

ANALIZA VREMENSKE SITUACIJE TIJEKOM KORNATSKOG POŽARA 30. KOLOVOZA 2007.

Weather Analysis during the Kornat Fire on 30 August 2007

VIŠNJA VUČETIĆ, STJEPAN IVATEK ŠAHDAN, MARTINA TUDOR,
LUKŠA KRALJEVIĆ, BRANKA IVANČAN-PICEK
i NATAŠA STRELEC MAHOVIĆ

Državni hidrometeorološki zavod

Grič 3, 10 000 Zagreb, Hrvatska

visnja.vucetic@cirus.dhz.hr; stjepan.ivatek-sahdan@cirus.dhz.hr;

martina.tudor@cirus.dhz.hr; luksa.kraljevic@cirus.dhz.hr;

branka.ivancan-picek@cirus.dhz.hr; natasa.strelec-mahovic@cirus.dhz.hr

Prihvaćeno 14.5.2008. u konačnom obliku 16.9.2008.

Sažetak: Prizemni podaci s postaja Zadar i Vela Sestrica te visinski podaci s postaje Zadar Aerodrom kao i simulacije vertikalnih profila temperature zraka, brzine i smjera vjetra pomoću numeričkog prognostičkog modela za ograničeno područje ALADIN/HR i nehidrostatičkog mezomodela MM5 analizirani su za vrijeme u kojem se zbilo poguban požar na Kornatu 30. kolovoza 2007. Prizemne su analize pokazale da se nad širim zadarskim područjem u popodnevnim satima nalazila plitka mezociklona koja je uzrokovala sparno, djelomično oblačno i vjetrovito vrijeme s umjerenom jakom jugom (SE vjetrovom) neposredno prije prolaza hladne fronte. U sinoptičkim razmjerima ciklona je zahvatila cijeli Jadran i Apeninski poluotok, a prateća visinska dolina na 850 hPa veći dio zapadnog Sredozemlja i Jadranskog mora. U Zadru su izmjereni udari juga veći od 10 ms^{-1} (36 kmh^{-1}) između 10 h i 16 h po ljetnom ukaznom vremenu. Prema podacima postaje Vela Sestrica u vrijeme trajanja požara između 11 h i 17 h puhalo je umjerenom jugom od 4 Bf, a maksimalna je temperatura zraka bila 29.0°C . Simulacije vertikalne strukture atmosfere modelom MM5 ukazale su na vremenske uvjete u donjim slojevima troposfere povoljne za razvoj i širenje požara na Kornatu 30. kolovoza 2007. Labilna stratifikacija graničnog sloja atmosfere pogodovala je uzlaznim gibanjima. Naglo povećanje brzine vjetra do $12\text{--}14 \text{ ms}^{-1}$ ($43\text{--}50 \text{ kmh}^{-1}$) u prvih 100–200 m visine od srednje morske razine ukazuje na nisku mlaznu struju i vrlo jako vertikalno smicanje vjetra, a velike vrijednosti turbulენტne kinetičke energije na jaku turbulenciju. Iznad toga formirao se sloj temperaturne inverzije debljine oko 300 m koji je priječio daljnja uzlazna gibanja donjeg sloja. U sloju inverzije brzina vjetra se naglo smanjila s okretanjem vjetra od SE na S smjer. Budući da je najveća količina vlažnog zraka prodrla samo do približno 500 m visine, na dan požara nije bilo jačeg konvektivnog razvoja oblaka. U ovom radu po prvi je put i kod nas ukazano na dva vremenska pokazatelja – na nisku mlaznu struju i na približavanje hladne fronte – koji bi mogli upozoriti na izvanredno ponašanje požara raslinja.

Ključne riječi: jugo, niska mlazna struja, simulacije modelima ALADIN i MM5, Vela Sestrica, Zadar i Zadar Aerodrom

Abstract: Surface data from the Zadar and Velika Sestrica stations and upper-air data from the Zadar-Airport station as well as simulations of the vertical profiles of air temperature, wind speed and direction, developed by means of the ALADIN/HR limited area numerical weather prediction model and the MM5 non-hydrostatic meso-model, were analysed at the time of the tragic fire on Kornat, on 30 August 2007. The surface data showed that, at 15 hrs, just before the passing of the cold front over the Zadar area, there was a shallow meso-cyclone which produced sultry, partly cloudy and windy weather, with moderate to strong *jugo* (SE wind). On a synoptic scale, the cyclone affected the whole Adriatic and the Apennine Peninsula.

la with an accompanying 850 hPa upper-level through affecting most of the west Mediterranean and the Adriatic Sea. Gusts of *jugo* exceeding 10 m/s (36 km/h) were recorded in Zadar between 10 and 16 hrs. According to data from the Vela Sestrica station, between 11 and 17 hrs, while the fire was raging, a 4 Bf moderate *jugo* was blowing and the maximal air temperature reached 29.0°C. The MM5 model simulations of the vertical structure of the atmosphere showed that on 30 August 2007 the weather in the lower layers of the troposphere was favourable for the development and spread of the fire on Kornat. The unstable stratification of the atmosphere boundary layer facilitated updrafts. A sudden increase in wind speed to 12–14 ms⁻¹ in the first 100–200 m height above mean sea level, indicate a low-level jet stream with a very strong vertical wind shear in this layer, whereas very high values of turbulent kinetic energy point at strong turbulence. Above this layer, a layer of temperature inversion formed, about 300 m thick, preventing further updraft movements in the lower layer. In the inversion layer, wind speed rapidly decreased and the wind direction turned from SE to S. As the largest amount of humid air penetrated only up to 500 m, strong convective cloud development did not take place. This paper shows, for the first time in Croatia, that two meteorological indicators – a low-level jet and the approaching of a cold front – can be an indication of specific behaviour in a forest fire.

Key words: *jugo*, low-level jet, vertical profiles of air temperature and wind speed, ALADIN and MM5 model simulations, Vela Sestrica, Zadar, Zadar-Airport

1. UVOD

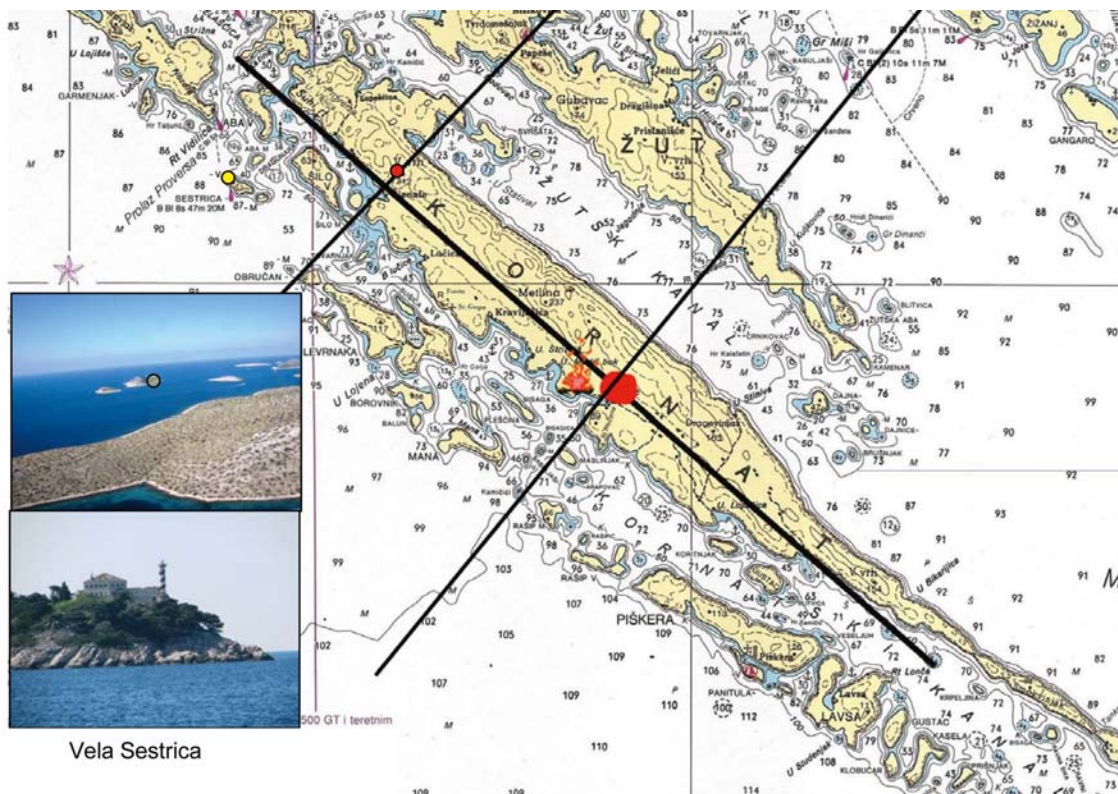
U većini požara na otvorenom vremenski uvjeti imaju odlučujuću ulogu u njihovu razvoju, širenju i ponašanju. Meteorološki elementi koji najviše utječu na pojavu i širenje požara jesu Sunčevo zračenje, temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, količina oborine, brzina i smjer vjetra, ali također važna je i vertikalna struktura atmosfere (Viegas, 1998). Nestabilno stratificirana atmosfera, kad se topliji zrak nalazi u prizemnim slojevima atmosfere, posebno je opasna za širenje požara zbog uvjeta povoljnih za razvoj jakih uzlaznih struja. Također se smatra da postoji zona kritične brzine vjetra u kojoj jačina vjetra kontrolira žestinu požara (Byram, 1954). U slučaju da je brzina vjetra velika, vjetar utječe na ponašanje požara, tj. kontrolira smjer i brzinu širenja požara. Stoga su prizemne i visinske analize vremenskih situacija za vrijeme velikih požara osobito važne radi spoznavanja u kojim meteorološkim uvjetima najčešće nastaju i kako se ponašaju da bi se preventivno moglo djelovati u njihovu suzbijanju.

Kod nas se još uvijek premalo istražuje odnos vremenskih prilika i ponašanje šumskih požara. U nekoliko radova Vučetić (1987, 1992 i 1998) te Vučetić i Vučetić (1999a i 1999b) obradili su tu problematiku. Pokazano je da ljeti na Jadranu pri prolazu fronte, koja je praćena slabom kišom (ili kiše može čak i ne biti), s povećanjem relativne vlažnosti zraka, padom temperature zraka i slabljenjem vjetra, dolazi

do zaustavljanja požara. U takvim se situacijama najčešće smatra da je zaustavljanjem napredovanja požarne fronte požar i ugašen. Međutim, dolazi samo do kratkotrajnog prestanka požara jer u poslijefrontalnom razdoblju vjetar može ponovo ojačati, temperatura zraka postupno povećati se, a relativna vlažnost zraka smanjiti. To dovodi do ponovnog razbuktavanja požara, koji može trajati danima i dovesti do katastrofalnih posljedica.

2. MATERIJAL I METODE

Za potrebe detaljne analize vremenske situacije, kada se dogodio pogubni požar na Kornatu, u kojem je poginulo dvanaest vatrogasaca i jedan je teško ozlijeđen, u popodnevnim satima 30. kolovoza 2007., analizirani su raspoloživi prizemni i visinski podaci na širem kornatskom području. Analiza je rađena i s analitičkim podacima operativnog determinističkog numeričkog modela Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena (ECMWF, www.ecmwf.int), te na osnovi analiza njemačke meteorološke službe (DWD, www.dwd.de). Podaci analize uspoređeni su s rezultatima simulacije operativnog numeričkog prognostičkog modela za ograničeno područje ALADIN/HR (ALADIN, 1997; Ivatek-Šahdan i Ivančan-Picek, 2006). Budući da razlučivost modela ALADIN/HR iznosi 8 km, promatrana vremenska situacija simulirana je i s finijom razlučivosti od 1 km primjenom numeričkoga nehidrostatičkog mezomodela MM5 (Grell i dr., 1995; Kraljević i Špoler Čanić, 2005).



Slika 1. Položaji meteorološke postaje Vela Sestrica, izbijanja požara u uvali Vrlje, stradanja vatrogasaca iznad uvale Šipnate te prostornog vertikalnog presjeka atmosfere nad Kornatom do visine 1 km s točkom simulacije modela MM5 ($\varphi = 43^{\circ} 48' N$ $\lambda = 15^{\circ} 18' E$).

Figure 1. The sites of the Vela Sestrica meteorological station, of the fire outbreak in the Vrlje cove, of the casualty of the firemen above the Šipnate cove and the spatial vertical cross-section of the atmosphere over Kornat up to 1 km with the MM5 model simulation point ($\varphi = 43^{\circ} 48' N$, $\lambda = 15^{\circ} 18' E$).

Prizemni 10-minutni podaci digitalnog mjerneg sustava (brzina i smjer vjeta te maksimalni udari vjeta kao i temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, tlak zraka i globalno Sunčevo zračenje) analizirani su s glavne meteorološke postaje Zadar, koja je zračne udaljenosti oko 30 km od mjesta nesreće. Za nadopunu analize uzeti su i raspoloživi podaci od 30. kolovoza 2007. s klimatološke postaje koja se nalazi na svjetioniku Vela Sestrica i najbliža je mjestu stradanja vatrogasaca na zračnoj udaljenosti oko 1 km (slika 1). Podaci te postaje dobro pokrivaju zapadni dio Kornata, koji je upravo i bio zahvaćen požarom, a usporedna analiza srednje godišnje temperature zraka između tih dviju postaja pokazuje da je Vela Sestrica prosječno za $1.2^{\circ}C$ toplija od Zadra (Bratanić, 1996). Za prizemnu prostornu analizu promatrane vremenske situacije, osim glavnih meteoroloških postaja, analizirani su i podaci klimatoloških postaja na kojima se mjerenja obavljaju tri puta na dan u 7, 14 i 21 h

po srednjem lokalnom vremenu (SLV). Pomoću prizemne sinoptičke karte i visinske karte na 850 hPa (AT 850) te satelitskih snimaka analizirana je sinoptička situacija nad Europom 30. kolovoza 2007.

Visinski podaci (temperatura zraka, brzina i smjer vjeta) odnose se na radiosondažne podatke meteorološke postaje Zadar Aerodrom (Zemunik) gdje se ta mjerenja obavljaju dva puta na dan u 00 UTC (odgovara 2 h po ljetnom ukaznom vremenu) i 12 UTC (14 h LJUV). U daljnjem tekstu ove analize, radi lakšeg razumijevanja, rabiće se ljetno ukazno vrijeme (LjUK), s time da se koordinirano univerzalno vrijeme (UTC) razlikuje dva sata, a srednjoeuropsko (SEV) za jedan sat od LjUV.

Važno je naglasiti da se za potrebe meteorologije rabe različiti načini određivanja vremena. Sve sinoptičke karte i radiosondažna mjerenja označavaju se po koordiniranom univerzal-

nom vremenu (UTC), koje približno odgovara srednjem vremenu na nultom meridijanu – Greenwichu (Šikić, 2002). Prizemna se meteorološka motrenja obavljaju po srednjoeuropskom (SEV) ili srednjem lokalnom vremenu (SLV) koje je vrlo blisko SEV-u. SEV se razlikuje za 1 sat u odnosu na UTC. Od posljednje nedjelje u ožujku do posljednje nedjelje u listopadu traje ljetno ukazno vrijeme (LjUV), koje se od UTC razlikuje 2 sata. U daljnjem tekstu ove analize, radi lakšeg razumijevanja, rabić će se ljetno ukazno vrijeme.

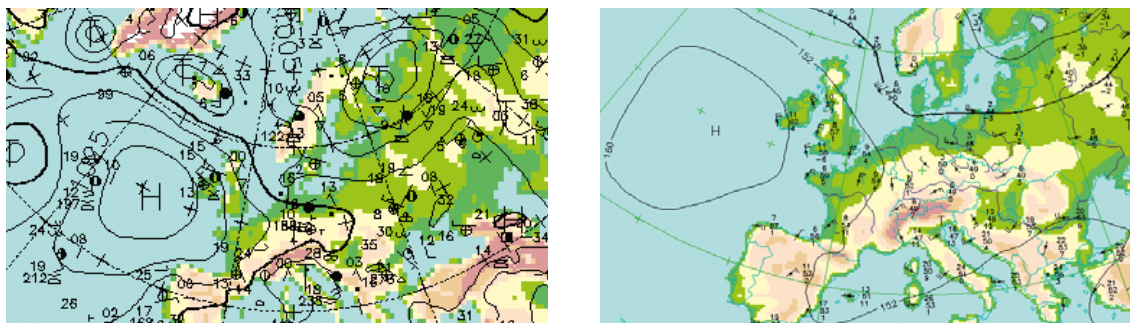
3. KLIMATSKE ZNAČAJKE KORNATSKOG OTOČJA

Prema Köppenovoj podjeli klime, koja uvažava bitne odlike srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i oborine, Kornatsko otočje ima tip klime *Cs a* (Penzar i Penzar, 1996). Oznaka *C* označava umjereno toplu kišnu klimu kakva vlada u velikom dijelu umjerenih širina i kojoj odgovara srednja temperatura najhladnijeg mjeseca viša od -3°C i niža od 18°C . Oznaka *s* pokazuje da je suho razdoblje u toplom dijelu godine. Najsuši mjesec ima manje od 40 mm oborine i manje od trećine najkišovitijeg mjeseca u hladnom dijelu godine, a oznaka *s'* naglašava da je kišovito razdoblje u jesen. Ljeta su vruća sa srednjom temperaturom najtoplijeg mjeseca većom od 22°C i *s* više od četiri mjeseca u godini sa srednjom mjesečnom temperaturom većom od 10°C (oznaka *a*). Klimatski tip *Csa* poznat je još i kao klima masline jer u takvu podneblju masline dobro uspijevaju.

Kornatsko otočje nalazi se u cirkulacijskom području umjerenih širina. Ljeti pod utjecajem azorske anticiklone, koja sprječava prodore hladnog zraka na Jadran, prevladavaju značajke subtropske klime. Jedan od najvažnijih modifikatora klime tog područja jest more pa se ta klima može nazvati primorskom. Na obalnom pojasu osobito se očituje klimatsko djelovanje temperaturnih razlika između kopna i mora na zračno strujanje. Nastaju lokalni tipovi vjetra u sustavu dnevnih periodičkih cirkulacija koje se razvijaju za vedrog, neporemećenog vremena ljeti na obali, na obroncima, u kotlinama i drugim složenim oblicima terena. Tako obalna cirkulacija s vjetrom s mora danju i vjetrom s kopna noću nastaje jer se danju kopno grije brže nego more, a noću se kopno ohlađuje brže nego more. Noćni vjetar u obal-

noj cirkulaciji obično je slab i prestaje rano ujutro. Stalna ljetna NW zračna struja (etezija), kao dio opće cirkulacije atmosfere, pojačava obalni vjetar, koji se s njom podudara u smjeru. Superpozicijom etezije i poslijepodnevnog vjetra s mora nastaje maestral. Duž cijele obale i otoka uz maestral pušu i drugi karakteristični tipovi vjetra, a najpoznatiji su bura i jugo. Bura, kao hladan, suh i mahovit NE vjetar, najučestaliji je na postaji Vela Sestrica, te je u hladnom dijelu godine češći nego ljeti (Vučetić i Vučetić, 1996). Iako jugo (topao, vlažan i jednoličan SE vjetar) puše rjeđe nego bura, on je najjači vjetar na toj postaji. U prosjeku je najmanje dana s jakim vjetrom (≥ 6 Bf) u kolovozu (0.4 dana), a u odnosu na razdoblje 1981–2006, nije zabilježen ni jedan dan s olujnim vjetrom (≥ 8 Bf) u tom mjesecu.

Strujanje zraka na kornatskom području, kao na cijelom našem primorju, jedan je od presudnih čimbenika za kopneno-otočku floru i faunu. Obala izložena jakoj buri ogoljela je jer iz morskog dima i isparene morske vode nastaje posolica koja štetno djeluje na biljni svijet. Do prirodnog ogoljavanja također dolazi što jak vjetar odnosi čestice tla ili pak zbog ispiranja tla, osobito strmih terena, dugotrajnom kišom ili vodenim bujicama u ljetnom pljuskju. Na Kornatskom su otočju ljetni pljuskovi rijetki i javljaju se u prosjeku 0.6 dana. Najmanje oborine padne u srpnju (prosječno 19.1 mm), a zatim u kolovozu (27.1 mm). Za usporedbu, u kolovozu 2007. palo je samo 13.9 mm kiše, s time da je sva ta količina pala u prvom desetodnevlju, ali srednja temperatura zraka od 25.3°C bila je na razini višegodišnjeg prosjeka. I vrućih dana, kada je maksimalna dnevna temperatura zraka iznad 30°C , bilo je 20 dana, što odgovara prosječnim višegodišnjim vrijednostima. Toplih noći, kada se minimalna dnevna temperatura zraka ne spušta ispod 20°C , bilo je 27 dana, a u prosjeku se u kolovozu javlja 25 dana. Visoka temperatura zraka i pojačano strujanje zraka pogoduju isparavanju s tla i biljaka. Prema procjeni Palmerovom metodom, najveća je potencijalna evapotranspiracija u posljednjem desetodnevlju srpnja i prvom i drugom u kolovozu (prosječno oko 55 mm u 10 dana, Vučetić i Vučetić, 1996). Međutim, toliku količinu vode nije tada moguće osigurati prirodnim putem u obliku oborine i zalihe vode u tlu na Kornatu pa je u prosjeku stvarna evapotranspiracija 10–15 mm po desetodnevlju u najtoplijem di-



Slika 2. Prizemna sinoptička karta (lijevo) i AT 850 (desno) nad Europom za 30. kolovoz 2007. u 12 UTC (izvor podataka: DWD).

Figure 2. The surface synoptic situation (left) and AT 850 (right) over Europe on 30 August 2007 at 12 UTC (data source: DWD).

jelu ljeta. U posljednjem desetodnevju kolovoza obično padne kiša pa u prosjeku poraste i stvarna evapotranspiracija na 20 mm. No, kiše u posljednjih deset dana kolovoza 2007. nije bilo pa su i vegetacija i tlo bili vrlo suhi.

4. VREMENSKE ZNAČAJKE U SINOPTIČKIM I MEZORAZMJERIMA

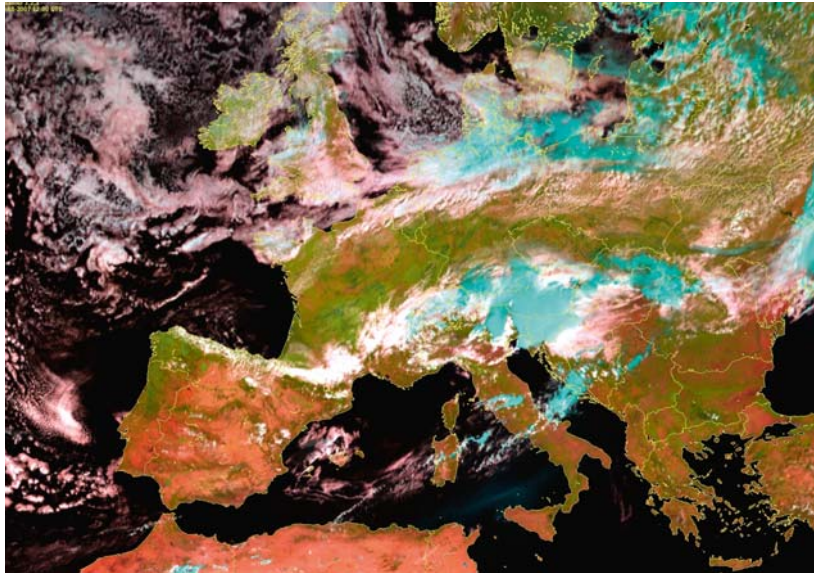
U noćnim je satima 30. kolovoza 2007. plitka ciklona sa zatvorenom izobarom od 1010 hPa i središtem nad Genovskim zaljevom zahvaćala zapadno Sredozemlje. Njezina se prednja strana prostirala sve do sjevernog Jadrana. Sredinom dana ciklona se pomakla prema istoku i zahvatila cio Jadran i Apeninski poluotok, a prateća visinska dolina na 850 hPa nalazila se nad većim dijelom zapadnog Sredozemlja i Jadranskog mora (slika 2). Zbog toga je nad jadransko područje pritjecao vlažan i topao zrak s jugozapada. Istodobno je nad zapadnom Europom jačala anticiklona sa središtem od 1030 hPa nad sjevernim Atlantikom. U noćnim satima 31. kolovoza 2007. ciklona se podijelila na dva manja područja niskog tlaka: jedno iznad Jadranskog mora, a drugo iznad Ligurskoga.

Na satelitskim slikama sjeverozapadno od područja Hrvatske uočava se oblačni sustav vezan uz frontu iznad Alpa i sjeverne Italije 30. kolovoza 2007. (slika 3a). Radi se o hladnoj fronti u sklopu koje je jasno vidljiv konvektivan razvoj oblaka, najizraženiji iznad sjeverne Italije, Slovenije i Istre. Fronta se nad naše područje premjestila u noći s 30. na 31. kolovoz 2007. i do kraja dana napustila je naše krajeve. Oblaci na području srednjeg Jadrana na dan požara posljedica su pritjecanja vlažnog zraka u jakoj jugozapadnoj struji ispred fronte. Nad područjem Kornata tijekom većeg dijela dana

bilo je promjenljive naoblake, kao što je vidljivo na slici 3b, ali jači razvoj konvektivnih oblaka nije zamijećen.

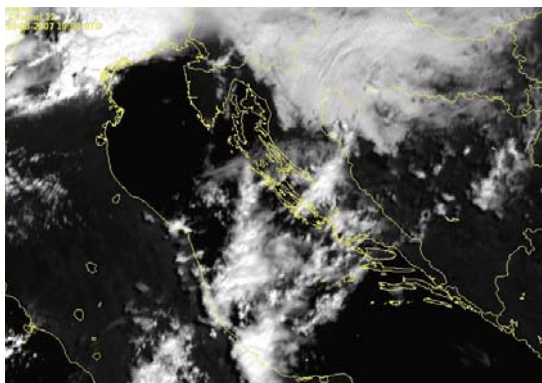
Detaljnija analiza polja tlaka na istočnoj jadranskoj obali ukazala je na mogućnost stvaranja vrlo plitke mezociklone nad širim zadarskim područjem sa središtem od 1006.2 hPa nad Zadrom već 30. kolovoza 2007. u 15 h (slika 4). Kornatsko se područje nalazilo na južnom rubnom dijelu područja niskog tlaka koje je zatvarala izobara od 1006.5 hPa. Izobara od 1007 hPa uvukla se duboko u ličko područje, a na obali je najviši tlak (oko 1010 hPa) prevladavao u južnoj Dalmaciji. Da bismo uistinu i s velikom vjerojatnošću mogli potvrditi postojanje takve mezociklone, nedostaju nam podaci mjerenja tlaka zraka na još više mjernih postaja. Na širem zadarskom području puhao je umjeren do jak SE vjetar s najvećom brzinom u Zadru. Brzinu juga, osobito maksimalne udare juga na Jadranu, nije lako prognozirati jer ona ovisi o ciklonalnoj aktivnosti posebice o ciklonama u podsinoptičkim razmjerima, kojima su uzroci stvaranja često nepoznati (Ivančan-Picek i dr., 2006).

Osim osnovnog prizemnog polja tlaka zraka zanimljivo je pogledati i polja divergencije i vertikalne brzine u donjim slojevima atmosfere. U polju divergencije može se uočiti da je područje oko otoka Kornata bilo u polju najviših vrijednosti konvergencije na izobarnoj plohi 925 hPa (slika 5). Konvergencija u prizemnom sloju povezana je s uzlaznim gibanjem, što je vidljivo iz polja vertikalne brzine omega na 925 hPa. Uzlazno gibanje bilo je upravo najjače iznad Jadrana u području Dugog otoka i okolnog mora, također i na području otoka Kornata.

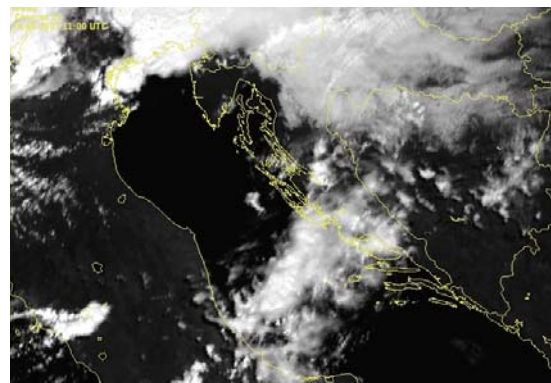


Slika 3a. Satelitska slika s Meteosat 9 za 30. kolovoz 2007. u 12 UTC kombinirana od spektralnih područja 1.6 m, 0.8 m i 0.6 m. Bijelo-ružičastu nijansu imaju niski vodeni oblaci manjeg albeda dok svjetlo plava boja obilježava kompaktnije oblake s većim albedom i zaleđenim vrhovima te visoke ledene oblake.

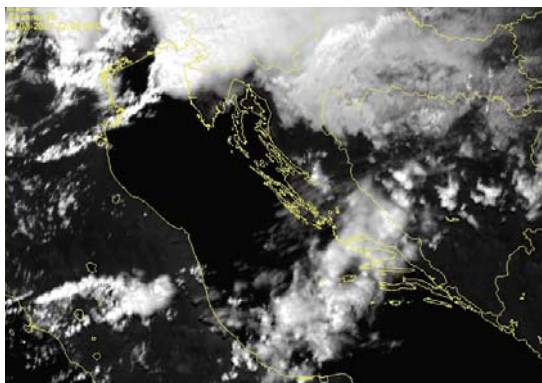
Figure 3a. The Meteosat-9 satellite image on 30 August 2007, 12 UTC, as a combination of 1.6 m, 0.8 m and 0.6 m channels. The white/light pink colour stands for low-level water clouds whereas the cyan colour depicts high-level ice clouds.



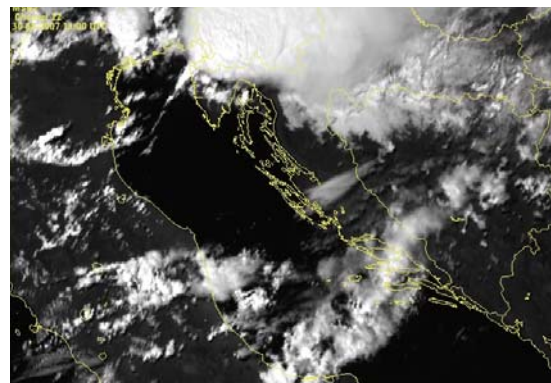
10 UTC



11 UTC



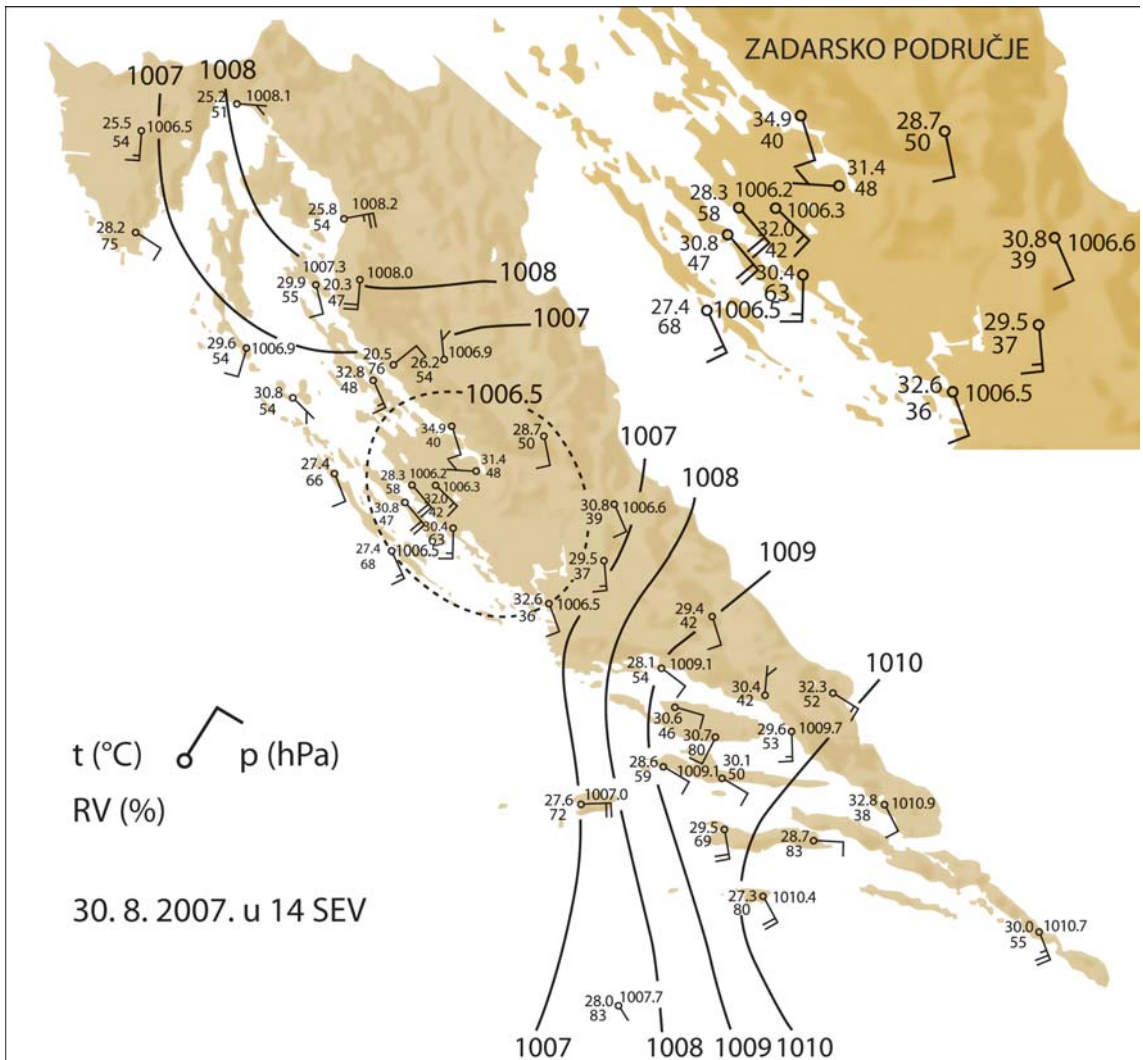
12 UTC



13 UTC

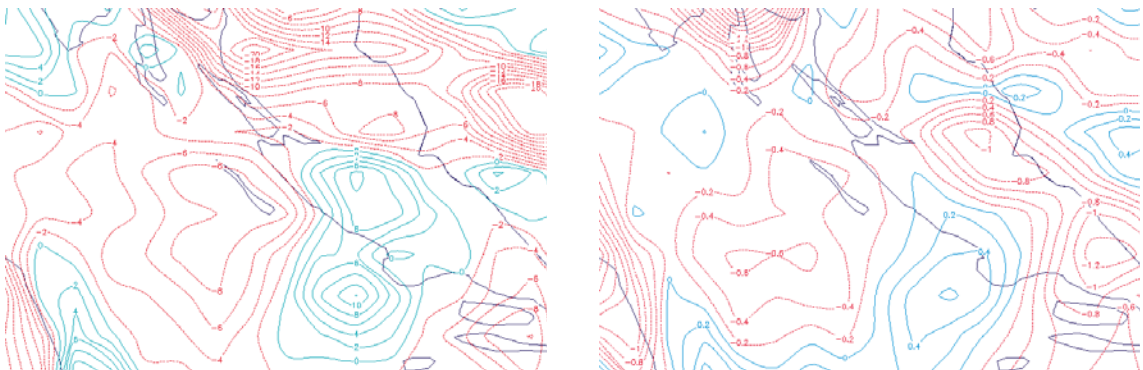
Slika 3b. Satelitske slike s Meteosat 9 u vidljivom dijelu spektra visoke razlučivosti za 30. kolovoz 2007. između 10 UTC i 13 UTC

Figure 3b. The Meteosat-9 High Resolution Visible images for 30 August 2007 between 10 UTC and 13 UTC.



Slika 4. Mezoanaliza polja tlaka nad hrvatskom obalom 30. kolovoza 2007. u 14 SEV.

Figure 4. Mesoanalysis of the pressure field over the Croatian coast on 30 August 2007, at 14 CET.



Slika 5. Polja divergencije ($10^{-5}s^{-1}$) i vertikalne brzine omega (Pas^{-1}) prema analizi modela ECMWF na izobarnoj plohi 925 hPa za 30. kolovoz 2007. u 12 UTC: lijevo: konvergencija (crveno) i divergencija (plavo), desno: uzlazno gibanje (crveno) and silazno gibanje (plavo).

Figure 5. ECMWF analysis of the divergence ($10^{-5}s^{-1}$) and vertical motion (omega) (Pas^{-1}) at the 925 hPa level on 30 August 2007 at 12 UTC, left: convergence (red) and divergence (blue), right: upward motion (red) and downward motion (blue).

5. PRIZEMNA MEZOANALIZA I USPOREDBA S NUMERIČKIM SIMULACIJAMA

5.1. Prizemna prostorna i vremenska mezoanaliza

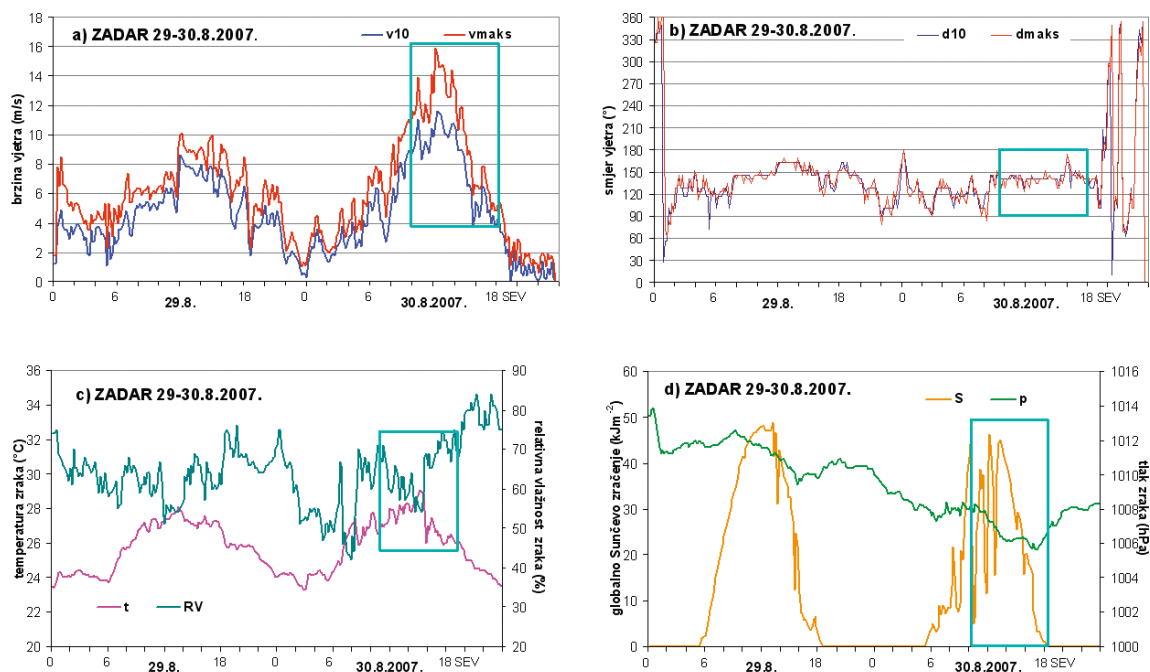
Za početak i širenje požara na otvorenom terenu bitnu ulogu imaju temperatura i vlažnost zraka te brzina i smjer strujanja zraka (npr. Vučetić, 2001) pa je praćenje dnevnih promjena tih elemenata započelo dan prije početka požara na Kornatu (slika 6). Prema podacima meteorološke postaje u Zadru temperatura zraka se u promatranom razdoblju 29–30. kolovoza 2007. nije spuštala ispod 23.3°C, a maksimalna je dosegla 29.1°C. To pokazuje da je prevladavalo toplo vrijeme s toplim noćima jer se temperatura zraka nije spuštala ispod 20°C. Temperatura zraka je od ranojutarnjih sati 30. kolovoza 2007. u Zadru postupno rasla i do 11 h (približan početak požara) narasla na oko 27°C. Preko podnevnih sati temperatura je bila oko 28°C, nakon čega je u poslijepodnevnom satima u 16.20 h postigla svoj maksimum od 29.1°C. To je bio pravilan dnevni hod temperature zraka s ranojutarnjim minimumom i poslijepodnevnom maksimumom. Na najbližoj je klimatološkoj postaji Vela Sestrica 30. kolovoza 2007. minimalna dnevna temperatura zraka iznosila 25.0°C, a maksimalna dnevna temperatura zraka 29.0°C.

Uobičajeno je da relativna vlažnost zraka ima dnevni hod suprotan u odnosu na temperaturu zraka. Međutim, u toj je situaciji u Zadru minimum relativne vlažnosti od 42% bio je 30. kolovoza 2007. u 9 h, a nakon čega je u roku od samo jednog sata relativna vlažnost naglo porasla na 70%. To je bilo povezano s prizemnom advekcijom toplog i vlažnog zraka s morske strane, na što ukazuje i naglo okretanje smjera vjetra iz E na SE i povećanje srednje 10-minutne brzine vjetra iznad 10 m/s što se smatra već jakim vjetrom. Još jedan (sekundarni) minimum relativne vlažnosti zraka od 54%, što se moglo i očekivati, pojavio se u vrijeme maksimalne dnevne temperature zraka, a zatim je s padom temperature i relativna vlažnost zraka ponovo naglo porasla i u večernjim satima postigla maksimum od 84%. Slično se je mijenjala i relativna vlažnost zraka na postaji Vela Sestrica od 73% u 8 h preko 68% u 15 h i 83% u 22 h (slika 7).

U Zadru je tlak zraka postupno padoo od 29.

kolovoza 2007, što je ukazivalo na promjenu vremena. Minimalna vrijednost tlaka zraka od 1005.6 hPa bila je 30. kolovoza 2007. u 18.20 h. Na postaji Vela Sestrica najniža vrijednost tlaka zraka izmjerena je sat prije. Horizontalna se vidljivost na toj otočkoj postaji od 15 km u ranojutarnjim satima tijekom dana smanjila na 10 km. Nebo je najviše bilo prekriveno oblacima (8 desetina) između 8 h i 14 h. Prema podacima zadarske postaje, na kojoj se motre i rodovi i vrste oblaka, nebo je najviše bilo zadržano oblacima vertikalnog razvoja kumulusi (Cu), niskim oblacima stratokumulusi (Sc), srednjim oblacima altokumulusi (Ac) te visokim oblacima cirusi (Ci) što je također ukazivalo na približavanje fronte odnosno na poremećaj vremena. Na postaji Vela Sestrica motritelji su zabilježili Sc i Ac rano ujutro u 5 h, a tijekom vidljivog dijela dana altostratus (As) sa Sc u kasnim popodnevnim i večernjim satima između 17 h i 20 h. Budući da nebo nad Zadrom nije bilo potpuno prekriveno grudastim niskim i srednjim oblacima te vlaknastim visokim oblacima, vrijednosti su globalnog Sunčevog zračenja nekoliko puta tijekom dana padale na minimalne vrijednosti ($\leq 10 \text{ kJm}^{-2}$ u 10-minutnom intervalu) i rasle na maksimalne ($\geq 40 \text{ kJm}^{-2}$) u skladu sa zaklonjenošću Sunca oblacima. U Zadru je 30. kolovoza 2007. između 11.37 h i 12.05 h bila kiša u tragovima (0.0 mm), a na postaji Vela Sestrica oborine nije bilo.

Detaljnija analiza brzine i smjera vjetra u Zadru 30. kolovoza 2007. pokazuje da je veći dio dana puhao SE vjetar, jugo (ESE–SSE smjerova što ovisi o reljefu tla), koji nastaje na prednjoj strani sredozerne ciklone, a zbog dizanja vlažnog zraka na fronti i uz brda često je praćeno kišom. Jako jugo stvara velike valove i otežava plovidbu. U Zadru su jaki udari juga ($\geq 10.8 \text{ ms}^{-1}$ prema Beaufortovoj ljestvici, npr. Vučetić i Vučetić, 2002) započeli 30. kolovoza 2007. u 10.30 h i trajali sve do 16 h. Najveći udar vjetra bio je 15.9 ms^{-1} (57 kmh^{-1}), u 13.20 h, nakon čega je odmah bila i najveća srednja 10-minutna brzina vjetra od 11.6 ms^{-1} (42 kmh^{-1}). Jako jugo sa srednjom 10-minutnom brzinom vjetra $\geq 10.8 \text{ ms}^{-1}$ puhalo je u intervalima 11.30–11.40 h i 13.10–14.00 h. Međutim, vjetar sa srednjom 10-minutnom brzinom vjetra oko 10 ms^{-1} (od 9.7 m/s do 10.7 m/s) trajao je dulje, sve do 15.20 h. Nakon toga jugo je postupno slabilo i u 20.20 h vjetar je okrenuo na E smjer sa srednjom 10-minutnom brzinom 1.7 ms^{-1} . U



Slika 6. Dnevni hodovi:

- a) srednja 10-minutna brzina vjetra (v_{10} , ms^{-1}) i maksimalni udar vjetra unutar 10 minuta (v_{maks} , ms^{-1}),
- b) prevladavajući 10-minutni smjer vjetra (d_{10} , $^{\circ}$) i smjer maksimalnog udara vjetra unutar 10 minuta (d_{maks} , $^{\circ}$),
- c) terminska 10-minutna temperatura zraka (t , $^{\circ}\text{C}$) i relativna vlažnost zraka (RV, %),
- d) terminski 10-minutni tlak zraka (p , hPa) i zbroj vrijednosti globalnog Sunčeva zračenja unutar 10 minuta (S , kJm^{-2})

za Zadar u razdoblju 29–30. kolovoza 2007. Pravokutnik označava trajanje požara na Kornatu 30. kolovoza 2007. od 10 do 17 SEV.

Figure 6. Diurnal cycles:

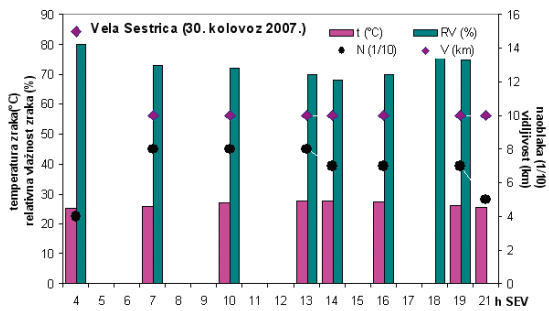
- a) mean 10-minute wind speed (v_{10} , ms^{-1}) and maximal wind gust in the 10-minute interval (v_{maks} , ms^{-1}),
- b) prevailing 10-minute wind direction (d_{10} , $^{\circ}$) and direction of the maximal wind gust in the 10-minute interval (d_{maks} , $^{\circ}$),
- d) 10-minute air temperature (t , $^{\circ}\text{C}$) and relative air humidity (RV, %)
- d) 10-minute air pressure (p , hPa) and the sum of global solar radiation values in the 10-minute interval (S , kJm^{-2})

at Zadar, in the period 29–30 August 2007. The rectangle marks the duration of the wildfire on the island of Kornat, on 30 August 2007 from 10 to 17 CET.

večernjim satima brzine vjetra nisu bile veće od 2.1 ms^{-1} pa je vjetar gotovo utihnuo. Prevladavali su povjetarac i lagan povjetarac promjenjiva smjera od E preko NE do NW.

Prema opaženim podacima jačine i smjera vjetra na postaji Vela Sestrica, najjači SE vjetar od 4 Bf bio je u terminima 11 h, 12 h, 14 h i 15 h, a SSE smjera iste jačine u 17 h. Međutim, vjetar nije diskretna veličina, nego je on kontinuirana veličina, te se može pojaviti jak ili olujan vjetar izvan termina motrenja. Upravo zbog toga motritelji bi trebali zabilježiti i vrijeme

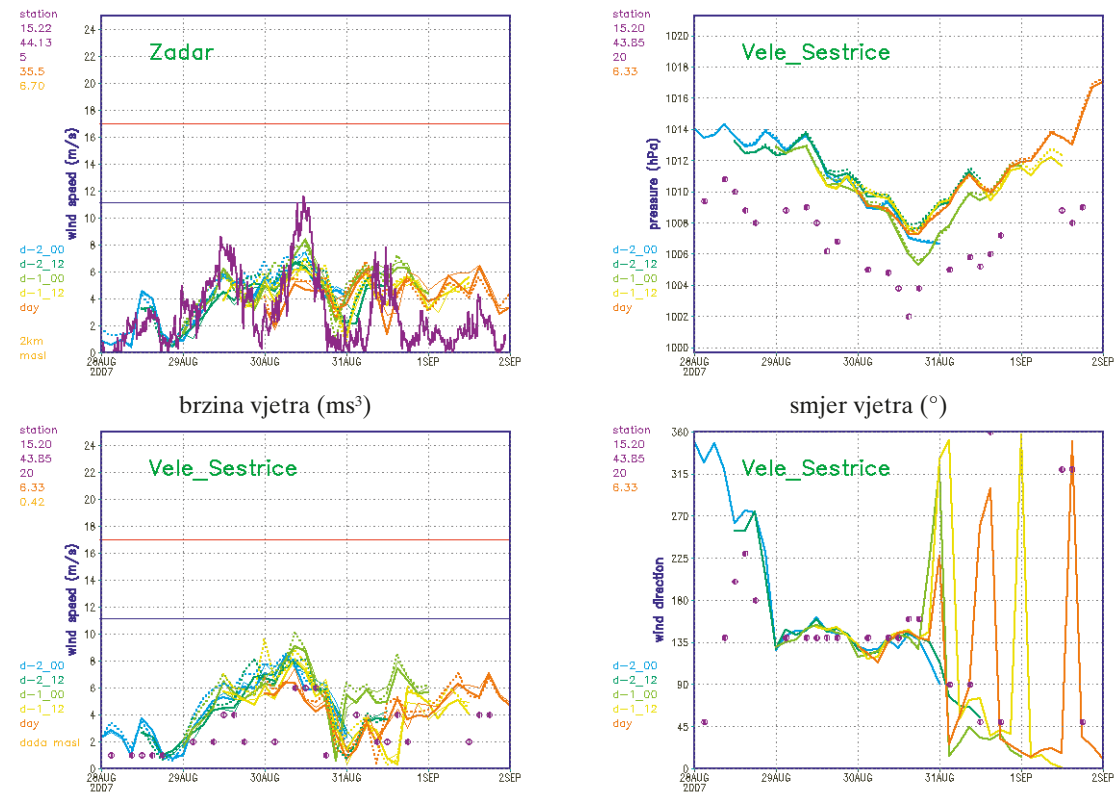
nastupa i prestanka vjetra jačeg od 6 Bf i 8 Bf izvan termina motrenja. Pod opisom vremena motritelj je na postaji Vela Sestrica napisao jako jugo, ali nažalost ne i vrijeme kada je to opaženo. Prema terminskim opažanjima može se samo zaključiti da je preko dana puhalo umjereno jugo, što prema Beaufaurtovoj ljestvici odgovara srednjoj brzini od 5.5 ms^{-1} do 7.9 ms^{-1} . Jugo je oslabilo u večernjim satima (1 Bf iz SE smjera u 20 h), a u sljedećem terminu motrenja, u 22 h, vjetar je okrenuo na N smjer jačine 1 Bf.



Slika 7. Dnevni hodovi temperature zraka (t , °C), relativne vlažnosti zraka (RV, %), naoblake (N, 1/10) i vidljivosti (V, km) za Velu Sesticu za 30. kolovoz 2007.

Figure 7. Diurnal cycles of air temperature (t , °C), relative air humidity (RV, %), cloudiness (N, 1/10) and visibility (V, km) at Vela Sestrica, on 30 August 2007.

Usporedba srednje dnevne temperature zraka, relativne vlažnosti zraka, naoblake i jačine vjetrova 30. kolovoza 2007. s višegodišnjim prosjekom (1981–2006) tog dana, pokazuje da je 30. kolovoza 2007. bilo toplije za 3°C, vlažnije za 8%, oblačnije za 3/10 i vjetrovitije za 1.2 Bf u odnosu na prosjek. Uobičajeno je da se iz hodova tih srednjih dnevnih vrijednosti izdvoje datumi s važnijim porastom ili smanjenjem neke meteorološke veličine, a takvi datumi nazivaju se singulariteti. Na Veloj Sestrici upravo 30. kolovoza ima singularitet u temperaturi i naoblaci. To je najsvježiji dan (23.1°C) i najoblačniji dan (3.8/10) u kolovozu, prema višegodišnjim motrenjima. No u kolovozu 2007. najsvježiji dan bio je 31., dan nakon kornatskog požara. Krajem kolovoza (28–29.) javlja



Slika 8. Usporedba izmjerenih vrijednosti smjera i brzine vjetrova (ljubičasto) s rezultatima modela ALADIN/HR za postaje Zadar (srednja 10-minutna brzina (lijevo) i smjer vjetrova na 10 m nad tlom (desno)) i Vela Sestrica (brzine vjetrova u terminima motrenja pretvorene iz Bf u ms^{-1} (lijevo) i smjer vjetrova (desno)) u razdoblju 28. kolovoza – 2. rujna 2007. Pune i isprekidane linije označavaju prognoziranu brzinu vjetrova s 8 km i 2 km horizontalnom razlučivosti koje su započele iz različitih analiza. Plava i crvena vodoravna crta na grafovima brzine vjetrova označavaju granice za jaki odnosno olujni vjetar.

Figure 8. Comparison of the 10 m wind speed and wind direction measurements (purple points or lines) and the ALADIN model forecasts, 28 August – 2 September 2007 at Zadar (10-min mean wind speed (left) and wind direction (right)) and Vela Sestrica (observed wind speed Bf converted to ms^{-1} for comparison (left) and direction (right)). Full lines (8 km) and dashed lines (2 km) show the wind speed forecasts in different colours for runs started from different consecutive analyses. The blue and red lines on the left graphs are the limit values of strong and gale force wind.

se i najjači vjetar za taj mjesec sa srednjom jačinom 1.9 Bf. Sve to ukazuje da je krajem kolovoza uobičajena promjena vremena.

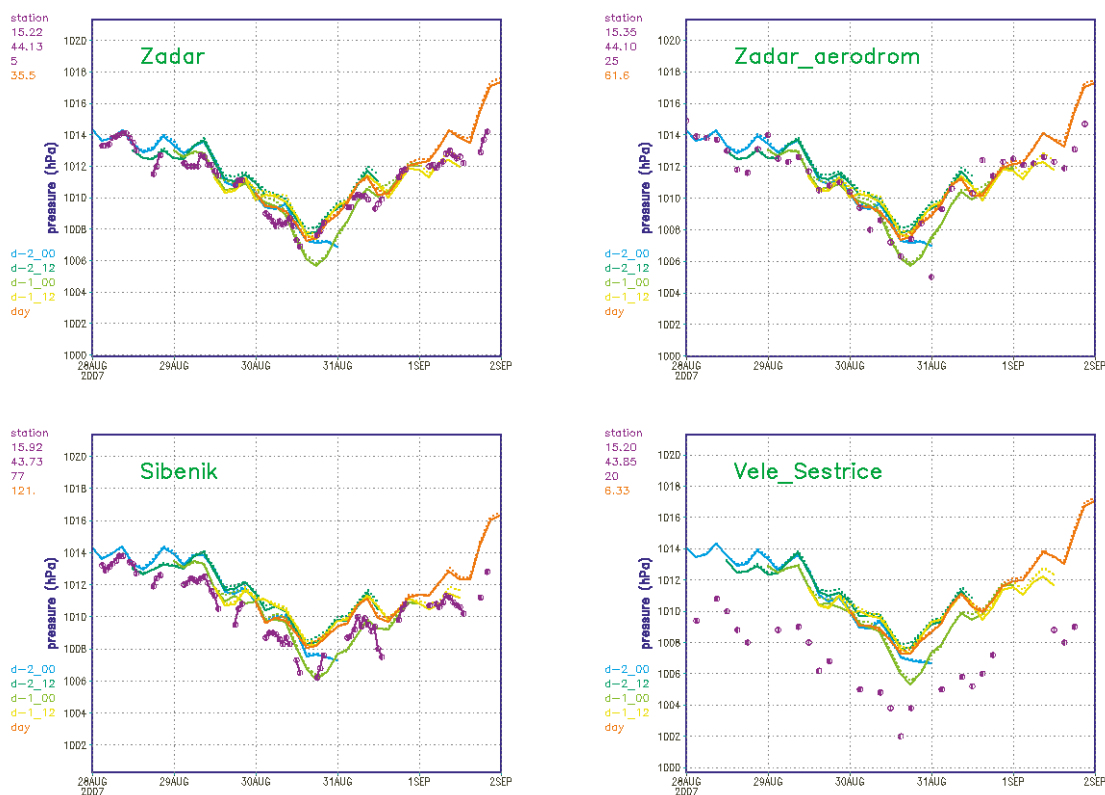
5.2. Usporedba prognoze modela ALADIN/HR s mjerenjima

Kako bi se stekao što bolji uvid u raspodjelu meteoroloških polja u vremenu i prostoru, rabljeni su rezultati operativnog modela za numeričku prognozu vremena ALADIN/HR. Kvaliteta prognoze dobivene tim modelom uspoređena je s mjerenjima meteoroloških elemenata u razdoblju od 28. do 30. kolovoza 2007. Prognoziranje vrijednosti tlaka i temperature zraka, te brzine i smjera vjetra uspoređene su s mjerenjima glavnih i klimatoloških postaja. Pri

toj analizi rabljena su sva raspoloživa mjerenja s klimatološke postaje Vela Sestrica te glavnih (satnih) i automatskih (10 minutnih) postaja Zadar, Zadar Aerodrom i Šibenik.

Na svim su slikama mjerenja prikazana ljubičastom bojom, a različite boje prikazuju rezultate modela (prognozirane vrijednosti) iz različitih početnih analiza odnosno termina.

Slika 8. prikazuje vremenski hod brzine i smjera vjetra u Zadru i Veloj Sestrici. Može se uočiti da je izmjerena brzina vjetra u Zadru bila veća od prognozirane, odnosno da je model ALADIN/HR podcijenio brzinu vjetra. Na postaji Vela Sestrica izmjerena brzina odgovarala je prognozi za tu lokaciju.



Slika 9. Usporedba izmjerenih vrijednosti tlaka zraka (hPa, ljubičasto) s rezultatima modela za glavne meteorološke postaje Zadar, Zadar Aerodrom i Šibenik, te klimatološku postaju Vela Sestrica u razdoblju 28. kolovoza – 2. rujna 2007. Pune i isprekidane crte označavaju prognozirani tlak zraka za te postaje s dvije različite verzije modela koje su započele iz različitih analiza. Tlak zraka glavnih postaja i prognozirane vrijednosti tlaka zraka svedene su na srednju morskou razinu. Za Vela Sestricu tlak zraka se odnosi na nadmorsku visinu aneroida te se može pratiti samo dnevna promjena tlaka između izmjerenih i prognoziranih vrijednosti.

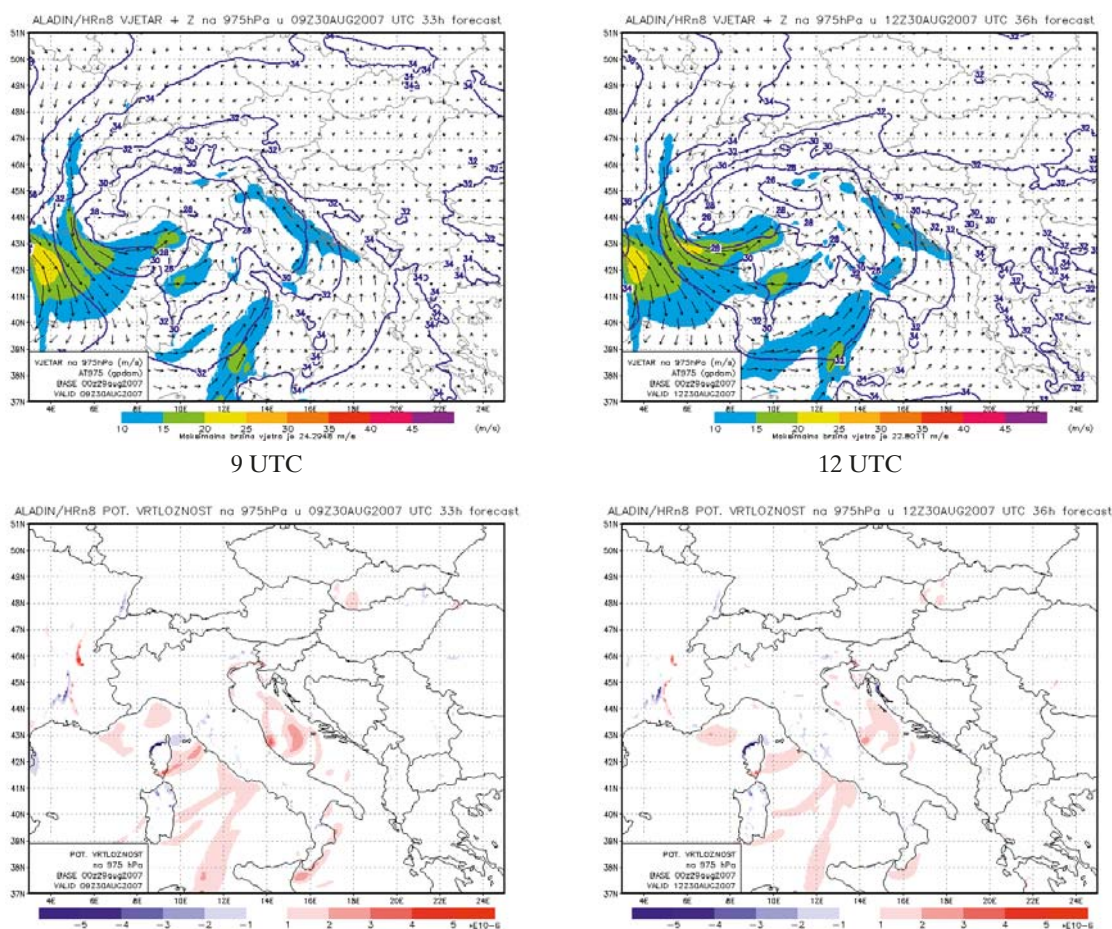
Figure 9. Comparison of the pressure (hPa) measurements (purple) and the ALADIN forecasts at the Zadar, Zadar Airport and Šibenik synoptic stations and the Vela Sestrica climatological station, 28 August – 2 September 2007. The full and dashed lines are for different model versions for runs from different consecutive analyses. All pressure values are reduced to mean sea level. An aneroid was used for the measurements at the Vela Sestrica station so that the data are valid only at station altitude and, therefore, can be used for pressure tendency comparison but not as absolute mean sea level pressure values.

Satne su vrijednosti prizemnog tlaka zraka izmjerene 30. kolovoza 2007. na postajama Zadar i Šibenik te trosatne vrijednosti izmjerene na postajama Zadar Aerodrom i Vela Sestrice (slika 9) pokazuju vrlo izražen minimum oko 17 h. Na postaji Vela Sestrica postoji pomak između prognozirane vrijednosti tlaka zraka i izmjerenih vrijednosti. Razlog zato jest taj što su prognozirane vrijednosti svedene na srednju morsku razinu, a izmjerene predstavljaju tlak zraka izmjeren na visini postaje i nisu svedene na srednju morsku razinu.

Prognoza započeta iz analize 29. kolovoza 2007. u 00 UTC daje najveći pad tlaka zraka koji, prema subjektivnoj ocjeni, najbolje odgo-

vara izmjerenim vrijednostima. Iako na postaji Vela Sestrica postoji pomak između prikazanih izmjerenih vrijednosti tlaka i onih prognoziranih, također možemo uočiti nagao pad pa zatim porast. Prognozirani lokalni minimum u polju tlaka zraka postiže se nešto poslije nego što je izmjereno. Izmjereni minimum manje je izražen nego prognozirani na postajama Zadar i Zadar Aerodrom, dok se prognozirane vrijednosti na postajama Šibenik i Vela Sestrica bolje slažu s mjerjenima (kada uvažimo pomak u polju tlaka za Vela Sestricu).

Nagao pad tlaka zraka, a zatim i njegov porast, te pojačano strujanje zraka tijekom 30. kolovoza 2007. na širem zadarskom području



Slika 10. Polja geopotencijala (gpm, plave crte), smjera (strelice) i brzine vjetra (ms^{-1} , osjenčano, gore) te potencijalne vrtložnosti ($\text{m}^2\text{s}^{-1}\text{Kkg}^{-1}$, osjenčano, dolje) na izobarnoj plohi 975 hPa približne visine 300 m nad tlom prema rezultatima modela ALADIN/HR s horizontalnom razlučivosti 8 km za 30. kolovoz 2007. u 9 UTC (lijevo) i 12 UTC (desno). Početak simulacije modela je 29. kolovoz 2007. u 00 UTC.

Figure 10. Top line: absolute topography (gpm, blue lines), wind direction (arrows) and wind speed (ms^{-1} , shaded); bottom line: potential vorticity ($\text{m}^2\text{s}^{-1}\text{Kkg}^{-1}$, shaded) at the 925 hPa isobaric surface, approximate height 300 m, 8 km ALADIN/HR model forecasts, model start at 00 UTC, on 29 August 2007. Forecasts valid for 9 UTC (left) and 12 UTC (right), on 30 August 2007.

potvrđuju i analize osnivane na raspoloživim meteorološkim podacima, i prognoze dobivene numeričkim prognostičkim modelom ALADIN/HR.

5.3. Prognostička polja modela ALADIN/HR pri tlu

Radi boljeg uvida u prostornu raspodjelu meteoroloških parametara prikazani su i rezultati modela ALADIN/HR. Budući da se rezultati modela odnosno prognozirane vrijednosti započete iz analize od 29. kolovoza 2007. u 2 h najbolje slažu s izmjerenim podacima, one su nadalje primijenjene za prostornu procjenu stanja atmosfere.

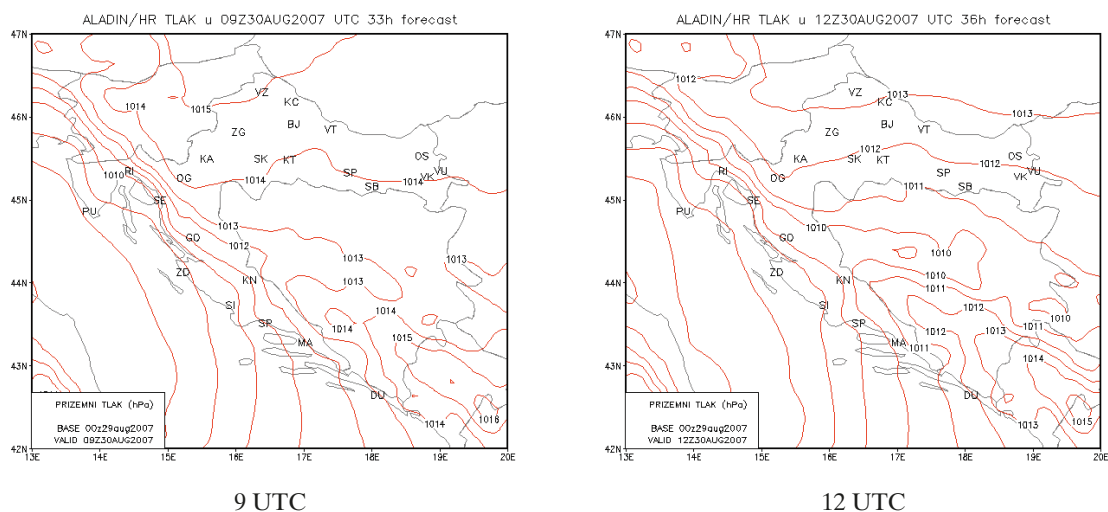
Polja vjetra, geopotencijala i potencijalne vrtložnosti na izobarnoj plohi 975 hPa prikazana su na slici 10. Visina te plohe je oko 300 m nad morem i predstavlja izlaz modela po visini najbliži vrhovima otoka Kornata. I simulacija modelom ALADIN/HR ukazuju na postojanje ciklone čiji jugoistočni ogranak prelazi Apenine i ulazi nad Jadransko more. Upravo zbog ciklonalne cirkulacije, ali i zbog utjecaja reljefa tla na istočnom dijelu Jadrana, SW zračna struja okreće na SE nailaskom na našu obalu. Ciklonalna cirkulacija vidljiva je i u polju potencijalne vrtložnosti čije su vrijednosti povećane nad srednjim Jadranom. Detaljniji uvid u prostornu razdiobu polja

prizemnog tlaka zraka dobivenog modelom ALADIN/HR daje slika 11.

Detaljniji uvid u prostornu razdiobu polja prizemnog tlaka zraka dobiven modelom ALADIN/HR daje slika 11. Prognostičke su vrijednosti tlaka zraka na zadarskom području nešto više nego izmjerene i ne ukazuju na mezo ciklonu nad tim područjem kao što je pokazala mezoanaliza (slika 4). U skladu s prognostičkim izobarnim poljem je i polje vjetra na 10 m nad tlom, koje pokazuje lokalni maksimum jugoistočno od Kornata (narančaste boje na slici 12), gdje su brzine vjetra veće od 10.8 ms^{-1} . S obzirom na velik utjecaj reljefa tla na polje vjetra prikazani su i rezultati dinamičke adaptacije polja vjetra s finijom razlučivošću od 2 km. Za razliku od rezultata na 8 km, ovdje se uočava polje lokalnog minimuma vjetra sjeverozapadno od otoka Kornata (svijetlozeleno), ali i područja s brzinom oko 17 ms^{-1} . To ukazuje na veliku promjenjivost brzine vjetra na kornatskom području.

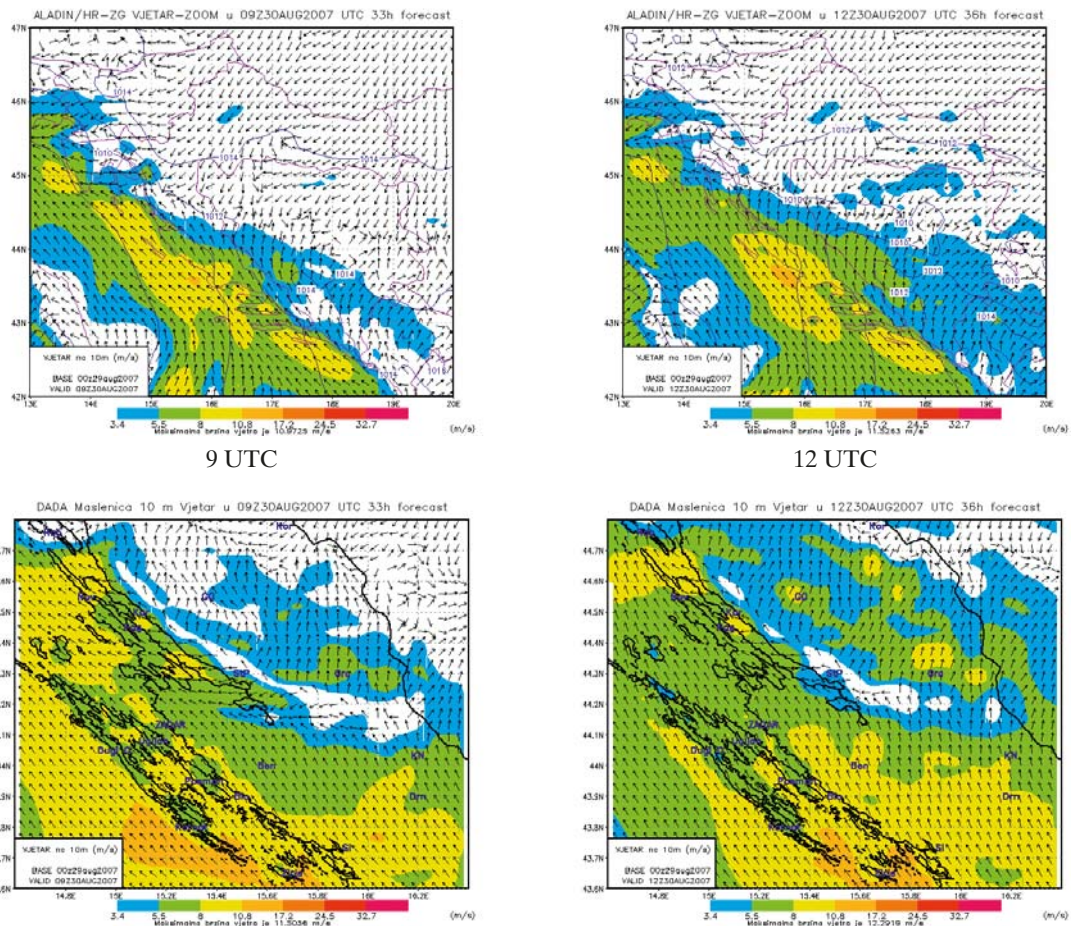
5.4. Prognostička polja modela MM5

Model MM5 jest numerički nehidrostatički mezomodel pogodan za simulacije meteoroloških polja na ograničenu području u širokom opsegu razlučivosti od 50 km do 1 km (Grell, 1995). Uz određena ograničenja i pretpostav-



Slika 11. Polje prizemnog tlaka zraka (hPa, crvene crte) prema rezultatima modela ALADIN/HR s horizontalnom razlučivosti 8 km za 30. kolovoz 2007. u 9 UTC (lijevo) i 12 UTC (desno). Početak simulacije modela je 29. kolovoza 2007. u 00 UTC.

Figure 11. Mean sea level pressure (hPa, red lines), 8 km ALADIN/HR model forecast, model start at 00 UTC, on 29 August 2007 Forecast valid for 9 UTC (left) and 12 UTC (right), on 30 August 2007.



Slika 12. Polje smjera (streljice) i 10-minutne brzine vjeta (ms^{-1} , osjenčano) prema rezultatima modela ALADIN/HR s horizontalnom razlučivosti 8 km (gore) i 2 km (dolje) za 30. kolovoz 2007. u 9 UTC (lijevo) i 12 UTC (desno). Početak simulacije modela je 29. kolovoza 2007. u 00 UTC.

Figure 12. 10 m surface wind direction (arrows) and wind speed (ms^{-1} , shaded), 8 km (top row) and 2 km (bottom row) ALADIN/HR model forecasts, model start at 00 UTC, on 29 August 2007. Forecasts valid for 9 UTC (left) and 12 UTC (right), on 30 August 2007.

ke može se primijeniti i na još finijoj razlučivosti, manjoj od 1 km.

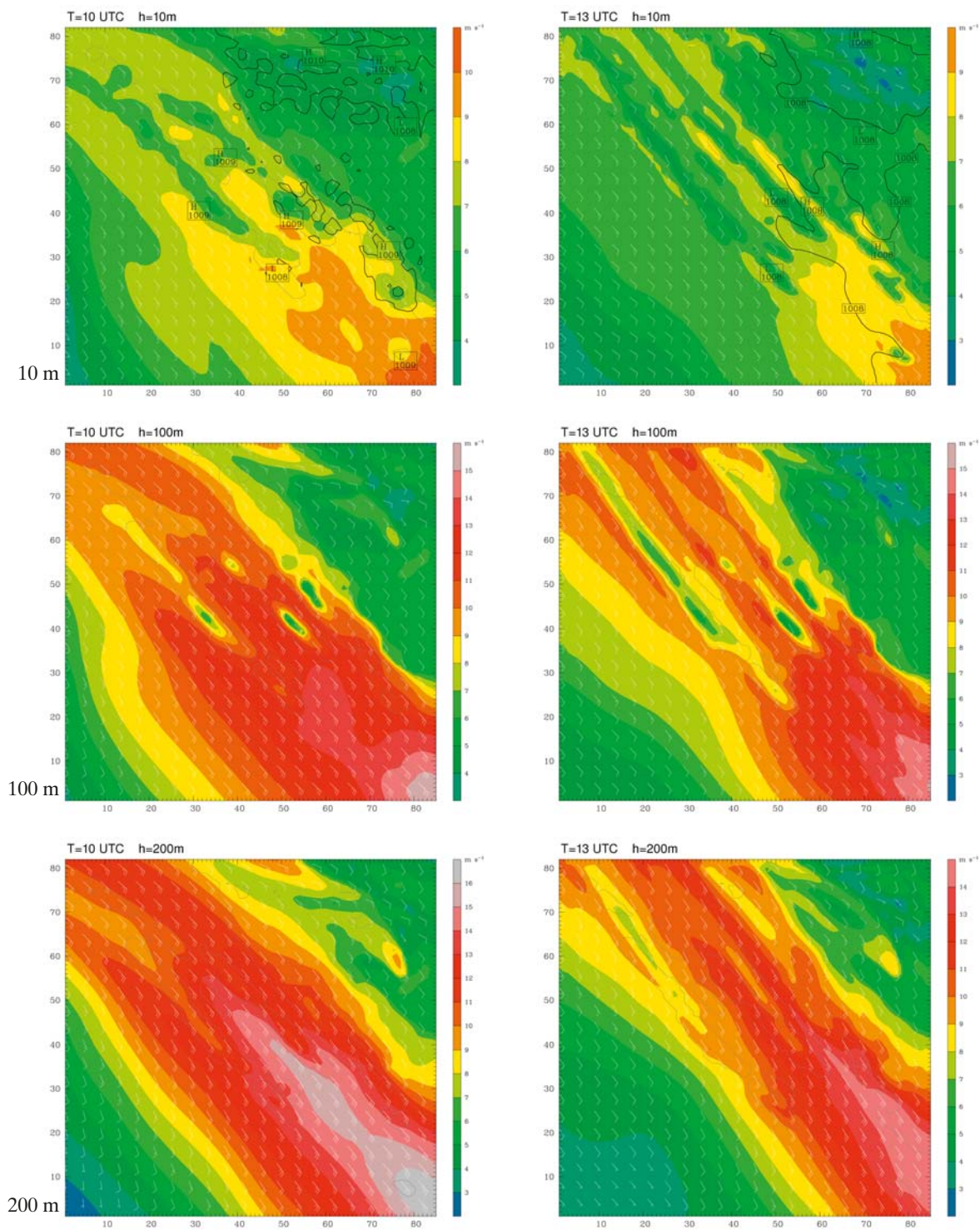
Za analizu promatranog požara simulirani su uvjeti nad širim kornatskim područjem s horizontalnom razlučivosti modela od $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ što je dobiveno primjenom početnih i rubnih uvjeta iz operativnih izlaza ALADIN/HR. Prvo su simulirani uvjeti na većem području uz horizontalnu rezoluciju $3 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ uz vremenski korak od 3 s. Potom su ti rezultati poslužili za simulaciju na širem kornatskom području koja sadrži 85×82 točke. Budući da je prostorna razlučivost početnih i rubnih uvjeta 8 km, a vremenska 3 sata, *ugniježdjena* konfiguracija rabi se kako bi se umanjilo potrebno vrijeme za izračun simulacije uz istovremeno

izbjegavanje *šokiranja* modela rubnim uvjetima preniske razlučivosti te zadržavanje kvalitete prognoziranih vrijednosti. Simulacije su izvedene na 30 vertikalnih razina, od kojih je deset u prvih 1 km visine. Najniža se razina nalazi na oko 20 m visine, a vrh se nalazi na 100 hPa (oko 15 km).

Prvenstveno nas je zanimala prostorna razdoba vjeta u prizemnih 200 m visine, što otprilike odgovara visini vrha iznad uvale Šipnata na Kornatu. Polja vjeta na visinama 10 m, 100 m i 200 m za 30. kolovoz 2007. u 12 h i 15 h prikazana su na slici 13. Rezultati i ovim modelom pokazuju veliku horizontalnu, ali i vertikalnu promjenjivost. Nad morem brzine vjeta u 12 h prelaze 10 ms^{-1} , a nad otocima su nešto manje,

10 UTC

13 UTC



Slika 13. Horizontalno polje vjetra dobiveno simulacijom nehidrostatičkim numeričkim modelom MM5 horizontalne razlučivosti 1 km na plohama visine 10 m (gore), 100 m (sredina) i 200 m (dolje): brzina vjetra (ms⁻¹, obojano), brzina i smjer vjetra (sive zastavice) za 30. kolovoz 2007. u 10 UTC (lijevo) i 13 UTC (desno).

Figure 13. Horizontal wind field produced by the MM5 numerical model at 1 km resolution, at 10 m AGL (up), 100 m AGL (middle) and 200 m AGL (bottom): wind speed (ms⁻¹, coloured), wind vector (barbs) for 30 August 2007 at 10 UTC (left) and 13 UTC (right).

s maksimumom oko 7 ms^{-1} . Budući da je brzina vjetra jako ovisna o konfiguraciji lokalnog terena, brzine vjetra u stvarnosti se na pojedinim mikrolokacijama mogu zamjetno razlikovati od tih dobivenih simulacijom modela rezolucije 1 km. Brzina je vjetra kroz prikazano razdoblje imala tendenciju laganog slabljenja (za oko 1 ms^{-1}). Smjer vjetra bio je SE, s tim što je kroz promatrano razdoblje blago okretao prema E (za manje od 15°).

Rezultati te simulacije pokazuju da vjetar zamjetno jača s visinom. Iz prikazanih polja vjetra na visini od 100 m u 12 h i 15 h može se uočiti da je vjetar osjetno jači nego pri tlu. Na toj visini područje maksimalne brzine vjetra oko 15 ms^{-1} se nalazi na rubnom jugoistočnom dijelu promatranog područja. Nad Kornatom vjetar je gotovo dvostruko slabiji, s maksimalnom brzinom oko 8 ms^{-1} . Na visini od 200 m područje se maksimalne brzine oko 16 ms^{-1} proširilo u jugoistočnom dijelu, osobito u 12 h na početku požara, kada je procijenjena i najveća brzina vjetra ($11\text{--}12 \text{ ms}^{-1}$) nad Kornatom.

6. VERTIKALNA STRUKTURA ATMOSFERE I USPOREDBA S NUMERIČKIM SIMULACIJAMA

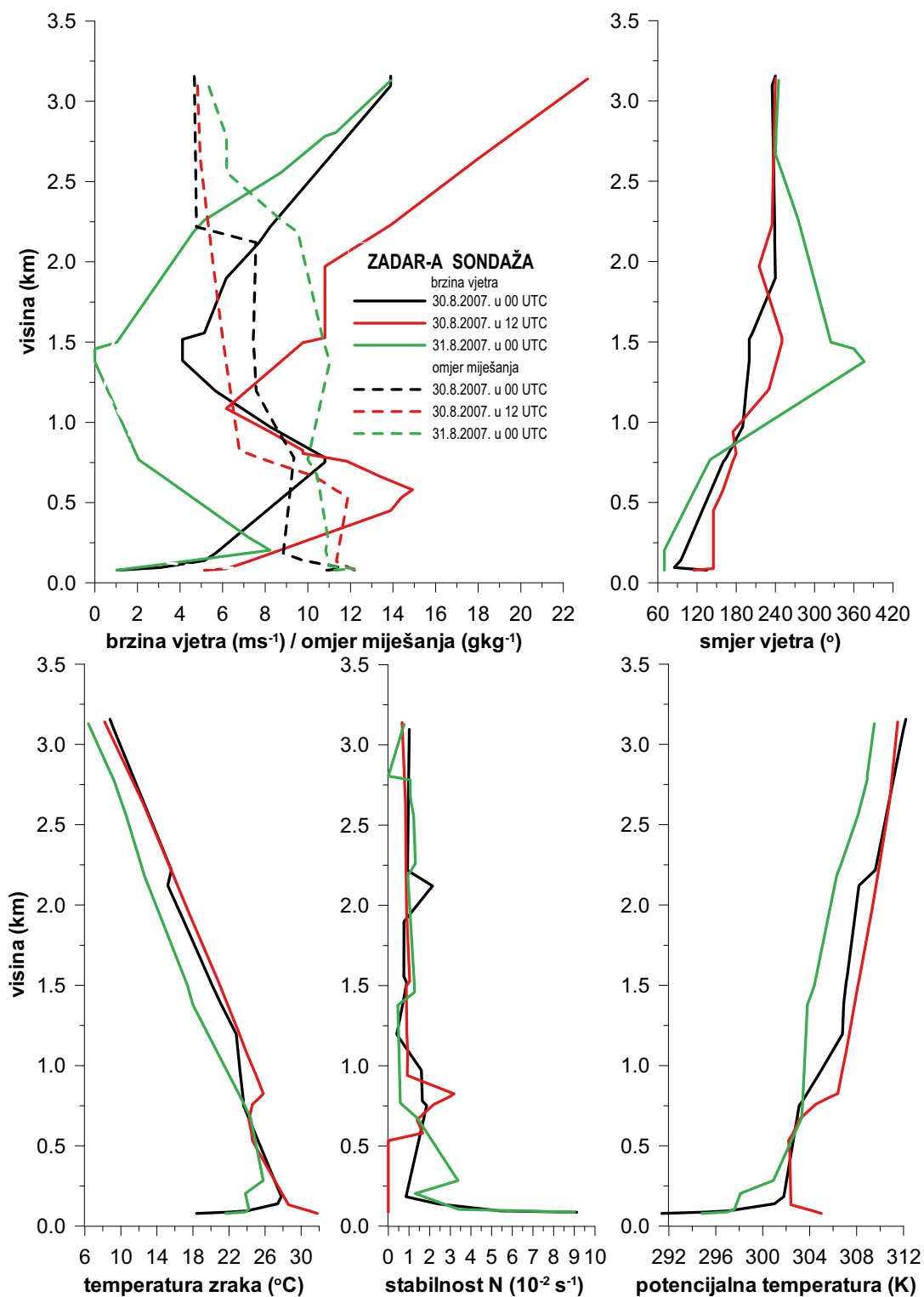
6.1. Vremenska analiza

Pomoću radiosondažnih podataka temperature zraka te brzine i smjera vjetra iznad postaje Zadar Aerodrom analizirani su vertikalni profili tih elemenata kao i izvedene veličine: potencijalna temperatura zraka, statička stabilnost zraka (uzgonska ili Brunt-Väisäläova frekvencija) i vertikalno smicanje vjetra (npr. Vučetić, 1988 i 1997) do 3 km visine za 30. kolovoza 2007. u 2 h i 14 h te 31. kolovoza 2007. u 2 h.

Vertikalni profili brzine vjetra 30. kolovoza 2007. pokazuju da je SE vjetar u donjim slojevima troposfere jačao od noćnog termina prema popodnevnim satima, a zatim okretanjem vjetra na ENE–E smjer slabio u noćnim satima sljedećeg dana (slika 14). Budući da je potrebno ustanoviti vertikalnu strukturu atmosfere za vrijeme trajanja požara na Kornatu, detaljnije su analizirani visinski podaci nad zadarskim područjem 30. kolovoza 2007. u 14 h (slika 15). U tom terminu brzina vjetra je od 5 ms^{-1} pri tlu (79 m nad srednjom razinom mora) narasla na 15 ms^{-1} (54 kmh^{-1}) na visini 580 m što ukazuje na jako vertikalno smicanje vjetra (porast brzine vjetra od 2 ms^{-1} po 100 m vi-

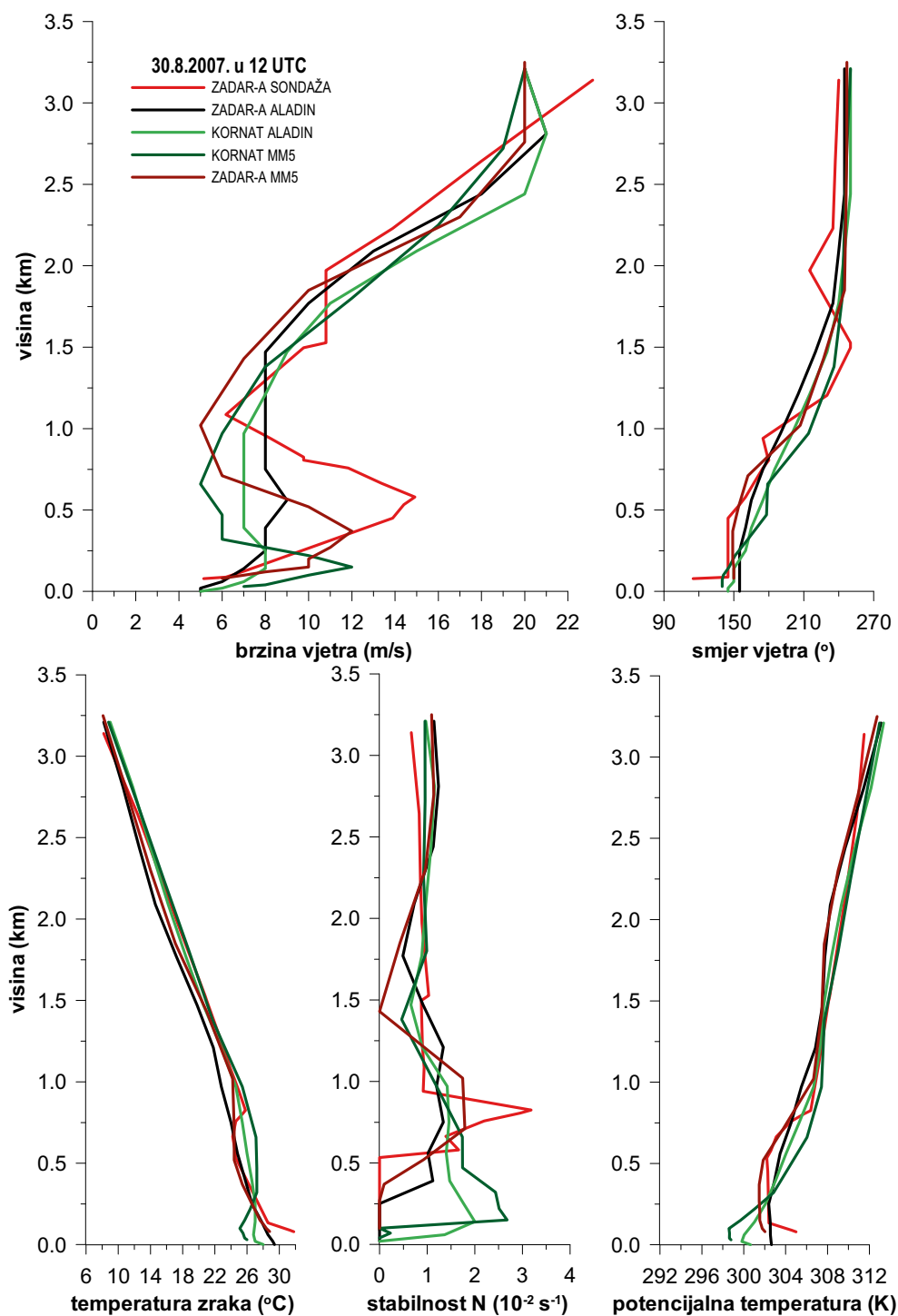
sine) i postojanje niske mlazne struje. Nakon toga brzina se naglo smanjivala i na 1086 m pala na 6 ms^{-1} . U prvih 0.5 km do maksimuma brzine vjetar je postupno okretao od SE na SSE smjer, a u drugih 0.5 km na S smjer da bi u minimumu brzine puhao kao SSW. Okretanjem vjetra na SSW–SW smjer iznad 1 km od tla brzina mu se ponovo povećala i na oko 3 km dosegla 23 ms^{-1} . Temperatura se zraka postupno smanjivala od tla (31.8°C) do malo iznad maksimuma brzine vjetra (24.2°C na 664 m) iznad kojeg je u sloju od 160 m bio porast temperature od 1.6°C (temperaturna inverzija $1^\circ\text{C}/100 \text{ m}$). Taj se stabilni sloj bolje uočava na vertikalnom profilu potencijalne temperature zraka i statičke stabilnosti zraka ($N = 0.022\text{--}0.032 \text{ s}^{-1}$). Dakle, u prvih 0.5 km visine atmosfera je bila labilno stratificirana, što je pogodovalo i uzlaznom dizanju zraka i porastu brzine SE vjetra, a stabilni je sloj iznad toga utjecao na okretanje vjetra na SSW i smanjenje brzine vjetra do 1 km visine nad zadarskim područjem.

Budući da se radiosondažna visinska mjerenja izvode u Hrvatskoj samo na dvije postaje, u Zagreb Maksimir i Zadar Aerodrom, za kornatsko područje vertikalna je struktura atmosfere simulirana numeričkim modelima ALADIN/HR i MM5. Kako bi se ocijenila vjerodostojnost tih procjena, s tim su modelima izračunati i vertikalni profili (pseudotempovi) za postaju Zadar Aerodrom i uspoređeni sa stvarnim radiosondažnim podacima te postaje za 30. kolovoza 2007. u 14 h (slika 15). Model ALADIN/HR znatno je podcijenio promjenu brzine vjetra s visinom. Maksimalna je brzina vjetra u donjem sloju troposfere prema ALADIN-u bila za 40% manja, a prema MM5 za 20% manja od izmjerene na postaji Zadar Aerodrom. Dok je ALADIN/HR procijenio maksimum brzine na približnoj visini 560 m kao i radiosondažna mjerenja, MM5 dao je maksimum brzine gotovo 200 m niže (na 370 m). Simulacija ALADIN/HR-om rađena je svaka tri sata, a MM5 svaki sat. Vertikalni je profil smjera vjetra relativno dobro procijenjen u oba modela. Međutim, ALADIN/HR nije simulirao temperaturnu inverziju iznad maksimuma brzine vjetra, a MM5 je dao izotermiju (temperatura zraka se u tom sloju nije mijenjala) i bolju ocjenu statičke stabilnosti. Model ALADIN/HR najveću brzinu do 1 km visine predvidio je tri sata prije, tj. u 11 h.



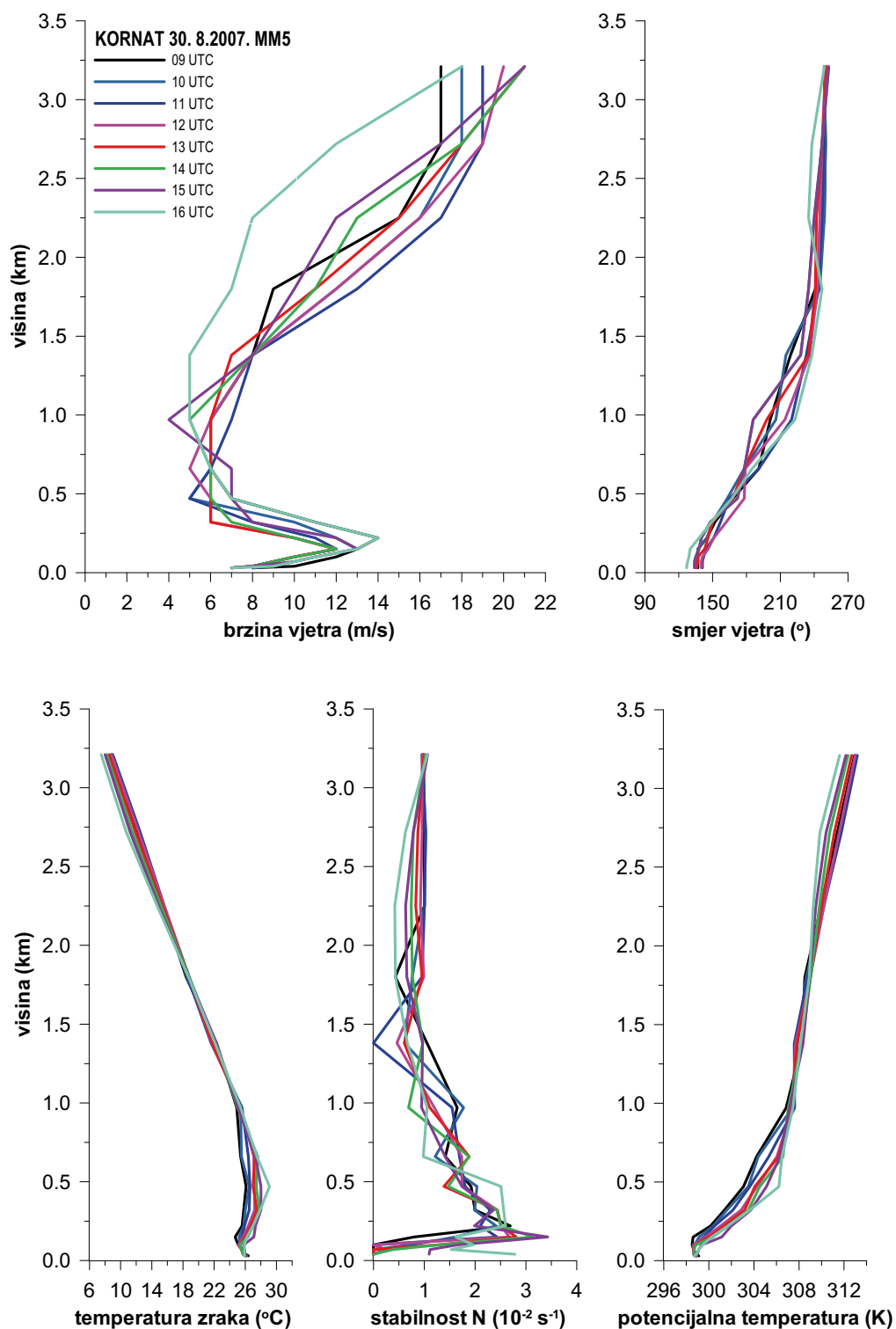
Slika 14. Vertikalni profili brzine (ms^{-1}) i smjera vjetra ($^{\circ}$), temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$), statička stabilnosti (Brunt-Väisälöva frekvencija, 10^{-2} s^{-1}) i potencijalne temperature zraka (K) za Zadar Aerodrom do 3 km visine prema radio-sondažnim podacima za 30. kolovoz 2007.

Figure 14. The vertical profiles of wind speed (ms^{-1}) and direction ($^{\circ}$), air temperature ($^{\circ}\text{C}$), static stability (Brunt-Väisälä frequency, 10^{-2} s^{-1}) and potential air temperature (K) for Zadar Airport, up to 3 km, according to the radiosounding measurements on 30 August 2007.



Slika 15. Usporedba vertikalnih profila brzine (ms^{-1}) i smjera vjetra ($^{\circ}$), temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$), statička stabilnosti (Brunt- Väisäläova frekvencija, 10^{-4} s^{-1}) i potencijalne temperature zraka (K) za Zadar Aerodrom i Kornat dobiveno numeričkim modelima ALADIN/HR i MM5 s radio-sondažnim mjerenjima na Zadar Aerodromu do 3 km visine za 30. kolovoz 2007. u 12 UTC.

Figure 15. Comparison of the vertical profiles of wind speed (ms^{-1}) and direction ($^{\circ}$), air temperature ($^{\circ}\text{C}$), static stability (Brunt-Väisälä frequency, 10^{-2} s^{-1}) and potential air temperature (K) at Zadar Airport and Kornat, developed by the ALADIN and MM5 numerical models with Zadar Airport radiosounding measurements up to 3 km, on 30 August 2007 at 12 UTC.



Slika 16. Vertikalni profili brzine (ms^{-1}) i smjera vjetra ($^{\circ}$), temperature zraka ($^{\circ}C$), statička stabilnosti (Brunt-Väisäläova frekvencija, $10^{-2} s^{-1}$) i potencijalne temperature zraka (K) za područje Kornata do 3 km visine određeno pomoću numeričkog modela MM5 za 30. kolovoz 2007.

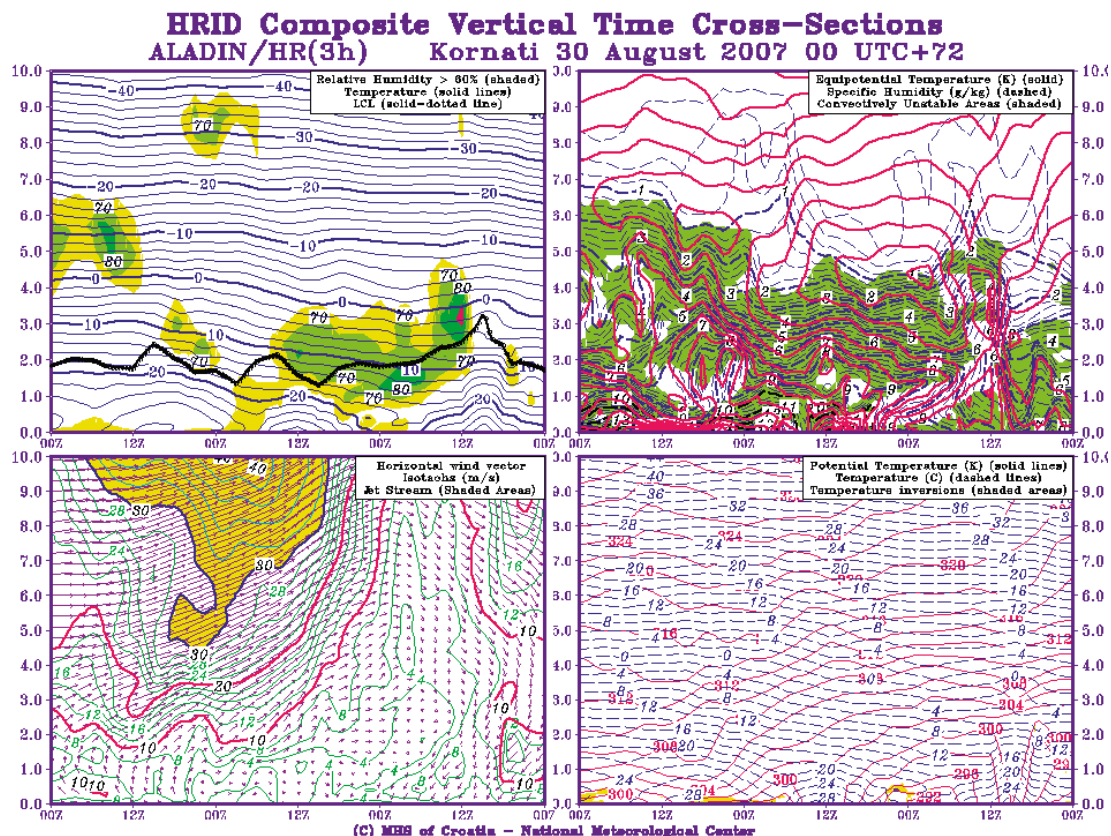
Figure 16. The vertical profiles of wind speed (ms^{-1}) and direction ($^{\circ}$), air temperature ($^{\circ}C$), static stability (Brunt-Väisälä frequency, $10^{-2} s^{-1}$) and potential air temperature (K) for the Kornat area up to 3 km, defined by the MM5 numerical model for 30 August 2007.

Iz toga slijedi da je simulacija MM5 vertikalne strukture atmosfere nad Kornatom vjerodostojnija nego što to pokazuju rezultati modela ALADIN/HR. Stoga se daljnja visinska analiza nad kornatskim područjem osniva na rezultatima modela MM5 (slika 16).

Budući da su modelom MM5 dani izlazni rezultati svaki sat, promatrane su vremenske promjene vertikalne strukture 30. kolovoza 2007. od 11 h do 19 h za vrijeme požara. U cijelom tom razdoblju prizemna je temperatura zraka procijenjena na oko 26°C. Najveće brzine vjetra od 12 ms⁻¹ do 14 ms⁻¹ proračunate su na visini 150-220 m iznad srednje morske razine, čije vrijednosti s maksimumom većim od 12 ms⁻¹ zadovoljavaju kriterij niske mlazne struje (Bonner, 1968). Vrlo jako vertikalno

smicanje vjetra 3-4 ms⁻¹ po 100 m bilo je između tla i visine maksimalne brzine vjetra. Do približno 150 m visine atmosfera je bila labilno stratificirana do 16 h, što je pogodovalo i uzlaznim strujama u tom sloju. Iznad maksimuma brzine vjetra pojavio se stabilan sloj s porastom temperature zraka do 470 m visine, i u tom je sloju došlo do naglom smanjenja brzine vjetra i okretanja vjetra od SE na S smjer. Na približno 1 km visine vjetar je promijenio smjer na SW i ponovo pojačao s visinom.

Stanje atmosfere po visini i njezina promjena s vremenom zorno se može prikazati vremenskim presjecima HRID na osnovi prognoziranih vrijednosti određenih meteoroloških parametara iz modela ALADIN/HR (Ivančan-Picek i dr., 2003). Vremenski vertikalni presjek,



Slika 17. Prognozirani vertikalni razvoj vremenske situacije nad Kornatima za razdoblje od 29. kolovoza u 00 UTC do 1. rujna 2007. u 00 UTC. Relativna vlažnost zraka (%), gore lijevo), ekvipotencijalna temperatura (K), specifična vlaga (gkg⁻¹) i konvektivna nestabilnost (gore desno), smjer i brzina vjetra (ms⁻¹, dolje lijevo) te potencijalna temperatura (K), temperatura zraka (°C) i sloj inverzije (dolje desno).

Figure 17. The prognostic ALADIN/HR vertical cross-section above the Kornati area, from 29 August at 00 UTC to 1 September at 00 UTC. Top left: relative humidity (%); top right: equipotential temperature (K), specific humidity (gkg⁻¹) and convective instability (light-green shaded area); bottom left: wind speed (ms⁻¹) and direction, and bottom down: potential temperature (K), air temperature (°C) and temperature inversion areas (shaded).

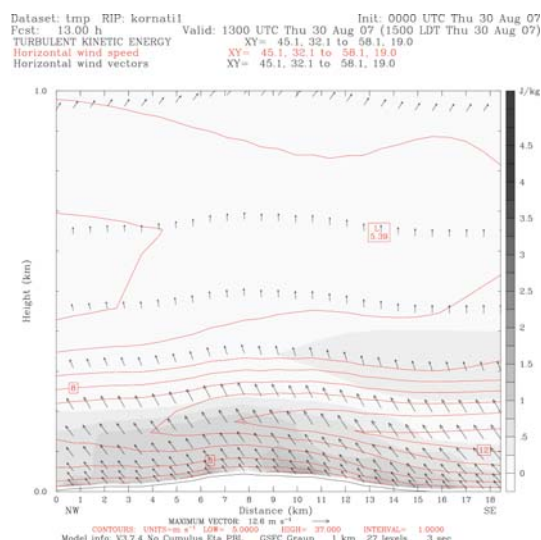
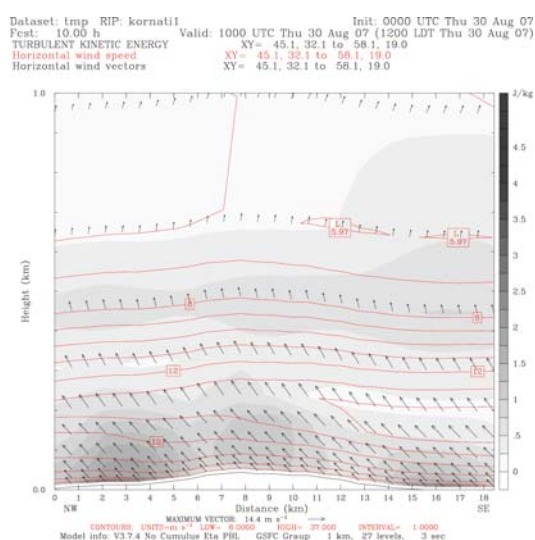
koji prikazuje prognozirani razvoj vremenske situacije u jednoj geografskoj točki (u ovom slučaju Kornata) po visini, prikazan je na slici 17. Polje vjetra i njegova promjena u vremenu i s visinom osobito je zanimljiva jer je iz prognoziranih vrijednosti ALADIN/HR vidljivo da se pri tlu 30. kolovoza 2007. stvorilo sredinom dana područje relativno jake SE zračne struje (brzine vjetra iznad 10 ms^{-1}) sve do visine od 1 km. Iznad te visine u atmosferi strujanje bilo jako SW. Iako prognozirana brzina vjetra pri tlu ima umjerene vrijednosti, od 5 ms^{-1} do 7 ms^{-1} , u sloju do 450 m nad morem vjetar postaje jak. I ti rezultati ukazuju da je na visini vrhova otoka Kornata u promatranoj vremenskoj situaciji vjetar bio zamjetno jači nego što su pokazivala mjerenja na postaji Vela Sestrica, koja je blizu morske razine.

S obzirom na nestabilnu stratifikaciju atmosfere 30. kolovoza 2007, mogao se očekivati i jak konvektivni razvoj oblaka. Međutim, do njega nije došlo jer je glavina vlažnog zraka prodrla u prizemni sloj (slika 17), što pokazuju i prizemni podaci s postaja Zadar i Vela Sestrica te radiosonadažna mjerenja nad postajom Zadar Aerodrom. Iznad 500 m polje relativne vlažnosti zraka ukazuje na razmjerno suhu atmosferu te je došlo do razvoja samo kumulusnih oblaka Cu, Sc i Ac te altostratusa i cirusa.

6.2. Prostorna analiza

Budući da je usporedba radiosondažnih mjerenja na postaji Zadar Aerodrom pokazala bolje slaganje s rezultatima numeričke simulacije nehidrostatičkim modelom MM5, detaljnije su analizirani prostorni vertikalni presjeci donjeg sloja atmosfere nad Kornatom do visine 1 km.

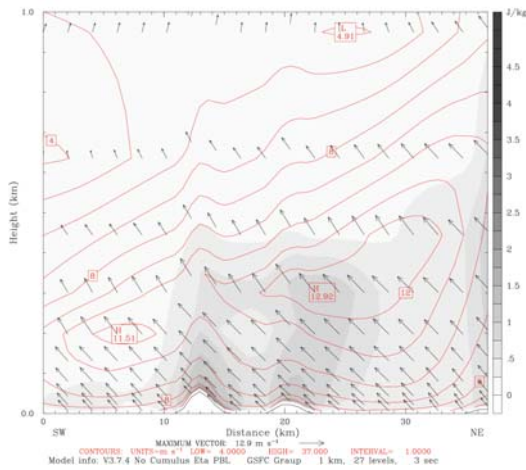
Slika 18. pokazuje prostorni vertikalni presjek brzine i smjera vjetra, te turbulentne kinetičke energije duž Kornata označen na slici 1. Dobro je vidljiv izražen lokalni maksimum brzine na 150–200 m na lokaciji 43.80° sjeverno i 15.31° istočno (točka modela MM5 koja je najbliža mjestu izbijanja požara), koji u 12 h još jednom potvrđuje postojanje niske mlazne struje (Bonner, 1968). Maksimalna brzina vjetra kroz promatrano razdoblje slabi s približno 13.5 ms^{-1} na oko 11.5 ms^{-1} . Ispod maksimuma brzine vjetra nalazi se područje jakog smicanja vjetra, što dovodi do povećanja turbulentne kinetičke energije u sloju do 100 m visine, gdje na pojedinim mjestima prelazi 1 Jkg^{-1} . Te vrijednosti ukazuju na mogućnost razvoja jake turbulencije nad Kornatom. Slika 19. pokazuje prostorne vertikalne presjeke brzine i smjera vjetra i turbulentne kinetičke energije okomite na Kornat na lokacijama nesreće i početka požara u 12 i u 15 h. Područje maksimuma



Slika 18. Prostorni vertikalni presjek brzine vjetra (ms^{-1} , puna crvena crta), turbulentne kinetičke energije (Jkg^{-1} , osjenčano sivo) te vektora vjetra (strelice) duž Kornata do 1 km za 30. kolovoz 2007. u 10 UTC (lijevo) i 13 UTC (desno).

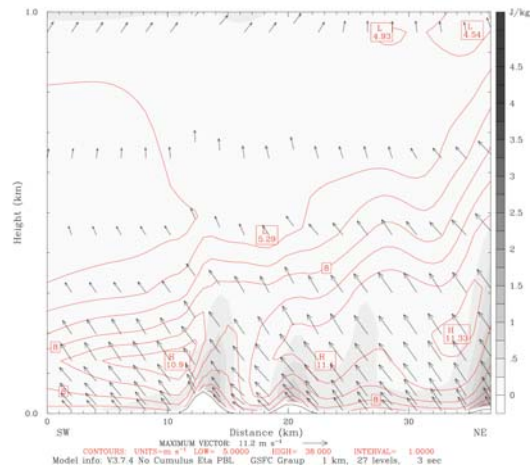
Figure 18. Vertical cross-section of wind speed (ms^{-1} , solid red line), turbulent kinetic energy (Jkg^{-1} , shaded) and wind vector (arrows) along the Kornat island, up to 1 km AGL, on 30 August 2007 at 10 UTC (left) and 13 UTC (right).

Dataset: tmp RIP: kornati1
 Fcst: 10.00 h Valid: 1000 UTC Thu 30 Aug 07 (1200 LDT Thu 30 Aug 07)
 TURBULENT KINETIC ENERGY XY= 10.0, 50.0 to 37.0, 75.0
 Horizontal wind speed XY= 10.0, 50.0 to 37.0, 75.0
 Horizontal wind vectors XY= 10.0, 50.0 to 37.0, 75.0



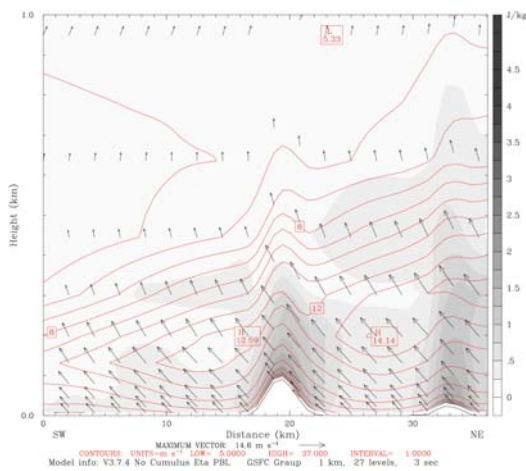
10 UTC

Dataset: tmp RIP: kornati1
 Fcst: 13.00 h Valid: 1300 UTC Thu 30 Aug 07 (1500 LDT Thu 30 Aug 07)
 TURBULENT KINETIC ENERGY XY= 10.0, 50.0 to 37.0, 75.0
 Horizontal wind speed XY= 10.0, 50.0 to 37.0, 75.0
 Horizontal wind vectors XY= 10.0, 50.0 to 37.0, 75.0

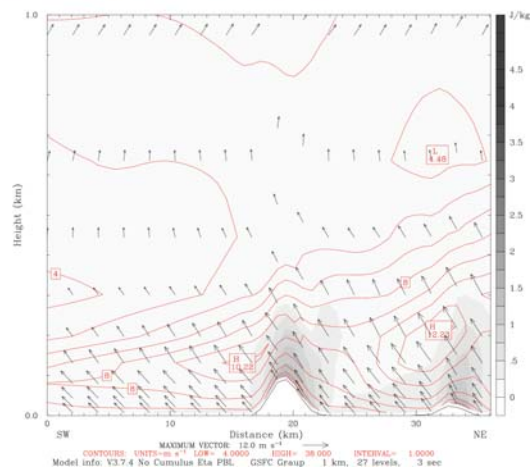


13 UTC

Dataset: tmp RIP: kornati1
 Fcst: 10.00 h Valid: 1000 UTC Thu 30 Aug 07 (1200 LDT Thu 30 Aug 07)
 TURBULENT KINETIC ENERGY XY= 20.0, 28.0 to 46.0, 53.0
 Horizontal wind speed XY= 20.0, 28.0 to 46.0, 53.0
 Horizontal wind vectors XY= 20.0, 28.0 to 46.0, 53.0



Dataset: tmp RIP: kornati1
 Fcst: 13.00 h Valid: 1300 UTC Thu 30 Aug 07 (1500 LDT Thu 30 Aug 07)
 TURBULENT KINETIC ENERGY XY= 20.0, 28.0 to 46.0, 53.0
 Horizontal wind speed XY= 20.0, 28.0 to 46.0, 53.0
 Horizontal wind vectors XY= 20.0, 28.0 to 46.0, 53.0



Slika 19. Prostorni vertikalni presjek brzine vjetra (ms^{-1} , puna crvena crta), turbulentne kinetičke energije (Jkg^{-1} , osjenčano sivo) te vektora vjetra (strelice) okomito na Kornat do 1 km na mjestu nesreće (gore) i na mjestu izbijanja požara (dolje) za 30. kolovoz 2007. u 10 UTC (lijevo) i 13 UTC (desno).

Figure 19. Vertical cross-section of wind speed (ms^{-1} , solid red line), turbulent kinetic energy (Jkg^{-1} , shaded) and wind vector (arrows) perpendicular the the island of Kornat, up to 1 km AGL, on 30 August 2007 at 10 UTC (left) and 13 UTC (right). The cross-sections are for the site of the accident (top), and for the point where the fire started (bottom).

niske mlazne struje nalazi se desetak kilometara sjeveroistočno od Kornata i prema jugozapadu vrijednosti brzine vjetra opadaju. Strujanje je zraka nad Kornatom slabije u odnosu na strujanje nad morem što dovodi do nastanka dvije jezgre niske mlazne struje s obje strane otoka. Vidljivo je slabljenje niske mlazne

struje i smanjivanje turbulentne kinetičke energije u promatranom razdoblju. Turbulentna kinetička energije znatno je povećana nad otokom dok je nad morem slabija pa i ova analiza ukazuje na jaču turbulenciju nad Kornatom.

7. UKRATKO O LOKALNIM VREMENSKIM UVJETIMA

Budući da je prizemna i vertikalna struktura atmosfere vremenske situacije tijekom kornatskog požara vrlo detaljno analizirana, zbog lakšeg praćenja dinamičkih procesa koji su se tada odvijali u atmosferi, ukratko ćemo istaknuti osnovne njihove značajke.

Analiza meteoroloških prilika za vrijeme požara na Kornatu 30. kolovoza 2007. između 11 h i 18 h, prema podacima glavne meteorološke postaje Zadar i klimatološke postaje Vela Sestrica, kao najbližih postaja promatranoj lokaciji, pokazuje da je prevladavalo sparno, djelomično oblačno i vjetrovito vrijeme zbog utjecaja ciklone sa zapadnog Sredozemlja. Analize ukazuju i na mogućnost postojanja plitke mezociklone nad širim zadarskim područjem. Danja je temperatura zraka bila iznad 26°C , a maksimum od 29°C dostignut je u popodnevним satima. Zrak je bio relativno bogat vlagom, na što ukazuje relativna vlažnost zraka između 55% i 70% te smanjena vidljivost do 10 km. U skladu sa zaklonjenošću Sunca grudastim niskim i srednjim oblacima (kumulusi, stratokumulusi i altokumulusi) te visokim vlaknastima oblacima (cirusi), mijenjale su se vrijednosti globalnog Sunčeva zračenja u Zadru (približno između 5 kJm^{-2} i 45 kJm^{-2} unutar 10-minutnog intervala). Oblaci vertikalnog razvoja kumulusi ukazuju na povoljne vremenske uvjete za konvekciju (dizanje toplog zraka) odnosno na labilno stratificiranu atmosferu koja pogoduje uzlaznom gibanju zraka u srednjoj troposferi. Nebo je nad Kornatom najviše bilo prekriveno oblacima altostratusima (8 desetina) između 8 i 14 h, a u kasnopopodnevним i večernjim satima između 17 i 20 h pojavili su se i stratokumulusi. Međutim, budući da je glavina vlažnog zraka 30. kolovoza 2007. prvo prodrla u prizemne slojeve, nije došlo do jačeg konvektivnog razvoja toga dana, već sljedećega, prilikom prolaza hladne fronte. Na dan požara tlak zraka prestano je padao, što je ukazivalo na približavanje atmosferskog poremećaja, a svoj je minimum postigao između 17 i 18 h. Puhalo je umjereno do jako jugo većinom iz SE smjera. Digitalnim su anemometrom u Zadru izmjereni 10-minutni maksimalni udari juga iznad 10 ms^{-1} u razdoblju od 10.10 do 16.10 h. Maksimalni udar vjetera od 15.9 ms^{-1} (57 kmh^{-1}) zabilježen je u 13.20 h, nakon čega je odmah i zabi-

lježena najveća srednja 10-minutna brzina vjetera od 11.6 ms^{-1} (42 kmh^{-1}) što ukazuje na jak vjetar. Okretanjem vjetera na E i NE smjerove u večernjim satima došlo je do nagla slabljenja prizemnog vjetera.

Procijenjeni vertikalni profili brzine i smjera vjetera modelom MM5, koji je dao bolje slaganje s zadarskim radiosondažnim mjerenjima nego model ALADIN/HR, ukazuju na nisku mlaznu struju iz SE smjera, s maksimumom brzine $12\text{--}14\text{ ms}^{-1}$. Vjetar je jačao s visinom do 150–220 m visine pa je u tom sloju bilo jako vertikalno smicanje vjetera s porastom brzine $3\text{--}4\text{ ms}^{-1}$ po 100 m visine. Velike vrijednosti turbulentne kinetičke energije (oko 1 Jkg^{-1}) ukazuju na jaku turbulenciju u donjim slojevima atmosfere iznad Kornata. Debljina sloja u donjoj troposferi, u kojem je puhao jak SE vjetar, mijenjala se tijekom dana. Na početku požara u 11 h brzina vjetera $\geq 10\text{ ms}^{-1}$ bila u sloju visine 40–320 m, između 13 h i 16 h u sloju visine 150–220 m, a zatim u sloju 70–220 m. Gledajući duž vertikalnog prostornog presjeka okomito na Kornat, strujanje zraka nad Kornatom slabije je u odnosu na strujanje nad morem. To dovodi do nastanka dvije jezgre niske mlazne struje s obje strane otoka. Od 11 do 16 h labilna stratifikacija donjeg sloja atmosfere pogodovala i uzlaznim strujama u njemu. Međutim, od razine maksimuma brzine vjetera pa približno do 500 m rasla je temperatura zraka odnosno pojavio se sloj temperaturne inverzije u kojem je vjetar slabio i okretao od SE na S smjer sve do 1 km visine. Taj je stabilan sloj, debljine oko 300 m, priječio daljnja uzlazna gibanja donjeg sloja. Poznato je da se u situacijama s niskom mlaznom strujom, primjerice za vrijeme jake bure, formira stabilni sloj koji odvaja visinski režim strujanja zraka od režima donje troposfere (Vučetić, 1993). Tada na visini može prevladavati jak vjetar smjera različita od onog u donjoj troposferi. U slučaju kornatskog požara dogodila se slična situacija. Dok je u donjim slojevima troposfere puhao jak SE vjetar, na visini je prevladavalo jako SW strujanje s mlaznom strujom oko 35 ms^{-1} koje nije bitno utjecalo na razvoj prizemne situacije.

Prema tome, ta prizemna i visinska meteorološka analiza kornatskog požara pokazala je da su vremenske prilike s jakim vjetrom iz SE smjera i uzlaznim gibanjima u donjem sloju troposfere pogodovale širenju požara na Kornatu 30. kolovoza 2007. između 11 i 18 h.

8. RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Istraživanja ponašanja šumskih požara u ovisnosti o vremenskim uvjetima u SAD pokazala su da se požari, koji su povezani s niskom mlaznom strujom i maksimumom brzine između 11 i 15 ms^{-1} na visini od 30 m do približno 1 km često opažaju ispred hladne fronte (Pyne i dr., 1996). I kornatski je požar izbio dan prije prolaza hladne fronte, a numeričke simulacije ukazale su na nisku mlaznu struju SE smjera s maksimumom 12–14 ms^{-1} na visini 150–220 m iznad srednje morske razine. Vrlo jako smicanje vjetra u sloju od tla do visine maksimuma brzine dovelo je do velikih vrijednosti turbulentne kinetičke energije i pojave jake turbulencije iznad Kornata. Glavnina vlažnog zraka prodrla je u prizemni sloj, zbog čega nije bilo jačega konvektivnog razvoja oblaka na dan požara, a i stabilni sloj (sloj temperaturne inverzije) iznad razine maksimuma brzine vjetra do približno 500 m visine priječio je daljnja uzlazna gibanja donjeg sloja. U slučaju niske mlazne struje s maksimumom oko 15 ms^{-1} i povećanjem brzine vjetra s visinom iznad minimuma brzine Byram (1954) ističe pojavu vrlo brzog požara s jakim uzlaznim i silaznim gibanjima u blizini čeonog dijela fronte požara. Također ističe da se ponekad neposredno prije prolaza hladne fronte može razviti požar s turbulentnim ponašanjem, tj. zračni vrtlozi i uzlazno strujanje, koji ne traju dugo.

Naša dosadašnja istraživanja vertikalne strukture atmosfere za vrijeme šumskih požara na Jadranu također ukazuju na pojavu niske mlazne struje (12–14 ms^{-1}) na visini 250–900 m nad morem koja se podudara s početkom i razbuktanjem šumskog požara (Vučetić i Vučetić, 1999a i 1999b). To slijedi iz analiza vertikalnih profila brzine i smjera vjetra koji su bili simulirani numeričkim mezoskalnim atmosferskim modelom na ograničenom području središnje Europe ALADIN/LACE u različitim vremenskim situacijama tijekom tri šumska požara: na otoku Hvaru od 29. do 30. lipnja 1997. s jakim jugom i od 27. srpnja do 5. kolovoza 1997. s umjereno jakim NW vjetrom te na Pelješcu od 5. do 8. kolovoza 1998. s jakim burom. U slučaju pelješčkog požara, vatra, potpomognuta jakim burom, naglo se širila niz južne i jugozapadne obronke brda Sv. Ilije (900 m/nm) sve do razine mora, pa su u lučicama gorjele i usidrene barke. Niz prijevoju u uski klanac Dolac prohujao je vrući zrak i smrtno su stradale

dvije osobe. Požar je imao katastrofalne posljedice i u njemu je, osim što je bilo ljudskih žrtava, izgorjelo 1200 ha uglavnom borove šume te 71 stambeni i gospodarski objekt. Još jednom potvrđena je činjenica da je naša obala s otocima izložena velikim šumskim požarima, ali su ponašanje vatre i uzročno-posljedična veza s vremenskim uvjetima kod nas još uvijek nedovoljno istraženi.

Ova je analiza ukazala na one vremenske pokazatelje koji bi mogli upozoriti na mogućnost izvanrednog ponašanja požara raslinja – to su pojava niske mlazne struje i približavanje hladne fronte. Prema tome, dobro prognozirano vrijeme prolaska hladne fronte preko Jadrana i simuliranje vertikalnih profila vjetra numeričkim modelima neposredno prije njezina prolaza i nakon toga – mogli bi pomoći pri procjeni opasnosti i mogućem izvanrednom ponašanju šumskih požara.

U ovom su radu po prvi put kod nas za potrebe analize požara na otvorenom rabljeni svi raspoloživi prizemni i visinski podaci kao i poznate metode analize, od sinoptičkih do mezorazmjera, te vremenske, vertikalne i prostorne simulacije numeričkim modelima s grubljom i finijom vremenskom i prostornom razlučivosti. Ta je analiza svakako dobra meteorološka podloga za razumijevanje ponašanja požara raslinja i može poslužiti kao predložak za daljnja istraživanja požara ne samo meteorolozima već i drugim stručnjacima.

LITERATURA:

- ALADIN, 1997: The ALADIN project: meso-scale modeling seen as a basic tool for weather forecasting and atmospheric research, *WMO Bulliten*, **46**, 317–324.
- Byram, G.M., 1954: Atmospheric conditions related to blowup fires, A Publication of the National Wildfire Group, PMS 815-NFES 2239, Forest Experiment Station Asheville, Station Paper, **35**, 29 str.
- Bonner, W.D., 1968: Climatology of the low level jet, *Mon. Wea. Rev.*, **96**, 833–850.
- Bratanić, A, 1996: Meteorološka motrenja na Kornatu, *Ekološke monografije*, **7**, 105–108.
- Grell, G.A., Dudhia, J. and D. R., Stauffer, 1995: A Description of the Fifth' Generation Penn State/NCAR mesoscale model

- (MM5). NCAR Technical Note, NCAR/TN-398+STR, 122 str.
- Ivančan-Picek, B., D. Glasnović, V. Jurčec, 2003: Analysis and ALADIN prediction of a heavy precipitation event on the Eastern side of the Alps during MAP IOP5. *Meteorologische Zeitschrift*, **12**, 103–112.
- Ivančan-Picek, B., Jurčec, V. and D. Drvar, 2006: On the causes of Adriatic *jugo* wind variations, *Hrvatski meteorološki časopis*, **41**, 21–32.
- Ivatek-Šahdan, S. i M. Tudor, 2004: Use of High-Resolution Dynamical Adaptation in Operational Suite and Research Impact Studies. *Meteorologische Zeitschrift*, **13**, No. 2, 99–108.
- Ivatek-Šahdan, S. and B. Ivančan-Picek, 2006: Effects of different initial and boundary conditions in ALADIN/HR simulations during MAP IOPs, *Meteorologische Zeitschrift*, **15**, 2, 187–197.
- Kraljević, L. and K. Špoler Čanić, 2005: High resolution simulation of a severe bura event using nonhydrostatic numerical model, *Hrvatski meteorološki časopis*, **40**, 292–295.
- Penzar, I. i B. Penzar, 1996: Kornatsko područje s meteorološkog stanovišta, *Ekološke monografije*, **7**, 91–103.
- Pyne J.S., Andrews P.L. and R.D. Laven, 1996: Introduction to wildland fire, John Wiley&Sons, Inc., New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 769. str.
- Šikić, Z., 2002: Knjiga o kalendarima. Profil, Zagreb. 256 str.
- Tudor, M. i S. Ivatek-Šahdan, 2002: MAP IOP 15 case study, *Hrvatski meteorološki časopis*, **37**, 1–14.
- Viegas, D.X., 1998: Weather, fuel status and fire occurrence: Predicting a large forest fires (ed. J. M. Moreno), Backhuys Publishers, Leiden, 31–48.
- Vučetić, M., 1987: Meteorološka analiza katastrofalnog šumskog požara na Korčuli 1985, *Rasprave*, **22**, 67–72.
- Vučetić, M., 1992: Vremenske prilike tijekom šumskog požara na otoku Hvaru od 13. do 31.7.1990, *Hrvatski meteorološki časopis*, **27**, 69–76.
- Vučetić M., 1998: The influence of weather condition on forest fire on the island of Hvar, 28 July–4 August 1997, III International Conference on Forest Fire Research, Vol. I, Luso, Portugal, 16–20 November 1998, 1295–1303.
- Vučetić M. i V. Vučetić, 1999a: Different types of the forest fires on the Croatian coast, Symposium Forest Fires: Needs and Innovations, DELFI99, Athens, Greece, 17–20 November 1999, 365–369.
- Vučetić M. i V. Vučetić, 1999b: Požari u različitim vremenskim situacijama, *Vatrogasni vjesnik*, **12/99**, 12–14.
- Vučetić M. i V. Vučetić, 2002: Vrijeme na Jadranu – Meteorologija za nautičare, Fabra d.o.o., Zagreb, 129 str.
- Vučetić, V., 1988: Bora on the northern Adriatic, 12–18 April 1982, *Rasprave*, **23**, 27–44.
- Vučetić, V. i M. Vučetić, 1996: Klimatske prilike na širem području Kornata značajne za poljodjelstvo, *Ekološke monografije*, **7**, 111–120.
- Vučetić, V., 1993: Severe bora on the mid-Adriatic, *Hrvatski meteorološki časopis*, **28**, 19–36.
- Vučetić, V., 1997: Sever bora along the Adriatic coast, INM-WMO International Symposium on Cyclones and hazardous weather in the Mediterranean, Palma de Mallorca, Spain, 14–17 April 1997, 517–524.