

**AVTOMATIZACIJA METEOROLOŠKIH MERITEV NA LETALIŠČU  
LJUBLJANA-**

**AUTOMATION OF METEOROLOGICAL MEASUREMENTS AT LJUBLJANA-  
BRNIK AIRPORT**

**Silvo ŽLEBIR**

Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana

**SUMMARY**

A plan for modernisation and automation of meteorological measurements at Slovenian airports has been drawn up in 1992. In accordance with this plan, a new automatic meteorological measuring system was installed at Ljubljana-Brnik airport in spring 1993. The requirements and configuration of the system were defined by the Hydrometeorological Institute of Slovenia. The AMES company from Ljubljana, Slovenia, and the Vaisala company from Finland were chosen as the suppliers of components and measuring subsystems for the whole automatic system. The full system consists of a Vaisala Mitras, measuring subsystem for meteorological visibility and runway visual range a Vaisala CT12K ceilometer for measurement of cloud base height, a AMES UAM 118 electronic anemometer, Setra 370 precision electronic barometer, an AMES META789 automatic weather station with full range of sensors and computers for transmission of measuring data and reports, presentation and archiving of data and automatic generation of meteorological reports. The system fulfils all the requirements of WMO and ICAO.

**POVZETEK**

V skladu s planom modernizacije meteorološke opreme na slovenskih letališčih je bil na letališču Ljubljana Brnik v letu 1993 instaliran nov avtomatski meteorološki merilni sistem. Zahtevnik za sistem je bil definiran na Hidrometeorološkem zavodu Slovenije. Kot dobavitelja posameznih enot sistema sta bili izbrani domača firma AMES in finska firma Vaisala. Celoten sistem se sestoji iz podsistema za merjenje območja vidnosti na vzletno pristajalni stezi, merilca višine baze oblakov, elektronskega anemometra, preciznega elektronskega barometra, avtomatske postaje z naborom meteoroloških senzorjev in računalnikov za prenos, prezentacijo in arhiviranje merjenih podatkov in avtomatsko generacijo meteoroloških sporočil. Sistem ustreza vsem zahtevam ICAO in WMO.

## 1. UVOD

Ob prehodu meteoroloških služb na slovenskih letališčih pod okrilje Hidrometeorološkega zavoda RS v letu po osamosvojitvi Slovenije se je izkazalo, da je stanje meteorološke merilne tehnike na letališčih relativno slabo. Sodobne elektronske merilne opreme na letališčih praktično ni bilo, razen merilca višine baze oblakov in merilnika obmoja vidnosti (RVR merilnik) na vzletno pristajalni stezi na letališču Ljubljana-, ki pa sta bila oba že močno dotrajana in praktično nista več ustrezala sodobnim zahtevam glede varnosti letalskega prometa, posebno ne zahtevi glede ustreznosti opreme za najvišjo kategorijo letališča. V skladu s to situacijo je bil na Hidrometeorološkem zavodu RS izdelan plan postopne modernizacije meteorološke opreme na letališčih. V letu 1992 je bil tako koncipiran, v letu 1993 pa instaliran na letališču Ljubljana- nov avtomatski meteorološki merilni sistem, ki je v celoti nadomestil prejšnjo meteorološko merilno opremo letališča.

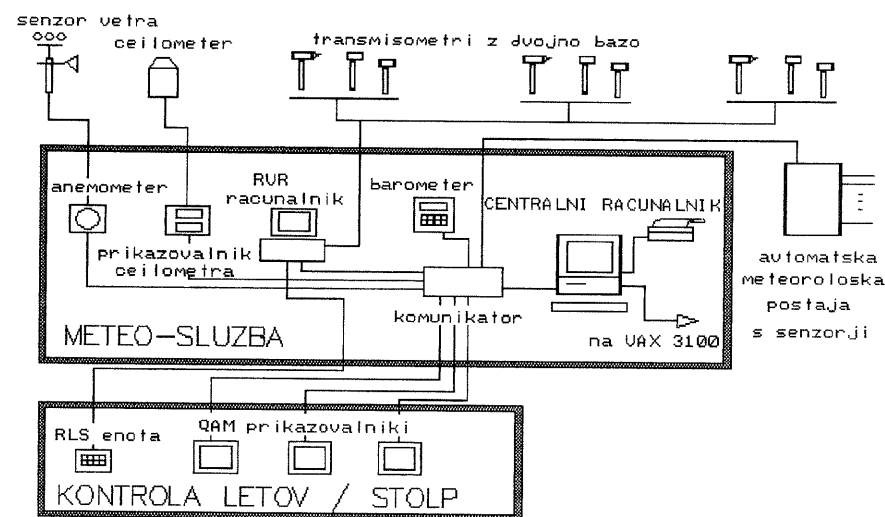
Sodoben avtomatski merilni sistem je nastal v sodelovanju Hidrometeorološkega zavoda RS, ki je pripravil zahtevnik za sistem, definiral konfiguracijo sistema in sistem tudi instaliral, ter firm AMES (Tehnološki park Instituta Jožef Stefan v Ljubljani) in Vaisala (Finska), ki sta obe specializirani proizvajalki meteorološke merilne opreme in sta prispevali posamezne enote sistema. Firma AMES je izdelala tudi software za centralni PC računalnik merilnega sistema. Avtomatski merilni sistem združuje meteorološke merilne podsisteme za merjenje meteoroloških parametrov na letališču, komunikacijski računalnik, centralni PC računalnik za obdelavo, prikaz in lokalno arhiviranje vseh merjenih podatkov ter avtomatsko generiranje standardnih meteoroloških sporočil - depeš ter PC računalnike, ki služijo izključno kot on-line prikazovalniki vseh trenutno merjenih podatkov v letalski in doletni kontroli letališča. Osnovno vodilo pri načrtovanju tega avtomatskega merilnega sistema na Hidrometeorološkem zavodu RS so bile zahteve in priporočila Mednarodne organizacije za civilni letalski promet (ICAO) ter Svetovne meteorološke organizacije (WMO). Vse te zahteve izpolnjuje sistem v celoti tako v smislu točnosti oz. merilne negotovosti posameznih meritev kot tudi v načinu vzorčenja merilnih parametrov ter njihove obdelave in posredovanja oziroma prikazovanja. RVR sistem z dvojno bazo pa omogoča prehod letališča Ljubljana- v najvišjo kategorijo CatIII po klasifikaciji ICAO.

Merilni sistem s to stopnjo avtomatizacije tudi bistveno lajša delo meteorologov in meteoroloških opazovalcev na letališču Ljubljana-.

## 2. OPIS SISTEMA

Konfiguracija avtomatskega meteorološkega merilnega sistema s povezavami posameznih merilnih enot in računalnikov je shematično prikazana na sliki 1.

Meteorološki senzorji in merilniki so na ustreznih lokacijah ob vzletno-pristajalni stezi letališča. Senzor smeri in hitrosti vetra je v bližini vzletno pristajalne steze, v predpisani razdalji od točke, kjer letala dosegajo stik s stezo. Ceilometer oziroma merilec višine baze oblakov je na skrajni jugovzhodni točki letališča, v smeri, od koder letala priletajo. vzdolž pristajalne steze so trije sistemi za merjenje vidnosti (transmisometri) z dvojno merilno bazo. Avtomatska meteorološka postaja s pripadajočimi senzorji je na opazovalnem prostoru. Navedeni merilniki so modemsko povezani s pripadajočimi prikazovalnimi enotami in RVR računalnikom, ki so v prostorih meteorološke službe na letališču. Tam je instaliran tudi elektronski barometer. Vsi trenutno merjeni podatki z merilnikov oz. ustreznih prikazovalnikov in RVR računalnika se preko front-end komunikacijskega računalnika ves čas zbirajo na centralnem PC računalniku sistema. Delo tega PC računalnika je večopravilno (multi-tasking) pod programom DesqView. PC trenutne in povprečne podatke kontrolira ter arhivira v ustrezni bazi.



Slika 1

Z izbiro na ustreznem menu-ju so možni različni načini prikazov merjenih podatkov, tudi grafični prikazi časovnega poteka za posamezne merjene parametre. Osnovni je t.i. QAM prikaz (slika 2), na katerem se v skladu z zahtevami ICAO prikazujejo in redno obnavljajo trenutni podatki o vetru, območju vidnosti na stezi (RVR) na treh omenjenih lokacijah vzletno pristajalne steze, višini baze oblakov, temperaturi, rosišču ter zračnem tlaku (QNH in QFE). V ta prikaz meteorološki opazovalec po potrebi vnese še podatke, ki niso merjeni avtomatsko: stanje vremena, oblačnost in tipi oblakov, posebna opozorila. Vsi podatki s QAM prikaza se prek komunikatorja redno prenašajo na PC računalnike v

kontrolnem stolpu letališča, kjer je QAM prikaz v isti obliki ves čas prisoten na zaslonih. Te podatke kontrolorji leta uporabljajo pri operativnem delu v letališki in doletni kontroli. Isključna funkcija PC računalnikov v stolpu je prikaz QAM. V letu 1994 je bil takšen QAM prikazovalnik na bazi PC-ja instaliran tudi v novi področni kontroli letenja v Ljubljani, s tem da za povezavo s centralnim računalnikom sistema na letališču služi najeta telefonska linija.

Na centralnem PC računalniku je po potrebi možen izpis na pripadajočem barvnem grafičnem tiskalniku. Dodatna funkcija tega računalnika je avtomatična tvorba standardnih meteoroloških sporočil v rednih časovnih intervalih (SYNOP sporočilo vsako uro, METAR sporočilo vsake pol ure). Ta sporočila oziroma depeše nastajajo na osnovi avtomatsko merjenih podatkov oz. podatkov, ki so vneseni ročno v QAM prikaz. Centralni PC računalnik sistema je povezan tudi z računalnikom  $\mu$ VAX 3100 meteorološke službe na letališču, prek katerega se omenjena sporočila dajejo v mednarodno in drugo izmenjavo.

Q A M			
Date:	11/5/1993	UTC Time:	15:41:17
			A/D LJLJ
SURFACE WIND	RWY 31 280 / 04KT JR 280 / 280 MX 06KT	RWY 13	KT JR / MX KT
RVR	RWY 31 2000	MID 2000	RWY 13 2000
VIS	cauok		L INT 100
WEATHER			
CLOUDS hshS	RWY 31 13000	RWY 13	
TEMPERATURE / DEW POINT	12.2 / 10.4		
QNH	1020.6 hPa	765.5 mm Hg	30.14 inch Hg
QFE	977.1 hPa	732.9 mm Hg	28.85 inch Hg
WARNING TREND	nosig		
Press F9 to METAR report, F10 to Main menu!			

Slika 2

Pri načrtovanju sistema je bila posebna pozornost posvečena zanesljivosti. Tudi v software sistema so vključeni določeni algoritmi, ki to zanesljivost povečujejo. Sistem je električno napajen z enoto za neprekinjeno napajanje.

### 3. MERILNE ENOTE IN PODSISTEMI

Vsi merilniki oz. merilni podsistemi, ki so vključeni v celotni sistem, so računalniško

krmiljeni z možnostjo vsaj serijske (RS232) komunikacije, ki se uporablja za povezavo v sistem. Ob eventualnem izpadu centralne enote sistema ali določenih povezav pa lahko vsak merilnik še vedno deluje kot popolnoma avtonomen instrument z lastnim prikazom podatkov, kar je spet pomembno z vidika zanesljivosti.

Osnovne karakteristike merilnih podsistemov so naslednje:

RVR sistem Vaisala Mitras je verjetno trenutno najsodobnejši sistem za merjenje območja vidnosti na vzletno-pristajalni stezi (Runway Visual Range), ki v vseh ozirih ustreza kriterijem ICAO. Meteorološka vidnost se meri prek meritve optične transmitance v ozračju s tremi transmisometri z dvojno merilno bazo (optični oddajnik s sprejemnikoma na razdaljah 15 m in 75 m). Krajša merilna baza omogoča zanesljivo in dovolj natančno meritev pri najslabših pogojih vidnosti. Območje vidnosti na vzletno-pristajalni stezi se izračuna na RVR računalniku iz merjenih podatkov o meteorološki vidnosti, osvetljenosti ozadja (senzor instaliran na enem od transmisometrov) in iz podatkov o karakteristikah vzletno-pristajalnih luči na stezi ter podatka o stopnji nastavitve teh luči. Ta zadnji podatek je posredovan iz kontrolnega stolpa prek RLS enote (runway light setting unit), ki je prav tako povezana z RVR računalnikom. Na RVR računalniku je možna diagnostika sistema in analiza delovanja, simulacija meritev itd. Sami transmisometri imajo prav tako vgrajene nekatere zanimive in koristne opcije, npr. avtomatsko kompenzacijo onesnaženja stekel, ki pokrivajo merilno optiko itd.

Ceilometer Vaisala CT12K meri višino baz oblakov z meritvijo odboja laserskega impulza. Območje meritve s ceilometrom je do 12000 ft. Če spodnja baza oblakov ni pregosta in predebela, da je možen prehod laserske svetlobe, je mogoče meriti do dve bazi oblakov, ob ustreznih pogojih pa je mogoče izmeriti tudi njuno debelino. V vremenski situaciji z nedefinirano bazo oblakov izmeri merilnik vertikalno vidnost, kar je prav tako lahko zelo koristen podatek za varen letalski promet.

Elektronski barometer Setra 370 meri zračni pritisk ob ustreznem vzdrževanju in rednih kalibracijah točneje od 0.15 hPa. Sama merilna celica barometra je kapacitivna, pri čemer predstavlja eno ploščo kondenzatorja, na katerem se meri kapacitivnost, membrana merilne celice. Merilna celica je dodatno kompenzirana na temperaturne vplive ter je predhodno časovno stabilizirana.

Univerzalni anemometer UAM 118 je razvit in izdelan v firmi AMES. Omogoča digitalen prikaz hitrosti vetra in analogen prikaz smeri vetra na LCD zaslonu, ki je bil načrtovan posebej za ta anemometer. Zaradi številnih funkcij, ki jih omogoča vgrajen mikrokontroler, je merilnik posebno primeren za uporabo na letališčih. Omogoča prikaz merjenih vrednosti v različnih enotah, izračunava vektorske in skalarne povprečne vrednosti vetra v določenih intervalih, prikazuje in beleži ekstremne vrednosti vetra,

merjene vrednosti pa se lahko izpisujejo tudi na analognem pisalniku ali tiskalniku. Možna je tudi modemska povezava več indikatorjev smeri in hitrosti vetra IVP120 na osnovno enoto UAM118. V avtomatskem sistemu letališča Ljubljana- anemometer UAM118 poleg stalnega prikaza trenutnih vrednosti daje merjene podatke o vetru na centralno enoto sistema v dvominutnih intervalih.

Avtomatska meteorološka postaja META789 je prav tako izdelana v AMES-u in je identična več novim postajam, ki so bile v zadnjih treh letih instalirane v avtomatski merilni mreži Hidrometeorološkega zavoda. Temperatura zraka na treh višinah (5 cm, 50 cm in 200 cm) ter temperatura tal na treh globinah v tleh (5 cm, 10 cm in 30 cm) se meri s termistorji. Zračna vlaga se meri s posebnim kapacitivnim senzorjem specializiranega švicarskega proizvajalca Rotronic. Vlaga se meri prek meritve kapacitivnosti na kondenzatorju, pri katerem predstavlja dielektrik polimerni material z izrazito odvisnostjo dielektričnosti od zračne vlage. Senzorja globalnega in difuznega sončnega sevanja tipa Kipp-Zonen CM11 delujeta na bazi termočlenov, ki so počrnjeni in izpostavljeni vpadli svetlobi. Senzor padavin z merilno površino 500 cm<sup>2</sup> je standarden in deluje na principu prekucnih posodic. Vgrajen grelec s termostatom skrbi za taljenje v primeru snežnih padavin. Na postajo je priključen tudi senzor zračnega tlaka Setra 270, ki služi kot rezerva v primeru izpada elektronskega barometra. V pripravi je tudi senzor za meritev temperature vzletno-pristajalne steze ter senzor za indikacijo poledenitve steze.

Avtomatska postaja poleg meritev trenutnih vrednosti (vsako minuto), ki so posredovane v sistem, izračunava polurna povprečja ter jih v obliki polurnih datotek prek sistema pošilja v centralni računalnik Hidrometeorološkega zavoda. Tu so sveži podatki v uporabi tako, kot podatki z drugih avtomatskih postaj v mreži zavoda. Uporabljajo se v službi prognoze ter v agrometeoroloških in klimatoloških analizah.

## LITERATURA

(1) Meteorological Service for International Air Navigation - Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation; International Civil Aviation Organization, 11<sup>th</sup> edition, July 1992

(2) Guide on Meteorological Observation and Information Distribution Systems at Aerodromes; World Meteorological Organization - No.731

(3) Runway Visual Range Observing and Reporting Practices; ICAO Circular 113 - AN/85

(4) D.J. Griggs et al.: The First WMO Intercomparison of Visibility Measurements, Final Report. Instruments and Observing Methods Report No. 41 (WMO/TD-No. 41), WMO 1990