírně nepříznivé) a nepříznivé. Toto rozdělení v podstatě přetrvává dosud.

„Definice“

Rozptylové podmínky závisí zejména na větru a teplotním profilu atmosféry (zejména výskytu inverze), ale jejich definice by především měla vycházet z jejich účinku na rozptyl škodlivin. Mohou tedy záviset i na terénu, charakteru předpokládaných zdrojů a podobně.

- **Dobré** rozptylové podmínky jsou takové, kdy se příměsi mohou volně rozptylovat, jejich rozptyl není omezen žádnou inverzí ani izotermií
- **Mírně nepříznivé** rozptylové podmínky jsou takové, že rozptyl škodlivin je poněkud omezen zejména inverzí v kombinaci se slabším větrem
- **Nepříznivé** rozptylové podmínky znamenají, že déletrvající výrazná inverze v kombinaci s bezvětřím nebo slabým větrem výrazně omezuje rozptyl a vytváří podmínky pro delší hromadění škodlivin v ovzduší.

V případě výskytu výškové inverze závisí rozptylové podmínky na kombinaci výšky spodní hranice inverze a rychlosti větru pod inverzí.

V případě výskytu nízké přízemní inverze mohou být rozptylové podmínky pro vysoké zdroje znečištění (např. elektrárenské komíny) dobré, i když pro nízké zdroje jsou mírně nepříznivé nebo nepříznivé.

Ventilační index

Číselným parametrem, který souvisí s rozptylovými podmínkami, je ventilační index. Vypočítává se jako součin výšky směšovací vrstvy a průměrné rychlosti větru ve směšovací vrstvě. V případě výškové inverze výšce směšovací vrstvy většinou odpovídá výška spodní hranice inverze. Pro vztah mezi ventilačním indexem a rozptylovými podmínkami se uvádí, že dobrým rozptylovým podmínkám odpovídá ventilační index nad $3000 \text{ m}^2/\text{s}$, mírně nepříznivým rozptylovým podmínkám ventilační index 1100 až $3000 \text{ m}^2/\text{s}$ a nepříznivým rozptylovým podmínkám ventilační index menší než $1100 \text{ m}^2/\text{s}$.

Je však nutno si dát pozor na to, že ventilační index není jediným parametrem hodnocení rozptylových podmínek, dalším je například doba trvání. Např. o nepříznivých rozptylových podmínkách se dá hovořit tehdy, jestliže inverze se slabým větrem a ventilační index pod $1100 \text{ m}^2/\text{s}$ trvá alespoň 24 hodin, případně o krátkodobě nepříznivých rozptylových podmínkách alespoň 12 hodin. Klesne-li ventilační index pod $1100 \text{ m}^2/\text{s}$, třeba i na desítky nebo jednotky m^2/s , ale jen na hodinu nebo na dvě, nelze mluvit o nepříznivých rozptylových podmínkách, protože rozhodně nejde o situaci podmiňující déletrvající hromadění škodlivin v ovzduší.

Předpověď ventilačního indexu

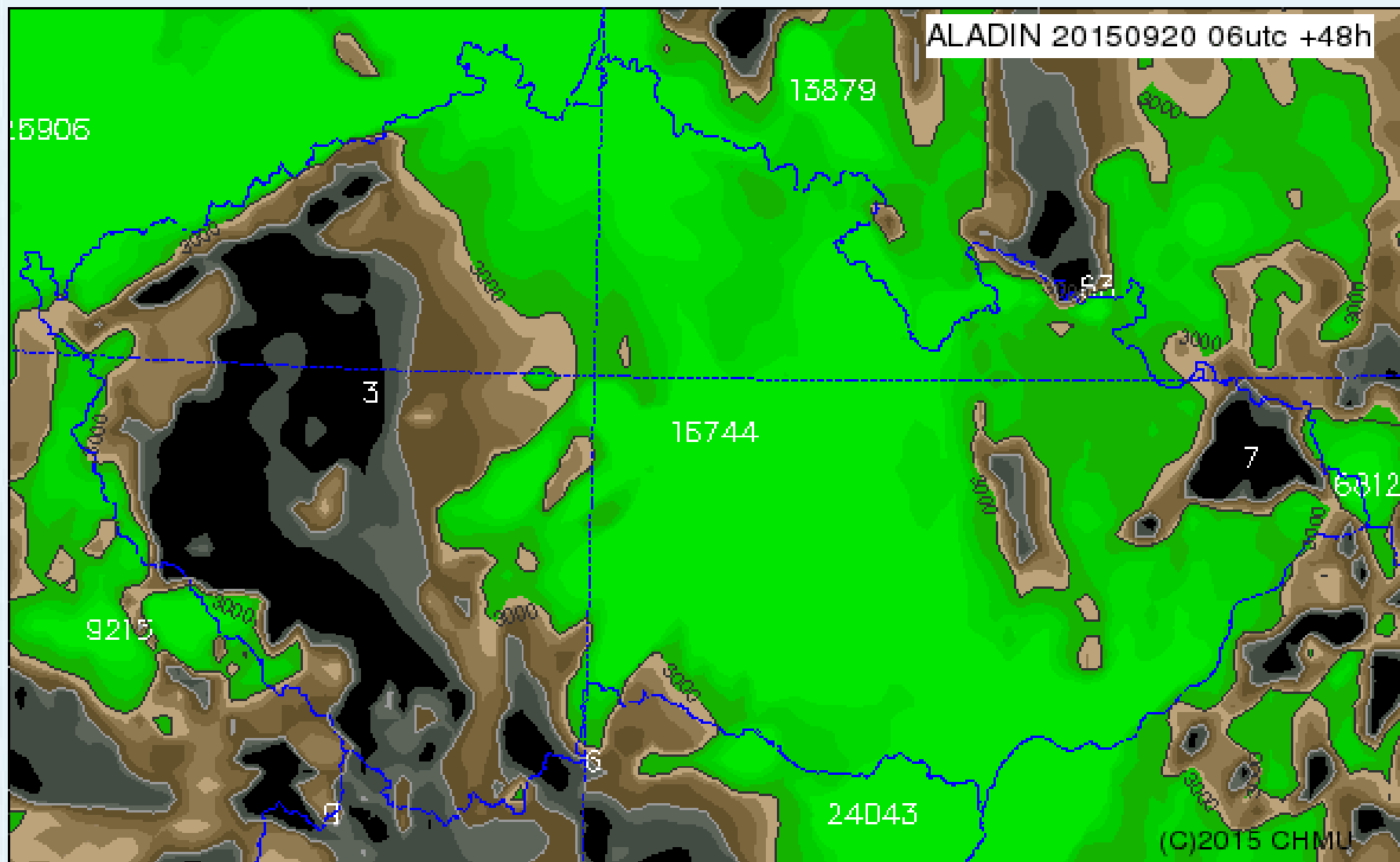
V současné době, kdy existují numerické předpovědní modely, které předpovídají v podstatě trojrozměrné rozložení meteorologických prvků, včetně teploty a větru, není problém jako jeden z výstupů těchto modelů poskytovat i ventilační index.

I model Aladin poskytuje mimo jiné i předpověď ventilačního indexu.

Avšak stejně jako u jiných prvků jde pouze o modelový výstup, předpověď, není to dogma. Stejně jako ne vždy přesně vyjde modelová předpověď teploty nebo větru, nemusí vyjít ani předpověď ventilačního indexu.

Modelová předpověď ventilačního indexu je cenná pomůcka, ale jen jedna z několika.

Ukázka předpovědi ventilačního indexu podle ALADINa



Měření ventilačního indexu

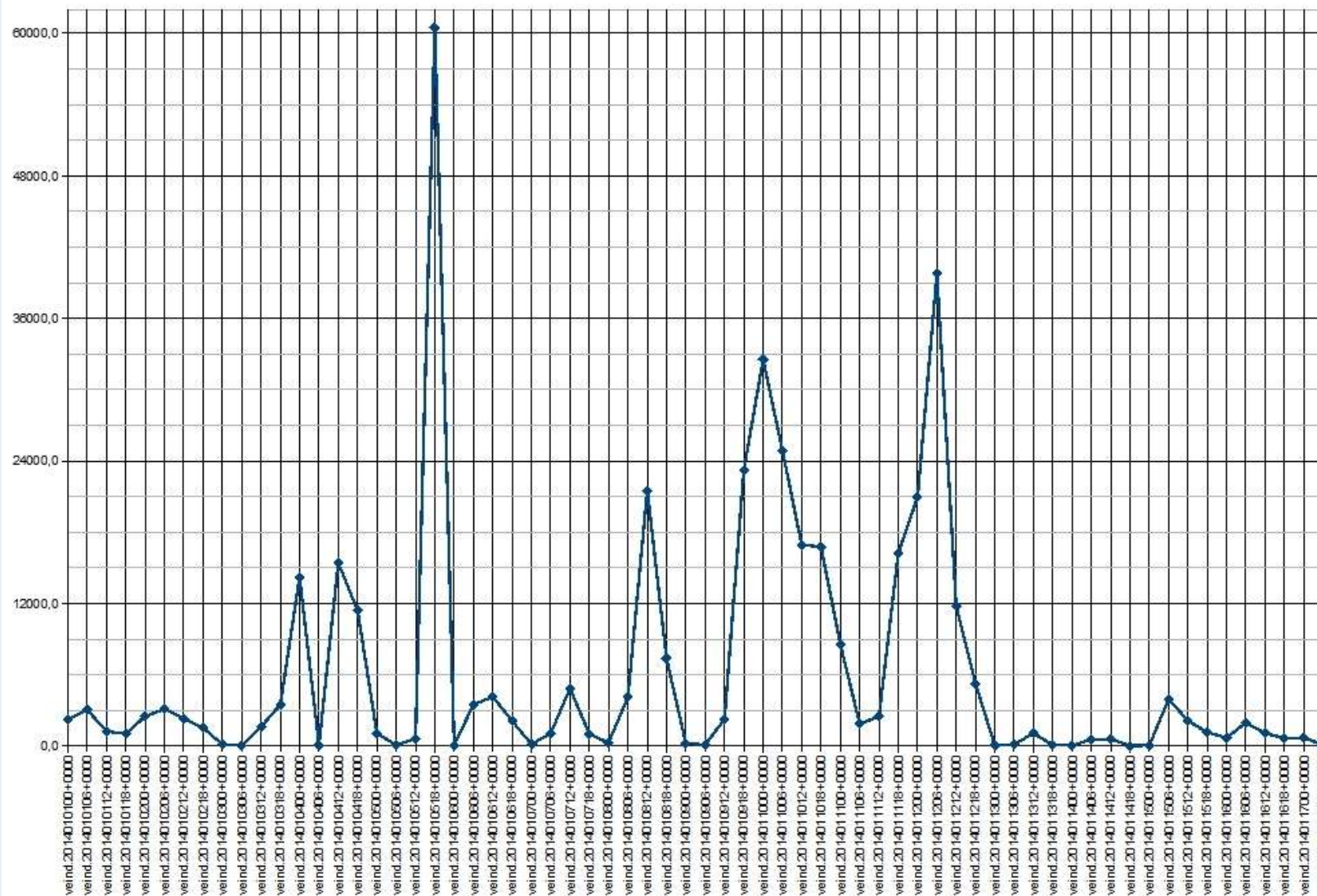
Model ALADIN může poskytovat i předpověď ventilačního indexu na 0 hodin, ale i to je jen modelový výpočet, ne skutečné měření.

Jak rozlišovací schopnost modelu, tak hustota vstupních dat modelu, horizontální i vertikální, rozhodně není taková, aby modelový výpočet jakéhokoli prvku, včetně ventilačního indexu, mohl nahradit skutečné měření. Stejně jako například u teploty, větru, oblačnosti, srážek a podobně, mohou skutečné hodnoty zejména v členitější krajině být od modelového výstupu dost odlišné, a to i v „předpovědi“ na 0 hodin.

Podle definice je zapotřebí změřit aktuální vertikální profil rychlosti větru a aktuální výšku směšovací vrstvy.

Ventilační index dle ALADINa, první půlka ledna 2014

Ventilační index leden 2014



Sodar

V rámci působnosti ústecké pobočky jsme jeden čas měli sodar, umístěný poblíž hranice měst Ústí nad Labem a Trmice. Zhruba od roku 1996 do roku 2004 software dodaný k tomuto sodaru dodával jak vertikální profil větru, tak výšku směšovací vrstvy (i když bohužel nedodali postup, jak to počítá).

Bohužel originální údaje z tohoto sodaru se nedochovaly.

K tomuto sodaru jsme tehdy používali zobrazovací program od Libora Černíkovského, který mohl zobrazovat několik prvků současně, a tedy i kombinaci směšovací vrstvy a rychlostí větru. A právě na tomto zobrazení bylo možno velice dobře, i když ne přímo číselně, sledovat něco, co odpovídalo ventilačnímu indexu. Byla to cenná pomůcka při vyhodnocování rozptylových podmínek.

BL#	MONTH	DAY	YEAR	HOUR	MIN	VAL1	VAL2	VAL3	VAL4
0	4	30	2012	0	0	1120	1095	1492	220

SPU1	SPU2	SPU3	SPU4	NOIS1	NOIS2	NOIS3	NOIS4	FEMAX	SOFTW
4	6	5	0	581	591	592	121	29	8115

FE11	FE12	FE21	FE22	SNR1	SNR2	SNR3	SNR4	CHECK	JAM
15	15	15	15	87	106	86	77	150	350

ALT	CT	SPEED	DIR	S	DIR	W	SW	SU	SU	INUMI	STAB	DTDZ	ECH	T	T	ST
1200	41	336	266	14	-65	112	156	75	-9999	5	-11	-9999	174	-9999		
1150	38	224	201	17	-23	114	154	85	-9999	5	-11	-9999	178	-9999		
1100	76	275	187	33	-34	131	137	170	-9999	5	-8	-9999	182	-9999		
1050	259	404	185	25	-35	159	96	224	-9999	5	5	-9999	186	-9999		
1000	243	355	243	23	-38	147	102	212	-9999	5	4	-9999	190	-9999		
950	82	674	279	21	-34	137	104	200	-9999	5	-8	-9999	194	-9999		
900	46	637	284	18	-28	125	103	184	-9999	5	-11	-9999	198	-9999		
850	50	505	304	16	2	111	102	166	-9999	5	-10	-9999	202	-9999		
800	36	765	293	13	37	97	100	149	-9999	4	-11	-9999	206	-9999		
750	29	502	262	10	34	83	98	130	-9999	4	-12	-9999	210	-9999		
700	44	795	296	8	45	68	95	108	-9999	3	-9	-9999	214	-9999		
650	60	997	311	7	32	60	96	91	-9999	3	-6	-9999	218	-9999		
600	89	907	313	8	8	60	104	87	-9999	3	-2	-9999	222	-9999		
550	116	775	313	9	-2	60	101	91	-9999	3	2	-9999	226	-9999		
500	137	698	309	10	1	51	93	94	-9999	3	7	-9999	230	-9999		
450	152	652	311	9	7	32	85	86	450	3	19	-9999	234	-9999		
400	158	597	321	8	10	22	77	67	400	3	30	-9999	237	-9999		
350	189	524	332	9	5	12	68	68	350	3	65	-9999	240	-9999		
300	282	460	343	9	5	10	70	66	300	3	121	-9999	242	-9999		
250	407	404	354	14	4	14	61	76	250	3	141	-9999	243	-9999		
200	557	312	26	17	3	22	59	83	200	4	143	4444	244	98		
150	626	321	37	16	1	28	63	84	150	4	136	5143	241	109		
100	548	330	41	15	-2	29	62	83	100	4	114	4828	241	93		
50	559	259	36	16	1	26	61	84	0	2	127	2775	242	83		

\$

BL#	MONTH	DAY	YEAR	HOUR	MIN	VAL1	VAL2	VAL3	VAL4						
0	4	30	2012	0	0	1120	1095	1492	220						
SPU1	SPU2	SPU3	SPU4	NOIS1	NOIS2	NOIS3	NOIS4	FEMAX	SOFTW						
4	6	5	0	581	591	592	121	29	8115						
FE11	FE12	FE21	FE22	SNR1	SNR2	SNR3	SNR4	CHECK	JAM						
15	15	15	15	87	106	86	77	150	350						
ALT	CT	SPEED	DIR	S	DIR	W	SW	SU	INUMI	STAB	DTDZ	ECH	T	T	ST
1200	41	336	266	14	-65	112	156	75	-9999	5	-11	-9999	174	-9999	
1150	38	224	201	17	-23	114	154	85	-9999	5	-11	-9999	178	-9999	
1100	76	275	187	33	-34	131	137	170	-9999	5	-8	-9999	182	-9999	
1050	259	404	185	25	-35	159	96	224	-9999	5	5	-9999	186	-9999	
1000	243	355	243	23	-38	147	102	212	-9999	5	4	-9999	190	-9999	
950	82	674	279	21	-34	137	104	200	-9999	5	-8	-9999	194	-9999	
900	46	637	284	18	-28	125	103	184	-9999	5	-11	-9999	198	-9999	
850	50	505	304	16	2	111	102	166	-9999	5	-10	-9999	202	-9999	
800	36	765	293	13	37	97	100	149	-9999	4	-11	-9999	206	-9999	
750	29	502	262	10	34	83	98	130	-9999	4	-12	-9999	210	-9999	
700	44	795	296	8	45	68	95	108	-9999	3	-9	-9999	214	-9999	
650	60	997	311	7	32	60	96	91	-9999	3	-6	-9999	218	-9999	
600	89	907	313	8	8	60	104	87	-9999	3	-2	-9999	222	-9999	
550	116	775	313	9	-2	60	101	91	-9999	3	2	-9999	226	-9999	
500	137	698	309	10	1	51	93	94	-9999	3	7	-9999	230	-9999	
450	152	652	311	9	7	32	85	86	450	3	19	-9999	234	-9999	
400	158	597	321	8	10	22	77	67	400	3	30	-9999	237	-9999	
350	189	524	332	9	5	12	68	68	350	3	65	-9999	240	-9999	
300	282	460	343	9	5	10	70	66	300	3	121	-9999	242	-9999	
250	407	404	354	14	4	14	61	76	250	3	141	-9999	243	-9999	
200	557	312	26	17	3	22	59	83	200	4	143	4444	244	98	
150	626	321	37	16	1	28	63	84	150	4	136	5143	241	109	
100	548	330	41	15	-2	29	62	83	100	4	114	4828	241	93	
50	559	259	36	16	1	26	61	84	0	2	127	2775	242	83	

\$

Pro zajímavost, pozemek se sodarem byl v srpnu 2002 zaplaven v důsledku povodni na 2 km vzdáleném Labi



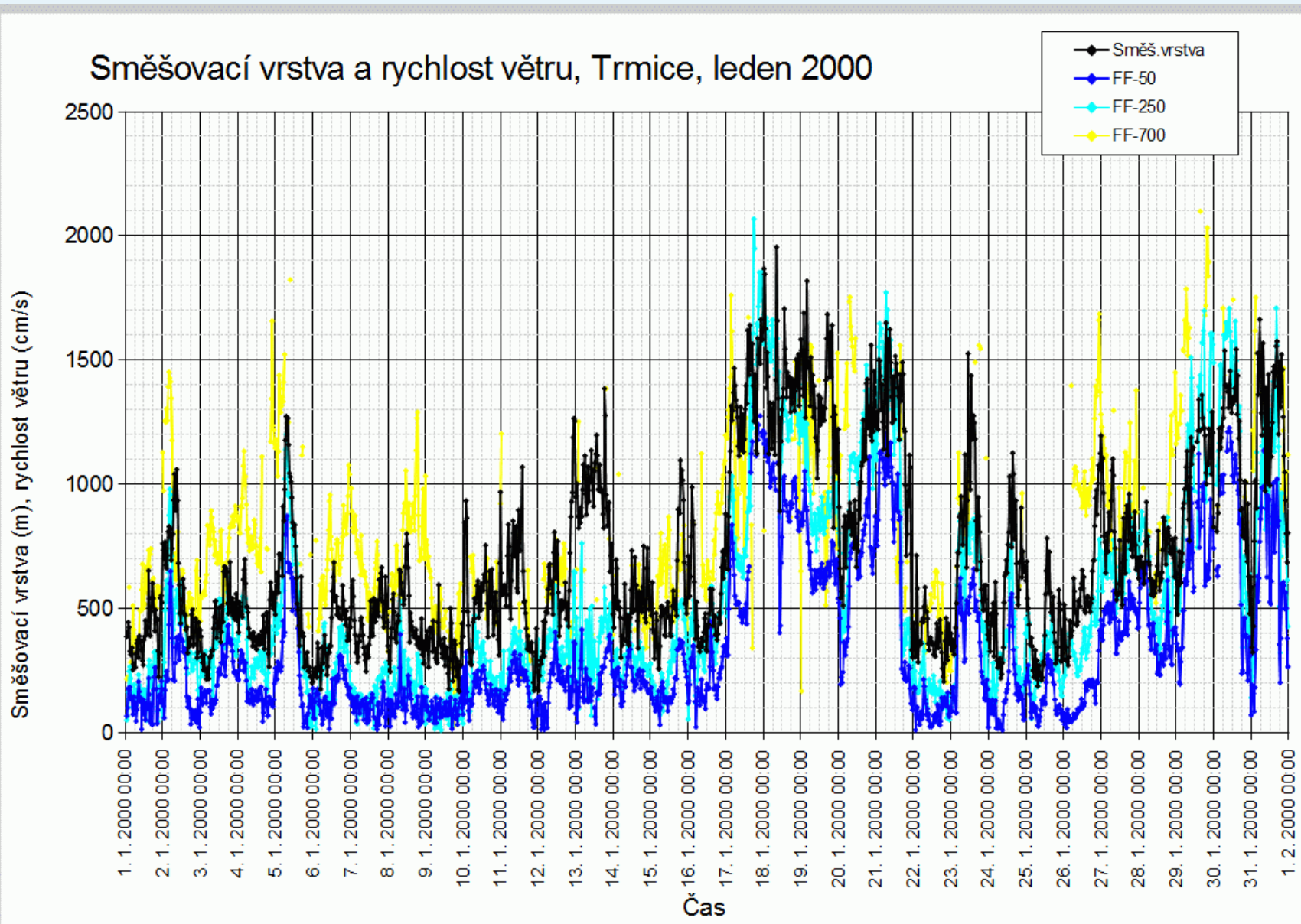


Naštěstí se podařilo citlivé součásti sodaru včas zvednout mimo dosah vody, takže povodeň sodar nepoškodila a po revizi byl krátce po povodni opět zprovozněn, a pak fungoval ještě asi 2 roky.

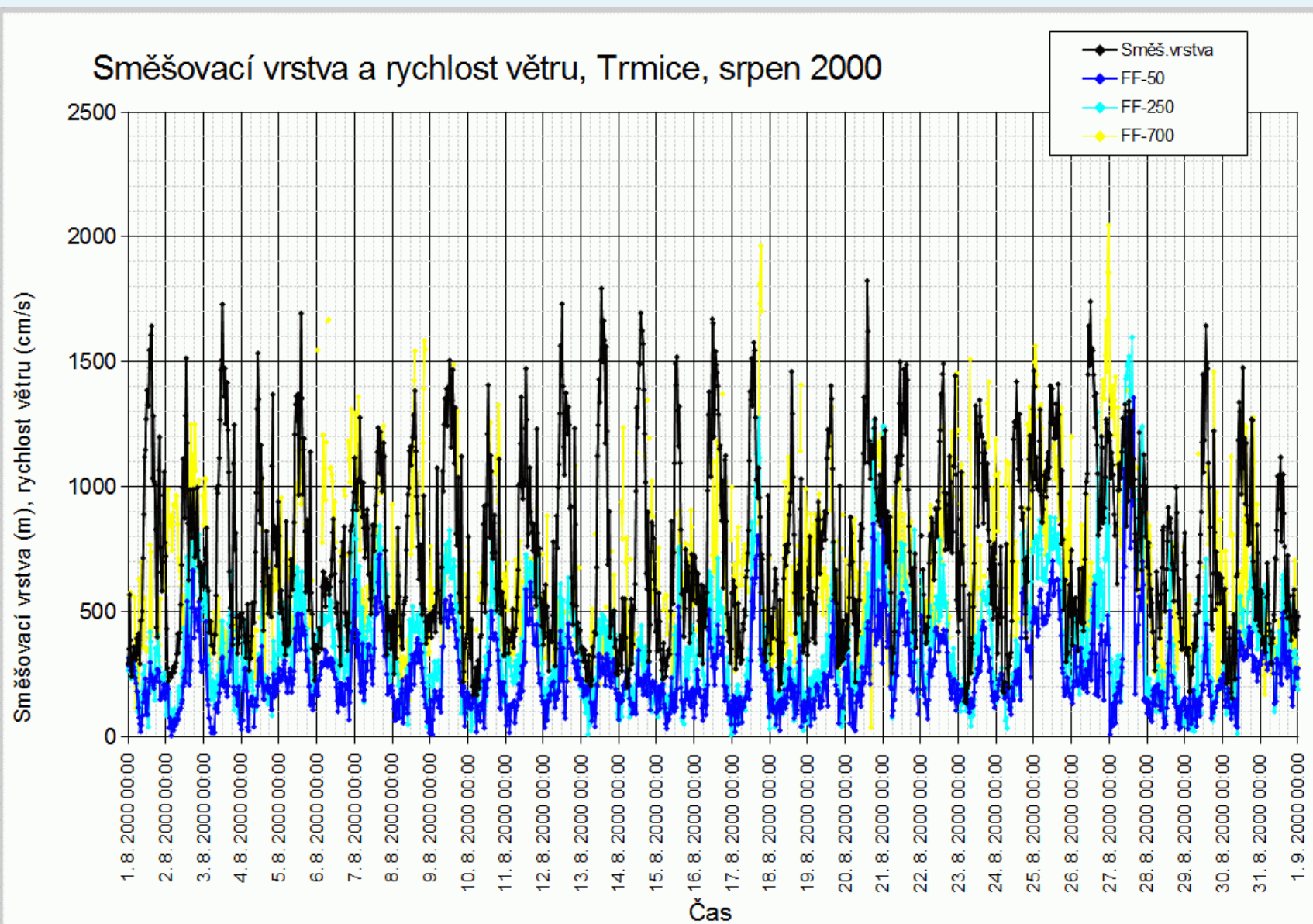




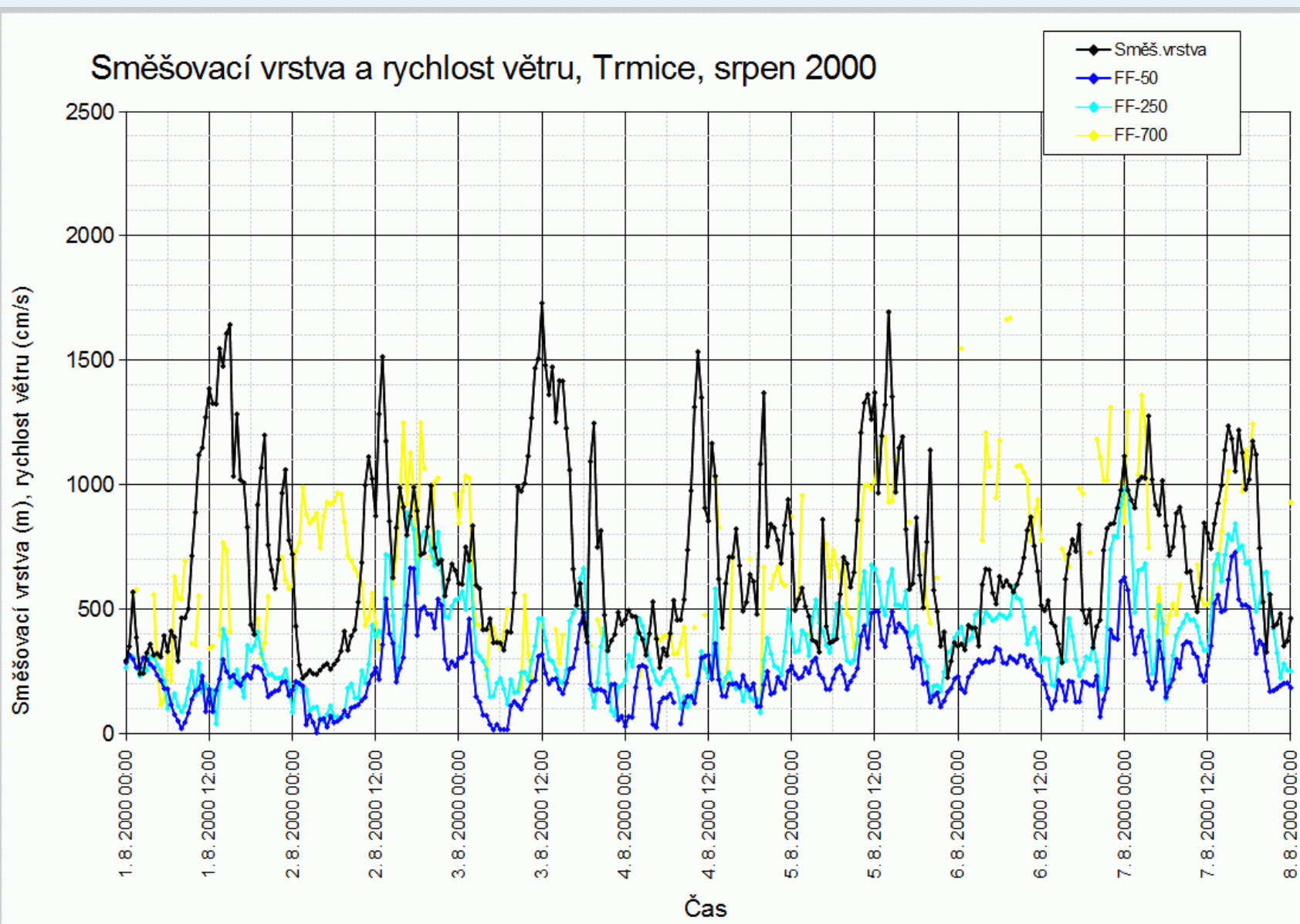
Směšovací vrstva a rychlost větru dle sodaru, leden 2000



Směšovací vrstva a rychlost větru dle sodaru, srpen 2000



Směšovací vrstva a rychlost větru dle sodaru, srpen 2000



Bohužel inovovaný sodar, který jsme měli po roce 2005, již výšku směšovací vrstvy nedodával.

Možnosti měření ventilačního indexu

- Vertikální profil teploty, včetně inverzí, se dá velice přibližně odhadnout podle pozemních meteorologických stanic
- Vertikální profil větru se dá určit podstatně hůř, protože na pozemních stanicích je výrazně ovlivněn povrchem
- Aerologické výstupy jsou k dispozici jen třikrát denně a jen na dvou místech v republice
- Na určení výšky směšovací vrstvy podle měření pozemních stanic není dostupný vhodný postup
- Modelové výpočty předpovědních modelů na 0 hodin nemohou nahradit skutečné měření
- **Vhodným zařízením pro měření ventilačního indexu je sodar**
- Sodar může poskytnout jak výšku směšovací vrstvy, tak vertikální profil větru, tudíž by nepochybně bylo možné tyto údaje zpracovat tak, že by byly operativně k dispozici aktuální hodnoty ventilačního indexu.

Závěr

- Ventilační index je vhodnou číselnou charakteristikou pro vyhodnocování rozptylových podmínek
- Předpověď ventilačního indexu od numerických předpovědních modelů je dobrou pomůckou, ale není to dogma, stejně jako modelové předpovědi dalších prvků
- Modelová „předpověď“ na 0 hodin nemůže nahradit skutečné měření
- Ventilační index je okamžitá hodnota, zatímco hodnocení rozptylových podmínek musí zahrnovat i další charakteristiky, například dobu trvání
- Podle pozemních měření (tzv. pseudogradientu) lze odhadovat charakter rozptylových podmínek, ne však ventilační index
- Přístrojem, který je schopen měřit veličiny potřebné ke stanovení ventilačního indexu, je sodar
- Sodar je v současné době jediné zařízení, které je schopno dodávat objektivní číselnou veličinu související s rozptylovými podmínkami, tedy ventilační index



Děkuji za pozornost