

Prof. dr. sc. ZDRAVKO PERAN

E-mail: zdravko.peran2@si.htnet.hr

Predavač ŽELIMIR MIKULIĆ, dipl. ing.

E-mail: zelimir.mikulic@vus.hr

DARIJO ŠEGO, dipl. ing. prom.

E-mail: darijo@vus.hr

Predavač MARTINA LJUBIĆ, dipl.ing.prom.

E-mail: martina.ljubic@vus.hr

Veleučilište u Šibeniku

Trg Andrije Hebranga 11, HR – 22000 Šibenik, Republika Hrvatska

CESTOVNE AUTOMATSKE METEOROLOŠKE STANICE

Road automatic meteorological stations

1. Uvod

Cestovna automatska meteorološka stanica je uređaj za stalno prikupljanje podataka o meteorološkim uvjetima važnim za odvijanje prometa. Cestovna automatska meteorološka stanica se sastoji od meteorološkog visokog stupa, funkcionalne i upravljačke kutije, te od odgovarajućih meteoroloških senzora. Meteorološki senzori kojima je opremljena služe za mjerenje različitih vremenskih parametara koje ćemo upoznati u ovom radu. Cestovne meteorološke stanice otkrivaju i analiziraju potencijalno opasne situacije na cesti i prenose potrebna upozorenja na promjenljive znakove ili druge uređaje za obavješćavanje sudionika u prometu, te na taj način pridonose boljoj i povećanoj sigurnosti svih sudionika u prometu.

2. Automatske meteorološke stanice

Automatske meteorološke stanice (*Automatic Meteorological Stations - AMS*) su namijenjene za udovoljavanje 24-satnog vremena, tokom cijele godine, permanentnog ili stalnog primanja informacija o meteorološkim uvjetima sa određenih točaka na cesti, gdje su stanice locirane i smještene. Ovisno o ugrađenim i opremljenim senzorima, stanica može imati meteorološku i specijaliziranu namjenu za:

- automatsku cestovnu vremensku stanicu (*Automatic Road Weather Station - ARWS*) (slika 1) sa inteligentnim senzorima, senzorima za vidljivost, i dr.,
- automatsku agrarnu meteorološku stanicu (*Automatic Agrar Meteorological Station - AAMS*) s zemljanim senzorima za mjerenje temperature, senzorima za određivanje visine snijega, i dr.



Slika 1. Automatska cestovna meteorološka stanica.

Izvor: Osobna fotografija, snimana dana 23.09.2010., na autocesti A1, dionica Šibenik-Pirovac.

Cestovna automatska meteorološka stanica sastoji se od meteorološkog visokog stupa, funkcionalne i upravljačke kutije, te od odgovarajućih meteoroloških senzora. Meteorološki visoki stup napravljen je od cijevne konstrukcije, čvrstog i jakog učvršćenja za podlogu i predviđen je za postavljanje i orijentaciju meteoroloških senzora. Funkcionalna i upravljačka kutija predstavlja priključenje s duplim pregradama i poklopcem, čime je unutarnji dio zaštićen od utjecaja vanjskih vremenskih uvjeta. U unutarnjem dijelu kutije nalaze se programirane kontrole (podatkovne tablice, koje su namijenjene za prikupljanje i primarnu obradu meteoroloških informacija i podataka koje dolaze od signala od vanjskih meteoroloških senzora ugrađenih na stupu), uređaj za napajanje energijom, oprema za komunikaciju i termostatski sustav.

Odgovarajući meteorološki senzori su namijenjeni za direktno mjerenje parametara vanjskog okoliša, i u glavnom slučaju uključuju senzore za mjerenje temperature, vlažnost zraka, apsolutnog atmosferskog tlaka, brzinu i smjer puhanja vjetrova, količinu i kontinuitet oborina, te uključuje i multifunkcionalne inteligentne cestovne senzore koji određuju i mjere temperaturu i trenutačno stanje površine ceste. U slučaju potrebe cestovne automatske meteorološke stanice mogu biti opremljene sa dodatnim sensorima kao npr. sensorima za određivanje horizontalne vidljivosti, jačine sunčevog zračenja, visine snijega, temperature površine i nekim drugim sensorima.

Ove stanice također mogu biti opremljene sa kontroliranim video kamerama za vizualno promatranje situacije na i oko ceste i u druge svrhe. Vrijeme primanja meteoroloških parametara i podataka može biti određeno na vrijeme od 1 minute do 10-ak i više minuta. Minimalni potrebni kapacitet prijenosnog kanala je 32kbit/sec., a kao prijenosni medij koristi se GPRS, RS-485 i optičke transmisijske veze.

Slika 2 prikazuje cestovnu automatsku meteorološku stanicu pokraj autoceste A1 Zagreb-Split, na dionici Šibenik-Pirovac.

Slika 3 prikazuje cestovnu automatsku meteorološku stanicu pokraj tunela "Dumbočica", na cesti Šibenik-Drniš-Knin, pokraj Šibenika.



Slika 2. Cestovna automatska meteorološka stanica pokraj autoceste A1 Zagreb-Split, na dionici Šibenik-Pirovac.

Izvor: Osobna fotografija, snimana dana 23.09.2010., na autocesti A1 Zagreb-Split, dionica Šibenik-Pirovac.



Slika 3. Cestovna automatska meteorološka stanica pokraj tunela "Dumbočica", na cesti Šibenik-Drniš-Knin, pokraj Šibenika.

Izvor: Osobna fotografija, snimana dana 23.09.2010., pokraj tunela "Dumbočica", na cesti Šibenik-Drniš-Knin, pokraj Šibenika.

3. Meteorološki senzori

Uzimajući u obzir lokaciju određene automatske cestovne meteorološke stanice (*Automatic Road Weather Station - ARWS*) u neposrednoj blizini pokraj ceste, kao posljedicu visoke podložnosti meteoroloških senzora vlažnosti (uključujući prašinu, korozivne-aktivne proizvode od ispušnih plinova automobila, proizvoda protiv zamrzavanja ceste koje sadrže klor, i dr.), meteorološki senzori bez mehaničkih pokretljivih veza namijenjeni su za korištenje npr. nadzvučnih senzora za određivanje brzine i smjera kretanja vjetra, radarske i laserske senzore za određivanje vrste i inteziteta vjetra.

Standardna cestovna automatska meteorološka stanica uključuje:

- a. senzore za mjerenje tlaka zraka,
- b. senzore za mjerenje temperature i vlažnosti zraka,
- c. senzore za mjerenje brzine i smjera vjetra,
- d. senzore za mjerenje količine i inteziteta oborina,
- e. inteligentne cestovne senzore.

Dodatni senzori mogu se ugraditi: senzori za mjerenje jačine sunčevog zračenja, senzori za mjerenje visine snijega, senzori za vidljivost, senzori za mjerenje temperature zemljane površine.

Senzor temperature zraka (*air temperature sensor*) mjeri temperaturu zraka unutar dva moguća intervala. Korisnik može odabrati interval od -25°C do $+75^{\circ}\text{C}$ ili od -75°C do $+75^{\circ}\text{C}$.

Optički senzor oborina (*optical precipitation captor*) napravljen je od četiri optička uređaja koji mjere količinu, brzinu i dimenzije kišnih kapi ili snježnih pahulja. Senzor omogućuje generiranje različitih signala ovisno o vrsti oborina. Te signale analizira ARWS koji indicira slijedeće mogućnosti: nema oborina, prisustvo oborina u jednom od oblika: kiša, snijeg ili tuča (*hail*), intenzitet oborina, potreba za čišćenjem jednoga od četiri mjerna uređaja, kvar na jednom od četiri uređaja. Potrebno je naglasiti kako su elektroničke komponente ARWS-a projektirane na način da svode elektromagnetsko zračenje na najmanju moguću mjeru, te pružaju najveću moguću otpornost na vanjske interferencije i utjecaje. Svi proizvodi izrađeni su u skladu s EMC standardima (*intentional electromagnet compatibility standards*).

Barometar mjeri tlak zraka u intervalu od 945 do 1052 mbar-a. Opto-elektronički mjerač brzine i smjera vjetra (anemometar i *weathervane*) precizno mjeri brzinu i smjer vjetra. Anemometar ima interval mogućeg mjerenja od 0,3 do 40 m/s. *Weathervane* indicira standardne smjerove vjetra: S, SI, I, J, JI, JZ, Z i SZ. Elektromehanički anemometar i *weathervane* ima jednake funkcije kao i prijašnji, osim što je interval mjerenja anemometra od 0,5 do 35 m/s. Od očitanih mjerenja, ARWS šalje dva najviša očitavanja i prosječno očitavanje za period od 30 sekundi. U slučaju pada temperature, ovaj se senzor zagrijava.

Mjerač oborina (*rain gauge*), elektronski mjerač oborina sastoji se od lijevka koji sakuplja oborine u klackalici s dvije posude (*two compartment container*). Nakon što se jedan odjeljak napuni, generira se impuls na ležaju koji potom prazni jedan odjeljak i postavlja drugi. Moguće je mjerenje količine oborina do 1000 mm, senzor se zagrijava se kada temperatura pada.

Higrometar i termometar, ovaj uređaj se sastoji od higrometra i elektroničkog termometra koji se koristi za mjerenje relativne vlažnosti i temperature okoliša. Ova se mjerenja koriste za proračun točke rosišta. Interval mjerenja higrometra je od 0 do 100%, a termometra od -30°C do $+70^{\circ}\text{C}$. Podzemni termometar postavljen ispod površine kolnika na odabranoj dubini mjeri dubinu poda-tla. Po izboru, može se sastojati od NI100 i PT100 temperaturnih uređaja. Mogući su intervali mjerenja od -25°C do 75°C ili od -75°C do 75°C . U kombinaciji s ovim, u ARWS mogu biti ugrađena i dva druga mjerna uređaja za mjerenje temperature na različitim dubinama ispod površine kolnika.

Mjerač vidljivosti (*boschung fog*), detektor vidljivosti temelji se na sustavu infracrvenog zračenja koje emitiraju LED diode (*Light Emitter Diode*). Uređaj mjeri difuznu svjetlost i koristi se za uvjete vidljivosti unutar intervala od 0 do 4095 m s točnošću od $\pm 3\text{mm}$. Uređaj je opremljen analognim i digitalnim izlazom (RS 232), (0-1; 0-5; 0-10 V/ 4-20 mA) i dva alarmna kanala (TTLHi/ Lo). Korisnik može prilagoditi uvjete alarma resetiranjem *tresholda* za izmjerena očitavanja. Nakon što je *treshold* prošao, alarm se aktivira. Kako bi se izbjegla kondenzacija, mjerač je opremljen s uređajem za zagrijavanje kako bi se mogao koristiti i u uvjetima smrzavice.

Mjerač visine snijega (*snow high measurement*), mjeri visinu snijega na principu optičke refleksije. Spuštanjem optičko-elektronskog detektora obavlja se do trenutka kada sloj snijega reflektira njegove infracrvene zrake. Ovaj se proces ponavlja nekoliko puta za svako mjerenje uz garantiranu točnost od $\pm 5\text{mm}$. Moguće je mjerenje visine snijega od 0 do 100 cm. Ovaj uređaj može biti priključen na ARWS stanicu ili djelovati neovisno od nje putem priključaka RS 232 i RS 4859. Ukoliko uređaj djeluje neovisno od ARWS-a i priključen je na računalo, potrebno je osigurati dodatni SHM.EXE modul. Tada računalo može sakupljati i pospremati prikupljene podatke. Uređaj se može koristiti za aktiviranje alarma u slučaju kada visina snijega prekorači vrijednost koju je operator odredio kao kritičnu.

Mjerač sunčevog zračenja omogućuje dobivanje informacije o općoj osunčanosti ceste. Izrađen je u obliku kruga podijeljenog u crne i bijele površine ispod staklene kupole. Princip mjerenja temelji se na razlici u temperaturi između bijelih i crnih površina. Razlika u temperaturi pretvara se u voltažu proporcionalno količini sunčeve svjetlosti pomoću termo-električnih elemenata. Interval mjerenja kreće se od 0 do 1300 Wm^{-2} .

Slika 4 prikazuje senzor za mjerenje tlaka, slika 5 prikazuje senzor za mjerenje temperature i vlažnosti zraka, slika 6 prikazuje senzor za mjerenje brzine i smjera vjetra, slika 7 prikazuje senzor za mjerenje količine i inteziteta oborina, slika 8 prikazuje inteligentni cestovni senzor, slika 9 prikazuje senzor za mjerenje jačine sunčevog zračenja, slika 10 prikazuje senzor za mjerenje visine snijega, slika 11 prikazuje senzor za vidljivost i slika 12 prikazuje senzor za mjerenje temperature zemljane površine.



Slika 4. Senzor za mjerenje tlaka.

Izvor: www.mroads.ru



Slika 5. Senzor za mjerenje temperature i vlažnosti zraka.

Izvor: www.mroads.ru



Slika 6. Senzor za mjerenje brzine i smjera vjetra.

Izvor: www.mroads.ru



Slika 7. Senzor za mjerenje količine i smjera intenziteta oborina.

Izvor: www.mroads.ru



Slika 8. Inteligentni cestovni senzor.

Izvor: www.mroads.ru



Slika 9. Senzor za mjerenje jačine sunčevog zračenja.

Izvor: www.mroads.ru



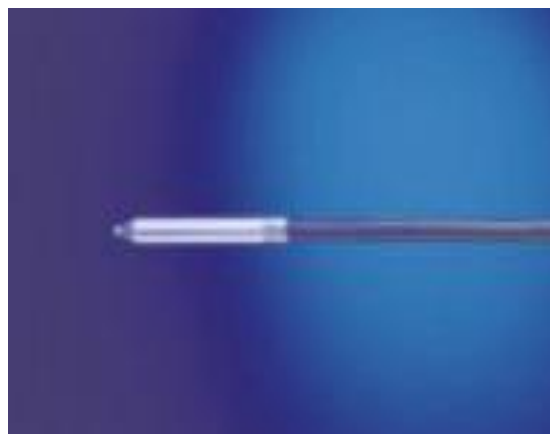
Slika 10. Senzor za mjerenje visine snijega.

Izvor: www.mroads.ru



Slika 11. Senzor za vidljivost.

Izvor: www.mroads.ru



Slika 12. Senzor za mjerenje temperature zemljane površine.

Izvor: www.mroads.ru

4. TRAFIS MS101 cestovna meteorološka stanica

Cestovna meteorološka stanica TRAFIS MS101 (slika 13) je dio EXOR-s TRAFIS proizvodne linije. Dizajnirana je da konstantno omogućava precizne podatke o vremenskim prilikama i stanju na površini ceste, također ova stanica mjeri zagađenost zraka (CO, NO_x). S obzirom na svoju veliku komunikacijsku sposobnost i mogućnost, ova stanica je lako i uspješno integrirana u kontrolni sustav kao cestovno–vremenski informacijski sustav i sustav automatske kontrole prometa. Cestovna meteorološka stanica TRAFIS MS101 je dizajnirana, napravljena i opremljena u skladu s međunarodnim i europskim standardima.

Cestovna meteorološka stanica TRAFIS MS101 prikuplja i obrađuje sve podatke vezane za sigurnost u prometu i stanje na cestama kao što su:

- a. atmosferski uvjeti: temperatura zraka, vlažnost zraka, tlak zraka, brzina i smjer kretanja vjetra, vidljivost, količinu oborina, tip i intenzitet oborina,
- b. uvjete na površini ceste: temperaturu na površini ceste, točke smrzavanja na površini ceste, debljinu vodenog sloja na kolniku ceste, stanje asfalta, zasićenost solju, temperaturu zemljane površine,
- c. proračunske i izvedene vrijednosti: prosječna i maksimalna brzina vjetra, temperatura kondeziranja.

Napredne mogućnosti ove stanice uključuju: kompaktni dizajn, nisku potrošnju energije, lako i jednostavno održavanje, brzi odgovor na promjenjive vremenske uvjete, podršku mnogobrojnih cestovnih senzora (od 4 cestovna senzora po meteorološkoj stanici), te mnogobrojne komunikacijske protokole.

Traženi, obrađeni i spremljeni podaci mogu biti pristupačni na nekoliko načina:

- putem internet (*web*) povezivanja koristeći pritom standardne internetske (*web*) pretraživače,
- putem TELNET povezivanja uporabom jednostavnih čitljivih ASCII protokola,
- putem serijskog povezivanja (RS232/RS485) koristeći *Modbus* RTU protokol,
- putem TLS povezivanja (EAK ili SM) koristeći serijske ili *Ethernet* TCP/IP povezivanje,
- korištenjem drugih protokola (BUFR, METAR) koji su dostupni na zahtjev.



Slika 13. TRAFIS MS101 cestovna meteorološka stanica.

Izvor: www.exor.hr

5. Programska podrška sustava

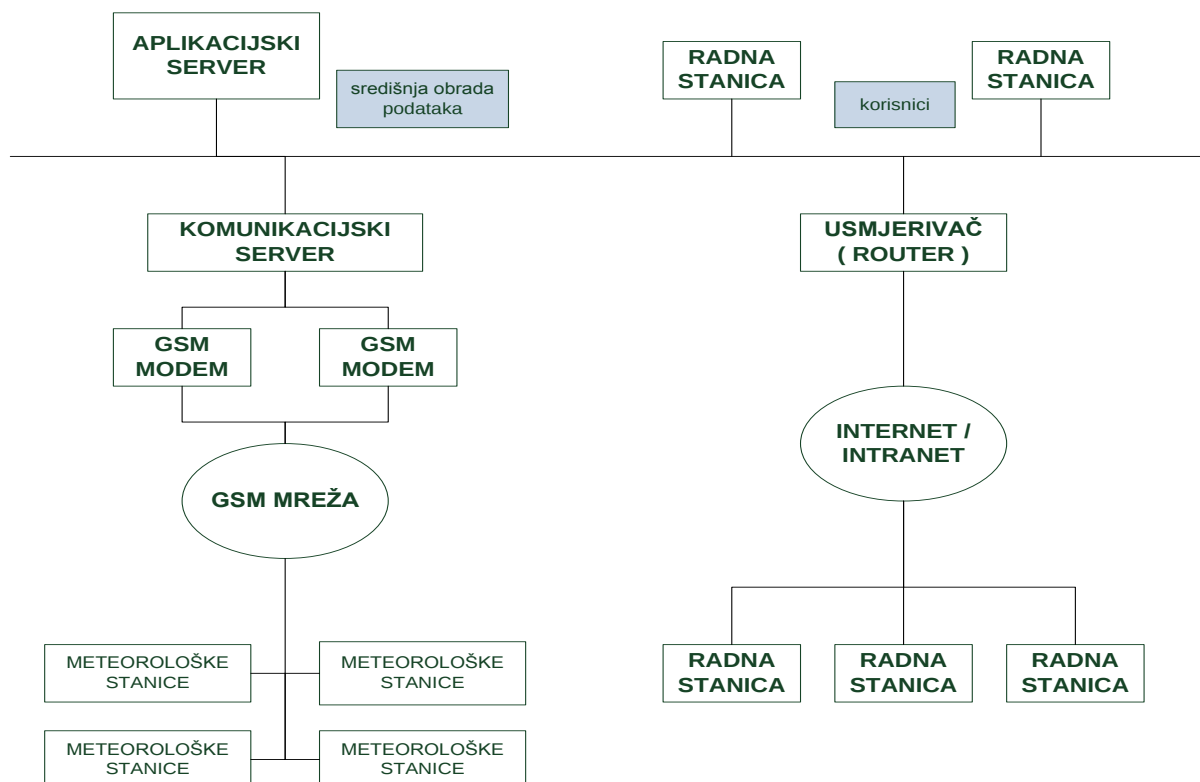
Programska podrška središnjeg informacijskog sustava obuhvaća niz programskih modula za obradu podataka meteo postaja, bazu meteoroloških podataka s mjernim podacima, prognostičke modele, izvještaje i prezentacije prikupljenih podataka i informacija korisnicima cesta. Središnji informacijski sustav sastoji se od komunikacijskih i aplikacijskih servera sa bazom podataka, povezanih putem lokalne *Ethernet* mreže. Aplikacijski server je u mreži zajedno s radnim stanicama - klijentima koje s instaliranim korisničkim programima dohvaćaju željene podatke iz baze podataka.

Glavne sastavnice programske podrške su:

- a. programska podrška za prikupljanje i vizualizaciju podataka: komunikacijski pogonski programi, programi za prozivanje postaja (univerzalni polling za glavne i pomoćne postaje, SPZ i dopunske ploče) i prikupljanje podataka u procesnu bazu u realnom vremenu te prijenos u bazu podataka i programi za vizualizaciju podataka - preglednici (klijenti) za neograničen broj korisnika u lokalnoj mreži kao i za udaljene korisnike,
- b. upravljački algoritmi i modeli odlučivanja za upravljanje svjetlosno promjenjivim znakovima i dopunskim pločama,
- c. analiza dobivenih podataka, uključivanje vanjskih izvora podataka (državni hidrometeorološki zavod) i prognostički modeli za kratkoročne prognoze (1-2 sata) stanja na cestama.

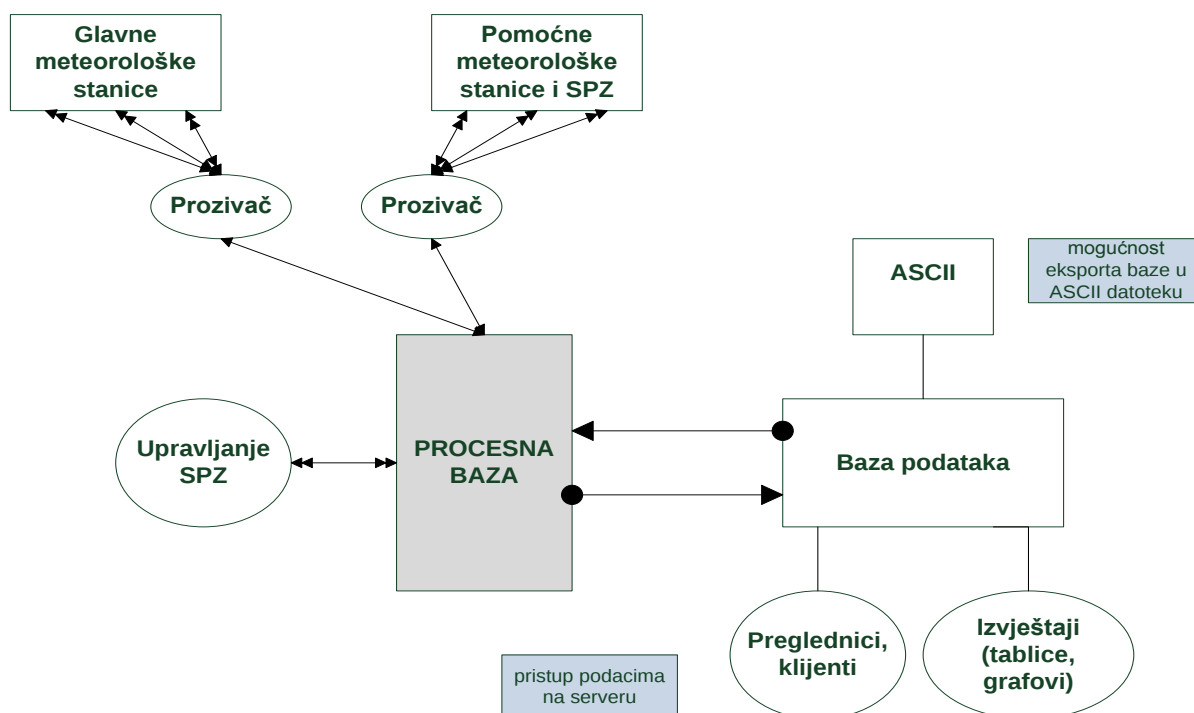
Konfiguracija sustava prikazana je na *shemi 1*.

Organizacija programske podrške prikazana je na *shemi 2*.



Shema 1. Konfiguracija sustava.

Izvor: Izradio autor, prema: Golenić V., Mandžuka S.; Prikaz cestovnog meteo informacijskog sustava Hrvatskih cesta, www.its-croatia.hr.



Shema 2. Organizacija programske podrške.

Izvor: Izradio autor, prema: Golenić V., Mandžuka S.; Prikaz cestovnog meteo informacijskog sustava Hrvatskih cesta, www.its-croatia.hr.

6. Sučelje prema korisniku

Bitan element ovakvih sustava je funkcionalno rješenje sučelja prema korisnicima. Naime, rješenje sučelja treba biti na razini potreba korisnika, uvažavajući stvarne mogućnosti interpretacije dobivenih meteoroloških rezultata. U tom smislu, vodilo se računa da za potrebe sudionika u prometu budu relativno jednostavne interpretacije stanja na terenu i preporuka da mogu na vrijeme pravilno reagirati kada vide odgovarajuću meteorološku obavijest.

Neka od najčešće postavljanih pitanja tijekom uobičajenog rada mogu se svesti na:

1. da li je led ili poledica na cesti,
2. kada će se led početi formirati na cesti,
3. gdje se led nalazi, na kojim dionicama,
4. što učiniti, koje aktivnosti poduzeti.

Cestovni meteorološki informacijski sustav, kroz upozorenja i alarme te prikaz termičkih karata područja, odgovara i daje informacije na slijedeći način:

- led – alarm: temperatura kolnika je ispod 0°C, formiranje leda je počelo!,
- led – upozorenje: pojava leda se očekuje za 1 do 2 sata!,
- mraz – upozorenje: ima mraza na kolniku ili bi se mogao pojaviti!,
- padaline – upozorenje: bilo je padalina (kiša, snijeg, tuča), moguća je poledica, budući da je temperatura kolnika blizu ili ispod 0°C!,
- termičke karte područja: prikaz termički hladnih i toplijih dionica ceste, ocjena stanja ceste, te preporuka za donošenje odluke o soljenju ceste.

7. Zaključak

Cestovne meteorološke stanice otkrivaju i analiziraju potencijalno opasne situacije na cesti i prenose potrebna upozorenja na promjenljive znakove ili druge uređaje za obavješćavanje sudionika u prometu, te na taj način pridonose boljoj i povećanoj sigurnosti svih sudionika u prometu. Programska podrška središnjeg informacijskog sustava obuhvaća niz programskih modula za obradu podataka meteo postaja, bazu meteoroloških podataka s mjernim podacima, prognostičke modele, izvještaje i prezentacije prikupljenih informacija korisnicima cesta. Cestovne meteorološke stanice pružaju informacije na dionicama ceste o vremenskim neprilikama samo na mjestima koje one pokrivaju. Dionice ceste koje nisu pokrivene i kontrolirane automatskim meteorološkim stanicama, predstavljaju opasnost za vozače prilikom naleta na mikro klimu, npr. led, tuču i sl.

Nepokrivene dionice ceste potrebno je maksimalno istraživati, te na njima postaviti automatske meteorološke stanice. Danas smo svjedoci teških prometnih nesreća upravo zbog nedovoljne pokrivenosti dionica ceste automatskim meteorološkim stanicama. Naime, vozači na portalu promjenjive signalizacije imaju informaciju o normalnom stanju kolnika, tj. ograničenje brzine 130 km/h. Ovaj problem rješava se ophodnjom djelatnika cesta koji trebaju na vrijeme obavijestiti komunikacijski centar o stanju na kolniku, na taj način se ručno ubacuju podaci u centar, odnosno dalje u portal promjenjive signalizacije. U tom smislu, vodi se računa da za potrebe sudionika u prometu budu relativno jednostavne interpretacije stanja na terenu i preporuka da mogu na vrijeme pravilno reagirati kada vide odgovarajuću meteorološku obavijest.

SAŽETAK

Zdravko Peran

Želimir Mikulić

Darijo Šego

Martina Ljubić

CESTOVNE AUTOMATSKE METEOROLOŠKE STANICE

Cestovne meteorološke stanice otkrivaju i analiziraju potencijalno opasne situacije na cesti i prenose potrebna upozorenja na promjenljive znakove ili druge uređaje za obavješćivanje sudionika u prometu, te na taj način pridonose boljoj i povećanoj sigurnosti svih sudionika u prometu. Automatska meteorološka stanica sastoji se od meteorološkog visokog stupa, funkcionalne i upravljačke kutije, te od odgovarajućih meteoroloških senzora. Cestovne meteorološke postaje pružaju informacije na dionicama ceste o vremenskim neprilikama samo na mjestima koje one pokrivaju. Dionice ceste koje nisu kontrolirane automatskim meteorološkim stanicama, predstavljaju opasnost za vozače prilikom naleta na mikro klimu, npr. leda, tuča i sl. Nepokrivene dionice ceste potrebno je maksimalno istraživati, te na njima postaviti automatske meteorološke stanice. Danas smo svjedoci teških prometnih nesreća upravo zbog nedovoljne pokrivenosti dionica ceste automatskim meteorološkim postajama.

Ključne riječi: cestovni promet, meteorološka stanica, meteorološki senzori informacijski sustavi.

SUMMARY

Zdravko Peran

Želimir Mikulić

Darijo Šego

Martina Ljubić

ROAD AUTOMATIC METEOROLOGICAL STATIONS

Road weather stations detect and analyse potentially hazardous situations on the road and transmit the necessary warnings to changing signs or other devices for informing road users. In that way they contribute to better and improved safety of all road users. Automatic weather station is assembled from meteorological high tower, functional and control boxes, and the corresponding meteorological sensors. Road weather stations provide information about the weather conditions but the information is exclusively limited on the area of the road they cover. Road sections that are not controlled by automatic weather stations represent a danger to motorists when they run into a micro climate, including ice, hail, etc. Extensive research-work has to be done on the road sections that haven't been covered yet and automatic weather stations have to be placed on those sections. Today we can witness a number of serious traffic accidents due to the fact that our road sections are not sufficiently covered by automatic weather stations.

Key words: road traffic, meteorological station, meteorological sensors, information systems.

Literatura

INTERNET STRANICE:

1. <http://www.directindustry.com/>
2. <http://www.exor.hr>
3. <http://www.fhwa.dot.gov/>
4. <http://www.lcpc.fr/>
5. <http://www.mroads.ru/>
6. <http://www.novalynx.com/>
7. <http://www.prometna-signalizacija.com/>
8. <http://www.vaisala.com/>
9. <http://www.werkos.com/>
10. <http://www.wittich.nl/>