

Alica Bajić<sup>1</sup>, Stjepan Ivatek-Šahdan<sup>1</sup>, Zvonko Žibrat<sup>1</sup>

## **ANEMOALARM – iskustva operativne primjene prognoze smjera i brzine vjetra**

### Sažetak:

Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) i µm-meteorološki sustavi u suradnji s Hrvatskim cestama razvili su program za upravljanje prometom s obzirom na opasnost za vozila zbog jakog vjetra nazvan ANEMOALARM. Program je u DHMZ-u operativan od rujna 2007.godine. Ovaj rad daje prikaz dosadašnjih iskustava s radom programa na području od Prizne do Lokvina, s posebnim osvrtom na usporedbu mjerenih i prognoziranih vrijednosti brzine vjetra. Prva zima testnog korištenja pokazala je da program veoma dobro prognozira situacije s vjetrom jačine opasne po sigurnost prometa. Međutim, sigurno je potrebno dalje praćenje rada ovog sustava kako bi se povećala njegova pouzdanost.

---

<sup>1</sup> mr. sc. Alica Bajić  
mr. sc. Stjepan Ivatek-Šahdan  
Zvonko Žibrat, dipl. ing.  
Državni hidrometeorološki zavod  
Grič 3, 10000 Zagreb

## 1. UVOD

Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) i µm-meteorološki sustavi u suradnji s Hrvatskim cestama razvili su program za upravljanje prometom s obzirom na opasnost za vozila zbog jakog vjetera nazvan ANEMO-ALARM. Osnovna postavka ANEMO-ALARMA je: na osnovi ALADIN (za detalje vidi [http://prognoza.hr/aladin\\_prognoza.html](http://prognoza.hr/aladin_prognoza.html)) 72-satne prognoze smjera i brzine vjetera, izmjerenih podataka u realnom vremenu, te postavljenih graničnih nivoa brzina vjetera program predviđa početak i kraj pripremnog, predalarmnog i alarmnog stanja za ograničavanje prometa pojedinoj kategoriji vozila kao i za ponovno poništenje ograničenja prometa. Da bi to bilo moguće potrebno je u suradnji meteorologa, prometnih stručnjaka i operativnih kontrolora cestovnog prometa definirati kriterije na osnovu kojih se određuje pripreмно, predalarmno i alarmno stanje na početku i na kraju situacije s jakim vjetrom, status akcije (otvori-zatvori), te praćenje stanja nakon akcije. U početnoj fazi rada programa postavljeni su sadašnji važeći kriteriji, a program će omogućavati promjene istih kada se usklade sve stručne i pravne norme.

Osnovni operativni statusi definirani programom su:

**Upozoravajući termin** se postavlja odmah po primljenoj prognozi i daje podatak kada se za koju kategoriju vozila po prognoziranim vrijednostima očekuje zatvaranje i otvaranje prometa. U toj fazi upozoravajućeg termina raspolaže se i s podatkom očekivanog vremena u kojem bi prometnica bila zatvorena za pojedinu kategoriju vozila.

**Pripreмni termin** obuhvaća vrijeme od nekoliko sati (potrebno definirati u suradnji svih sudionika izrade i korištenja programa) prije izvršnog. U tom vremenu je nužno da operateri kontrole odvijanja prometa budu u stalnoj pripravnosti i da prate odnos izmjerenih podataka i prognoziranih vrijednosti (ostvarenje prognoze).

**Izvršni termin** je taj koji daje podatak o zatvaranju i otvaranju prometnice. Izvršni se termin određuje na osnovi prognoze brzine vjetera i do postignutog njenog ostvarenja (slaganja s izmjerenim podacima) u unaprijed definiranom broju prethodnih 10-minutnih intervala.

Za operativan rad programa nužno je unaprijed definirati osnovne kriterije koje u program treba ugraditi.

Na osnovi postojećih iskustva i studijskih radova (1,2) definirani su osnovni kriteriji:

- a) smjerovi vjetera iz kojih se očekuje jak vjetar opasan po sigurnost prometa (smjer bure) 0-90° (N-E),
- b) brzine vjetera kritične za sigurnost odvijanja prometa za pojedine kategorije vozila uz različito stanje kolnika,

c) koliko 10-minutnih intervala je potrebno da kriteriji a) i b) budu zadovoljeni da bi se proglašio pojedini alarmni status (1 sat za upozoravajući status, 1.5 sat za status zatvaranja prometa i 2 sata za status otvaranja prometa),

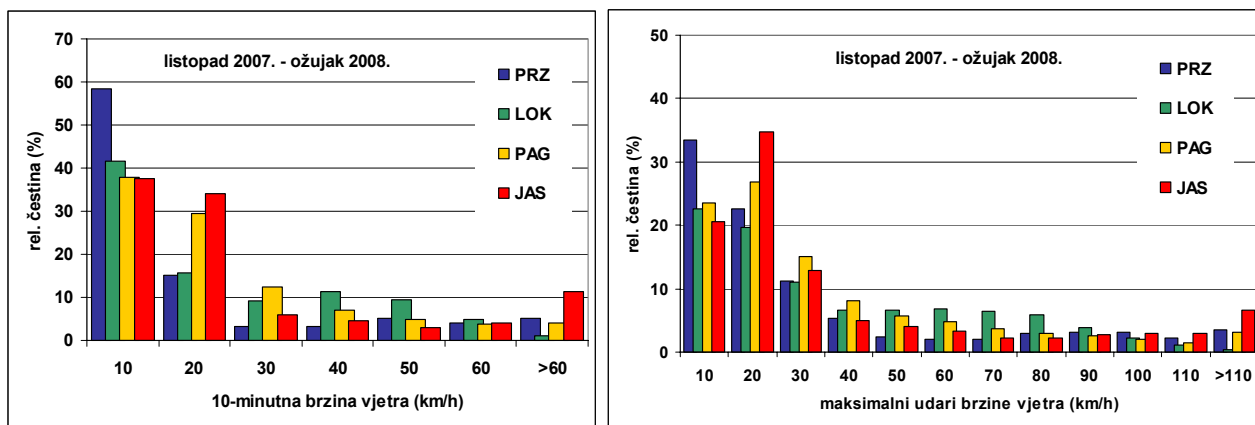
d) koliko unaprijed je zbog operativne provedivosti potrebno definirati upozoravajući, pripremni i izvršni termin (upozoravajući status 36 sati unaprijed, pripremni status 24 sati unaprijed).

ANEMO-ALARM program je u DHMZ-u operativan od rujna 2007.godine (3). Cilj je ovog rada prikaz dosadašnjih iskustava s radom programa s naglaskom na pouzdanost predviđanja pripremnog, predalarmnog i alarmnog stanja.

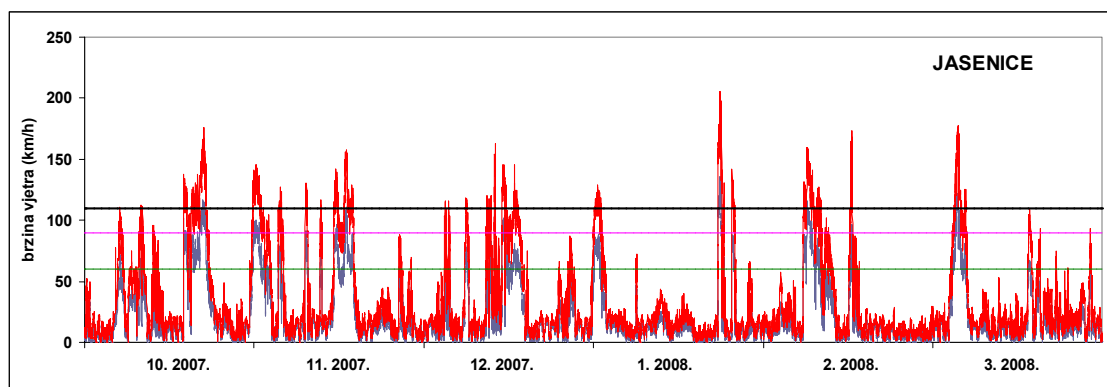
## 2. SITUACIJE S ISPUNJENIM KRITERIJEM ZA ZATVARANJE PROMETA

ANEMO-ALARM je trenutno aktivan za 7 lokacija: Bakarac, Povile, Prizna, Most Pag, Lokvine, Jasenice i od travnja 2008. Maslenički most (stari) na kojima Hrvatske ceste raspolažu podacima kontinuiranog mjerenja smjera i brzine vjetra. Analiza koja slijedi odnosit će se na područje od Prizne do Jasenica za razdoblje listopad 2007. - ožujak 2008.

U tom je razdoblju najveći broj 10-minutnih intervala s brzinom većom od 60 km/h zabilježen na lokaciji Jasenice (11.2 %), a najmanji na lokaciji Lokvine (1.0 %) (slika 1). Jak je vjetar zabilježen u 16 situacija što se može vidjeti na primjeru Jasenica na kojima nema nedostajućih podataka mjerenja i gdje su zabilježene najveće brzine vjetra (slika 2). U svim je situacijama i na ostalim promatranim lokacijama zabilježena bura, ali nešto manje brzine.



Slika 1. Razdioba čestina srednje 10-minutne (lijevo) i maksimalne trenutne (desno) brzine vjetra na odabranim lokacijama u razdoblju listopad 2007. – ožujak 2008.



Slika 2. Hod srednje 10-minutne (crveno) i maksimalne (plavo) brzine vjeta na lokaciji Jasenice u razdoblju listopad 2007. – ožujak 2008. Vodoravne linije označavaju granične vrijednosti brzine vjeta za pojedine kategorije vozila od 60 km/h, 90 km/h i 110 km/h.

Tablica 1. Situacije s jakom burom u razdoblju listopad 2007 – ožujak 2008. JAS BR. – broj 10-minutnih intervala sa srednjom brzinom većom od 60 km/h, V10 – najveća 10-minutna brzina vjeta u situaciji izražena u km/h, DP – razlika mjerene i prognozirane najveće brzine 10-minutne brzine vjeta izražena u % -  $DP = (V_{mjerene} - V_{prognoza}) * 100 / V_{mjerene}$

	SITUACIJA	JAS BR.	JAS V10 (km/h)	JAS DP (%)	PAG V10 (km/h)	PAG DP (%)	LOK V10 (km/h)	LOK DP (%)	PRZ V10 (km/h)	PRZ DP (%)
1	7.10.2007.	35	79.2	38	65.5	28	46.1	33	-	-
2	11.10.2007.	18	70.2	34	52.6	5	51.1	39	-	-
3	18.-23.10.2007.	512	116.6	49	81.0	14	50.4	27	64.1	2
4	31.10.-5.11.2007.	280	100.4	34	82.1	9	61.2	40	80.6	11
5	9-10.11.2007.	62	91.1	31	79.9	20	47.2	26	64.4	10
6	14-18.11.2007.	371	110.9	37	-	-	73.1	47	92.5	19
7	4-5.12.2007.	35	78.5	39	-	-	38.2	45	54.4	23
8	8.12.2007.	60	79.5	28	70.2	6	51.5	40	69.8	4
9	12-13.12.2007.	67	108.0	29	-	-	69.5	42	74.9	-1
10	15.-18.12.2007.	299	101.5	41	-	-	62.6	36	87.5	21
11	31.12.2007.-1.1.2008.	158	88.6	39	76.3	27	56.5	45	58.0	17
12	22-23.1.2008.	104	135.7	40	103.3	19	81.4	45	83.2	13
13	25.1.2008.	59	88.2	29	65.5	2	63.0	43	69.1	15
14	7-10.2.2008.	411	115.6	34	95.8	27	-	-	75.6	14
15	15-16.2.2008.	55	96.5	34	69.8	3	63.7	40	69.1	0
16	5-7.3.2008.	305	122.0	30	101.9	6	74.5	34	102.2	4
	<b>prosječna razlika DP</b>			<b>35</b>		<b>14</b>		<b>39</b>		<b>11</b>

U svim je situacijama početak jake bure bio izvanredno dobro prognozirano (razlike u odnosu na mjerenja su 0-2 sata). Prognozirane vrijednosti brzine vjetra su na svim lokacijama bile manje od mjerenih. Razlog tome je, između ostalog, način na koji je teren prezentiran u modelu. Naime, orografija u prognostičkom modelu nužno je izgladnena kako bi model ostao numerički stabilan i ne prikazuje sve lokalne značajke terena kao što je kompleksan teren južnih padina Velebita. Stoga su i razlike između mjerenih i prognoziranih brzina vjetra najveće na Jasenicama i Lokvinama gdje model podejenuje maksimalnu 10-minutnu brzinu vjetra u prosjeku za 35-50%. Za razliku od toga, lokacije neposredno uz more pokazuju bitno manje razlike između mjerene i prognozirane brzine vjetra (do 15%).

U osnovi možemo razlikovati dva tipa situacija – kratkotrajne s naglim početkom i završetkom puhanja jake bure (na pr. 9-10. 11. 2007.) i dugotrajne s naglim početkom i postepenim završetkom puhanja bure i povremenim intervalima s brzinama manjim od graničnih (na pr. 18-23. 10. 2007.). Upravo na primjeru tih dviju situacija analizirat ćemo rad ANEMO-ALARM-a i to na lokacijama Paškog mosta i Jasenica.

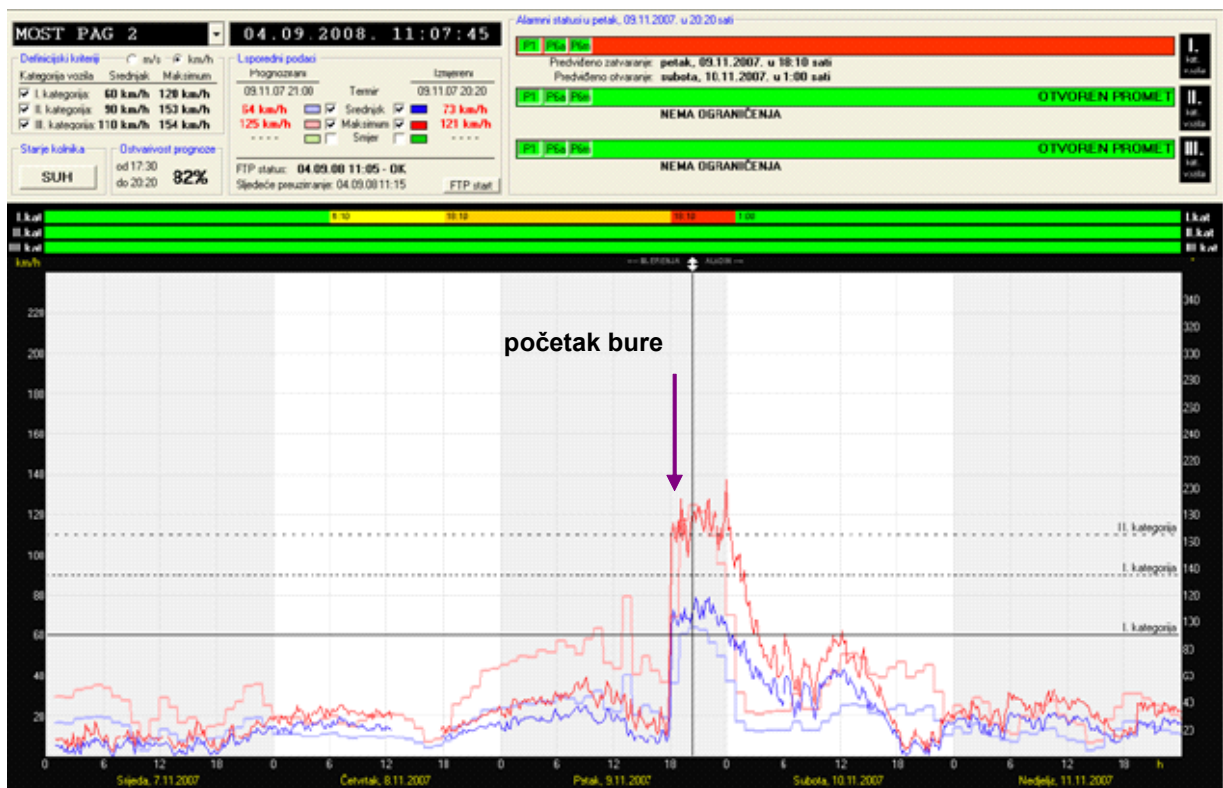
### **3. ANEMO-ALARM U RAZLIČITIM SITUACIJAMA S BUROM**

#### **3.1. Situacija s kratkotrajnom burom 9-10. studeni 2007.**

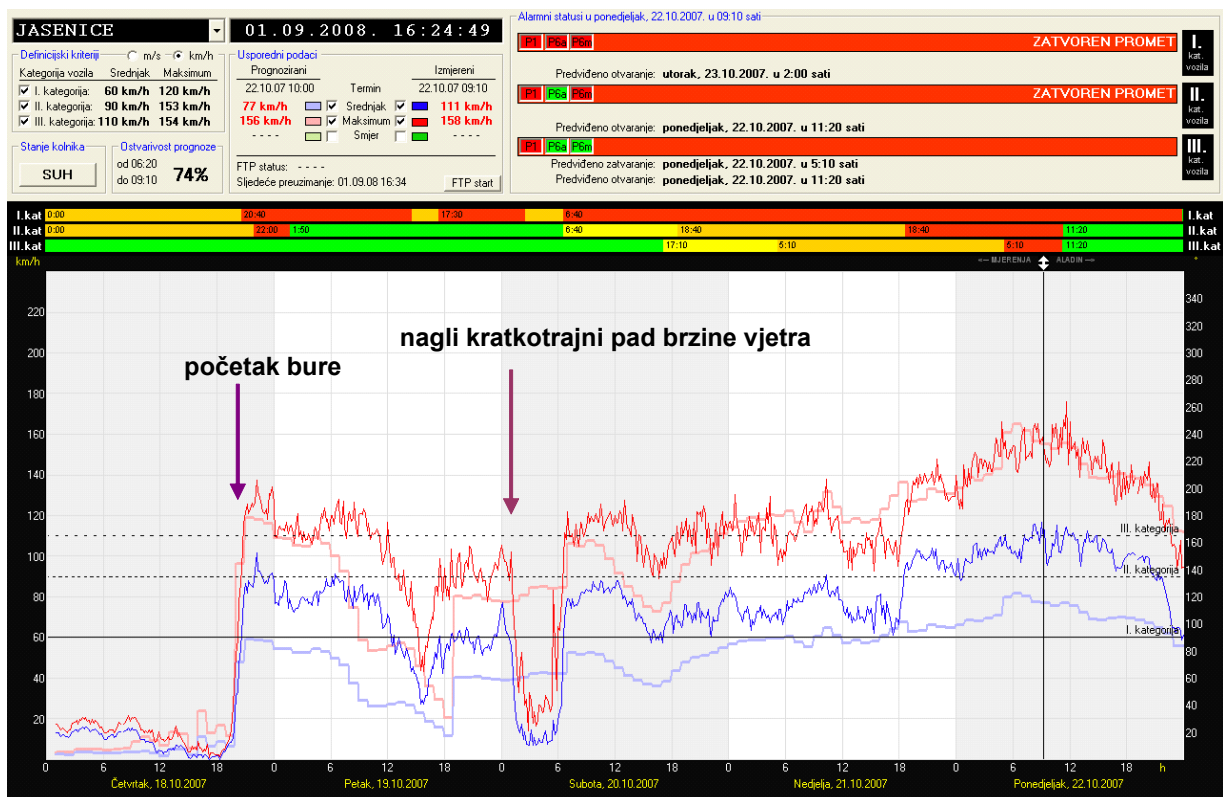
Na svim ovdje analiziranim lokacijama 9. studenog 2007. 17:10 sati 10-minutna brzina vjetra naglo je porasla i to za 70 km/h u 20 minuta. Tako je u Jasenicama 10-minutna brzina vjetra za sat vremena dosegla vrijednost od 91.1 km/h, a maksimalni udar vjetra iznosio je 130.7 km/h. ANEMO-ALARM je na vrijeme upozorio na ovaj porast brzine budući je prognoza početka i porasta brzine bila izuzetno točna (slika 3). Uvjeti za zatvaranje prometa za prvu kategoriju vozila bili su ispunjeni u svega 3 sata, nakon čega se brzina vjetra naglo smanjila. Prognozirani iznosi najveće 10-minutne brzine vjetra bile su manje od izmjerenih (osobito u Jasenicama) pa je i prognozirano trajanje uvjeta za zatvaranje prometa moralo biti prilagođeno izmjerenim podacima.

#### **3.2. Situacija s dugotrajnom burom 18-23. listopad 2007.**

U situaciji 18-23. listopad 2007. godine izmjerena brzina vjetra prešla je graničnu vrijednost od 60 km/h na lokaciji Most Pag 18. listopada u 19 sati i 20 minuta, a u Jasenicama u 19 sati i 40 minuta. Početak ove situacije s dugotrajnom burom veoma je dobro prognozirano (slika 3). Na osnovi prognoze upozorenje na mogućnost zatvaranja prometa za prvu kategoriju vozila dana je 36 sati unaprijed - na Mostu Pag 17.10. u 8:30 sati i u 8:40 sati u Jasenicama. U 20:40 sati proglašeno je pripremno stanje, a 18. listopada u 20:40 sati predviđeno je zatvaranje prometa za prvu kategoriju vozila koje



Slika 3. ANEMO-ALARM prikaz u situaciji 9-10. 11. 2007. za lokacije Most Pag i Jasenice.



Slika 4. ANEMO-ALARM prikaz u situaciji 18-23.10. 2007. za lokacije Most Pag i Jasenice.

je potvrđeno i podacima. Mjereni podaci pokazuju da je 19. listopada došlo do nagle kratkotrajne promjene smjera i pada brzine vjetra, nakon čega je ponovno zapuhala jaka bura. Ovakve se promjene brzine vjetra tijekom puhanja bure javljaju u velikom broju slučajeva i upozoravaju na oprez. Naime, pad brzine vjetra i promjena smjera koje se dešavaju ukazuju na prestanak bure i uvjete u kojima se promet može ponovno uspostaviti. Ukoliko se ne obraća pažnja na prognozirane vrijednosti, puštanjem ceste u promet mogu se ugroziti vozila. Prikaz ANEMO-ALARMA za Jasenice pokazuje da je u ovoj situaciji na toj lokaciji prognozirana manja brzina od izmjerene, pa je adekvatno tome i interval prognozom predviđen za zatvaranje prometa kraći od stvarnog. U takvim slučajevima uvjet ostvarenosti prognoze nije ispunjen i dolazi do izražaja izmjereni podatak na osnovi kojeg se modificira prognozirana situacija. Uz to izmjereni podaci ukazuju na brzine koje prelaze granične vrijednosti i za drugu i za treću kategoriju vozila, što prognostički podaci nisu pokazali.

#### **4. ZAKLJUČNE NAPOMENE**

Sve veće brzine kretanja vozila u cestovnom prometu i sve veći broj vozila na cestama čini pitanje sigurnosti sudionika u prometu sve značajnijim. Jedna od najznačajnijih vanjskih sila koje djeluju na kretanje vozila je posljedica puhanja jakog ili olujnog vjetra (osobito bočnog). Jedan od značajnih koraka ka smanjenju mogućih negativnih posljedica jakog vjetra na cestovni promet je i izrađena programska podrška ANEMO-ALARM. Prva zima testnog njegovog korištenja pokazala je da program veoma dobro prognozira situacije s vjetrom jačine opasne po sigurnost prometa. Međutim, sigurno je potrebno dalje praćenje rada ovog sustava kako bi se povećala njegova pouzdanost. Na kraju treba naglasiti da je nužna suradnja meteorologa, prometnih stručnjaka i operativnih kontrolora cestovnog prometa i to osobito kod definiranja kriterija na osnovu kojih se određuje pripremno, predalarmno i alarmno stanje na početku i na kraju situacije s jakim vjetrom, status akcije (otvori-zatvori), te praćenje stanja nakon akcije.

#### **5. LITERATURA**

- (1) Bajić, A. i S. Ivatek-Šahdan, (2005), Meteorološka podloga za izradu Pravilnika o određivanju graničnih nivoa negativnog utjecaja brzine i smjera vjetra na sigurnost cestovnog prometa – I dio, DHMZ, 2005, 45 str.
- (2) Bajić, A., Ivatek-Šahdan, S. i Z. Žibrat (2006), Meteorološka podloga za izradu Pravilnika o određivanju graničnih nivoa negativnog utjecaja brzine i smjera vjetra na sigurnost cestovnog prometa – II dio, DHMZ, 82 str.
- (3) µm-meteorološki sustavi, DHMZ (2007), ANEMO ALARM – Programska podrška za upravljanje prometom s obzirom na opasnost po vozila zbog jakog vjetra – Korisnički priručnik, 27 str.