

Zgodovina radarskega zaznavanja padavin v Sloveniji

MARJAN DIVJAK

Agencija RS za okolje, Ljubljana, Slovenija

POVZETEK

Zgodovina radarskega zaznavanja padavin v Sloveniji se prične leta 1971, ko je bil na Žikarcah pri Mariboru vzpostavljen prvi meteorološki radarski center s predelanim vojaškim radarjem uporabnega dosega 40 kilometrov. Merjenje padavinskih sistemov je potekalo ročno, v poletnih mesecih in v okviru raketne obrambe pred točo. Zaradi razširitve obrambe na osrednjo Slovenijo je bil leta 1984 center opuščen in namesto njega vzpostavljen nov center na Lisci pri Sevnici, opremljen z računalniško vodenim radarjem uporabnega dosega 200 kilometrov. Meritve so potekale deloma ročno in deloma avtomatično, vendar še vedno predvsem v poletnih mesecih in prilagojene potrebam obrambe pred točo. Slednja je bila leta 1997 zaradi nedokazane uspešnosti ukinjena in radarski center je pričel spremljati padavinske sisteme za splošne namene. Zastareli radar je v nadaljnjih letih nadomestil novejši, koherentni. Tedanji Hidrometeorološki zavod Slovenije (sedanji Urad za meteorologijo na Agenciji za okolje) je v Ljubljani vzpostavil center za pridobivanje podatkov z radarskega centra Lisca in z radarskih centrov sosednjih držav ter za obdelavo in razpošiljanje izdelanih produktov. Radarske slike padavin nad Slovenijo so danes sproti dostopne javnosti preko interneta.

1. Uvod

Radar spada med najbolj napredne in uporabne merilnike okolja, kar jih je izumil človek. Razvili so ga med drugo svetovno vojno iz potrebe po zaznavanju sovražnih letal, takoj po njej pa se je začela njegova uporaba tudi v meteorologiji, predvsem za določevanje zgradbe padavinskih sistemov ter za merjenje padavin pri tleh. V pričujočem članku je prikazana zgodovina radarskega zaznavanja in merjenja padavin v Sloveniji od njenih začetkov pred več kot tridesetimi leti do danes. Pri njej je v precejšnjem delu sodeloval in jo po svojih močeh sooblikoval tudi pisec teh vrstic. Prikazana zgodovina se omejuje predvsem na tehnični razvoj merjenja; njegova vpetost v širše okolje je dodana zgolj občasno in predvsem za popestritev.

2. Radarski center Žikarce

Začetki radarskega zaznavanja padavin nad Slovenijo segajo v leto 1971, ko je bila v okolici Maribora vzpostavljena obramba pred točo po vzoru iz Sovjetske zveze. Obramba je temeljila na vnosu zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake, in sicer s pomočjo posebnih nosilnih raket zemlja–zrak. Branjeno območje je zajemalo 2.500 kvadratnih kilometrov površine in bilo posejano s 100 strelnimi mesti. Za natančno določevanje ciljev je bil v Žikarcah pri Mariboru vzpostavljen prvi vremenski radarski center v Sloveniji in preko radijskih postaj povezan s strelnimi mesti. Center so plačevale občine z branjenega območja, upravljal pa ga je Kmetijski zavod Maribor. Strokovno podporo je nudil Hidrometeorološki zavod Slovenije.

Na radarskem centru Žikarce je deloval angleški vojaški radar 3MK-7, razvit v času korejske vojne. Podarila ga je Jugoslovanska ljudska armada, ki ga je prej uporabljala za protiletalsko obrambo in nato izločila iz oborožitve zaradi zastarelosti. Za meteorološke meritve je bil delno prilagojen. Radar je seval krožno polarizirano elektromagnetno valovanje z valovno dolžino 10 centimetrov v snop širine 5 stopinj; povprečna moč sevanja je znašala 200 vatov. Usmerjanje radarske antene je potekalo ročno, odmevi pa so se prikazovali na katodnem zaslonu. Meriti je bilo mogoče smer, oddaljenost in moč odmevov od padavinskih oblakov do razdalje 40 km.



Slika 1: Radar 3MK-7.

Center je deloval vsako leto le od maja do septembra in je zaposloval posadko štirih ljudi: radarista, meteorologa, vezista in pomočnika. Radar se je vključeval po potrebi, kadar so strelci opazili in javili bližanje ali rast nevihtnih oblakov. Radarist je sedel pred zaslonom, usmerjal anteno in ročno meril oblake. Izmerke je po zvočniku sporočal v operativno sobo, kjer jih je beležil magnetofon. Meteorolog je slišane izmerke pisal na poseben obrazec, jih preračunaval, risal oblake na papir in določal, kateri strelce naj strelja in kam. Vezist pa je po radijski postaji obveščal strelce.

Leta 1978 je branjeno območje prizadela huda toča. Ob tem so se pokazale organizacijske, kadrovske in tehnične pomanjkljivosti obstoječega sistema obrambe. Hidrometeorološki zavod je zato predlagal sprejem zakona, ki bi razširil branjeno območje tudi nad osrednjo Slovenijo ter omogočil nabavo 1–3 sodobnih meteoroloških radarjev dolgega dosega za postavitve na prav tolikih radarskih centrih. Leta 1979 je bil zakon sprejet. Breme plačevanja obrambe je prešlo na republiški proračun, deloma pa na samoupravne skupnosti.

Branjeno območje je v naslednjih letih zlagoma naraslo na 10.000 kvadratnih kilometrov, število strelnih mest pa na 120. Hkrati s širjenjem območja je potekal nakup vremenskega radarja WR-77 ameriškega proizvajalca Enterprise Electronics Corporation. Radar je deloval pri krajši valovni dolžini 5 centimetrov in seval horizontalno polarizirano valovanje v kot 1 stopinje. Povprečna moč sevanja je znašala 250 vatov. Radar je bilo mogoče krmiliti ročno in izmerke prikazovati na katodnem zaslonu, ali pa ga preko ustreznega vmesnika priključiti na računalnik. Vse to je omogočalo uporabne meritve do razdalje 200 kilometrov.

Kupljeni radar je bil leta 1981 nameščen na Žikarce, kjer je deloval naslednji dve leti brez računalniške podpore. Nato ga je Hidrometeorološki zavod prestavil

na novoustanovljeni radarski center na Lisco pri Sevnici, ki je hkrati začel delovati tudi kot glavna meteorološka postaja. Radarski center Žikarce je bil s tem ukinjen.

3. Radarski center Lisca

Radarski center Lisca je začel delovati leta 1984. Obramba proti toči je trajala od maja do septembra, izvajalo pa jo je —hkrati z meteorološkimi meritvami— dvanajst zaposlenih. Radarske meritve so postale računalniško podprte. Za to sta poskrbela dva priključena računalnika PDP-11 / RSX-11. Na prvem računalniku je bila nameščena programska oprema radarskega proizvajalca, ki je usmerjala radar, tvorila tlorise in narise maksimalnih odbojnosti in jih prikazovala na zaslonu. Drugi računalnik je od prvega prejemal prostorske izmerke, iz njih določal lego nevihtnih oblakov ter na uporabniške zaslone izpisoval, kateri strelci in kam naj streljajo. Programsko opremo za vse to je izdelala Iskra Delta v sodelovanju in pod strokovnim vodstvom Hidrometeorološkega zavoda. Zaradi tehničnih težav je bila leta 1985 vsa programska oprema premeščena na prvi računalnik, le-ta pa leta 1990 nadomeščen z zmogljivejšim modelom tipa MicroVAX / VMS.



Slika 2: Radarski center Lisca.

Leto 1990 je prineslo računalniško povezavo med Lisco in Hidrometeorološkim zavodom v Ljubljani; potekala je po najeti telefonski liniji. S tem je bilo omogočeno razpošiljanje radarskih izmerkov uporabnikom izven radarskega centra. Preoblikovana programska oprema je začela tvoriti prve numerične radarske produkte za uporabnike: tloris in dva narisa maksimalnih odbojnosti v ločljivosti 2 x 2 kilometra in z osmimi nivoji kvantizacije. Za uporabnike je bila v naslednjih dveh letih razvita programska oprema za osebne računalnike PC-AT / DOS. Omogočala je pridobivanje podatkov preko modema ali neposredne povezave na računalnik PDP-11 na Hidrometeorološkem zavodu ter prikaz, obdelavo in shranjevanje produktov. Do radarskih podatkov so dobili dostop meteorološka prognoza, letališče Brnik in Republiški center za obveščanje in alarmiranje. Vsi radarski produkti so se začeli shranjevati.

V tem času se je v Evropi razširila mednarodna izmenjava radarskih podatkov, predvsem kot posledica dveh projektov, raziskovalnega COST-75 (Ad-

vanced Weather Radar Systems) in operativnega GORN (Liaison Group on Operational European Weather Radar Networking). Hidrometeorološki zavod je leta 1995 začel pošiljati radarske slike z Lisce v srednjeevropski radarski zbirni center CERAD, ustanovljen pod okriljem avstrijske meteorološke službe na Dunaju. Dostava je potekala po meteorološkem omrežju GTS v obliki radarskih biltenov v kodu BUFR. Center je iz pridobivanih podatkov sestavljal srednjeevropske radarske slike in jih dostavljal državam udeleženkam.

Spremembe pa so se dogodile tudi pri obrambi pred točo. Redno klestenje toče je počasi, a vztrajno krepilo dvom o njeni uspešnosti in upravičenosti. Ta dvom sta odločujoče podprla dva poskusa, švicarski Grossversuch IV in ameriški NHRE; oba sta dala negativni odgovor. Tudi Hidrometeorološki zavod je izdelal ustrezno študijo in dobil enak rezultat. Leta 1997 je bila raketna obramba pred točo ukinjena. Radarski center Lisca se je s tem osvobodil dotedanjih omejitev pri načinu delovanja in je prerasel v center za spremljanje in merjenje padavinskih sistemov za splošne potrebe. Občasne ročne meritve so bile odpravljene. Začele so se neprekinjene avtomatske meritve vsakih 15 minut; posamezna meritev je potekala pri 12 naklonskih kotih in je trajala 7 minut. Programska oprema je bila očiščena modulov, namenjenih obrambi pred točo. Vse to je dvignilo povprečni mesečni izplen radarskih meritev na 80 odstotkov.

4. Nesojeni radarski center Slavnik

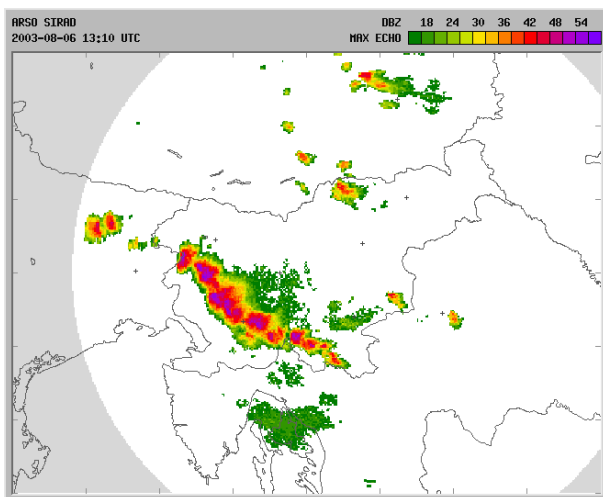
Takoj po vzpostavitvi radarskega centra Lisca se je leta 1985 sprožil postopek za nabavo drugega radarja za potrebe obrambe pred točo. Izbrani radar DWSR-88 proizvajalca Enterprise Electronics Corporation je bil kupljen in dobavljen leta 1989. Imel je podobne sevalne lastnosti kot radar na Lisci: valovno dolžino 5 centimetrov, širino snopa 1 stopinjo in sevalno moč 300 vatov. Dolžina in frekvenca impulzov sta bili nastavljivi. Tudi polarizacijo valovanja je bilo možno spreminjati med vertikalno in horizontalno. Povrhu je imel radar že koherentni sprejemnik in je zato lahko meril poleg moči odbojev tudi radialne hitrosti tarč. S tem je omogočal mnogo bolj učinkovito izločanje motečih odmevov od tal in bistveno boljše meritve prizemnih padavin pri velikih oddaljenostih. Ročno radarja ni bilo več možno krmiliti; namesto tega naj bi mu celovito podporo nudil računalnik MicroVAX / VMS z ustrezno programsko opremo proizvajalca radarja.

Kupljeni radar je bil namenjen za postavitvev na Slavniku pri Pivki. Tam so se že začela gradbena dela, ko so tamkajšnji naravovarstveniki dosegli preklic gradbenega dovoljenja, ustavitvev del in vrnitev v prvotno stanje. Uradni vzrok za to je bil strah okoličanov pred radarskim sevanjem. Dolgotrajna iskanja nadomestne lokacije na Slatni, Vremščici, Trstelju in Krimu so se izkazala za neuspešna. Radar je bil medtem leta 1995 zaradi staranja poslan na splošni pregled in popravilo nazaj k proizvajalcu. Vrnil se je leto dni kasneje z nekaterimi zamenjanimi komponentami, predvsem digitalizatorjem in programsko opremo; slednja je po novem zahtevala podporo operacijskega sistema Unix. Ukinitvev obrambe pred točo leta 1997 je radar dočakal neuporabljen in vskladiščen.

5. Radarski zbirni center SIRAD

Z ukinitvijo obrambe pred točo so nastopili potrebni pogoji za izgradnjo vremenskega radarskega omrežja za splošne namene, sestavljenega iz enega ali več radarjev ter iz omrežnega središča, kamor bi se stekali izmerki v obdelavo, shranjevanje in dostavljanje uporabnikom.

Leta 1998 je Hidrometeorološki zavod v svoj računalniški center v Ljubljani namestil delovno postajo BIT-Alpha / Unix kot strojno podlago za radarsko omrežno središče. Čez štiri leta jo je zaradi varnosti podvojil z zmogljivejšim modelom. V vmesnem razdobju so domači strokovnjaki korakoma razvili in izdelali programsko opremo za zbiranje, obdelavo, shranjevanje in razpošiljanje radarskih podatkov, dotekajočih z Lisce. Oprema je omogočala vključevanje dodatnih virov radarskih podatkov, domačih in tujih, kakor bi pač dovoljevale okoliščine. Leta 1998 so bili radarski podatki o padavinah nad Slovenijo (merjeni zgolj z radarjem na Lisci) prvič predstavljeni splošni javnosti, in sicer kot grafične slike preko javnega spletnega strežnika.



Slika 3: Radarska slika padavin.

Zaradi očitne nezmožnosti za postavitev drugega radarskega centra v Sloveniji in zaradi čedalje bolj opaznega staranja in pogostega kvarjenja radarja WR-77 na Lisci je bil slednji v letu 2000 zamenjan z manj starim in boljšim radarjem DWSR-88, ki je bil do tedaj v skladišču. S tem se je opustila nekdanja zamisel o več radarskih centrih v Sloveniji, ki je nastala zaradi strogih zahtev obrambe pred točo. V novih razmerah in za splošnonamensko merjenje padavin pa se je pokazalo kot povsem zadovoljivo, da se Slovenija pokrije le z enim samim, dobro nameščenim, koherentnim radarjem dolgega dosega. Pravzaprav ima takšna rešitev tudi najboljše razmerje koristi proti stroškom.

Računalniško podporo novemu radarju na Lisci je zagotovila delovna postaja AlphaStation / Unix. Način delovanja se je ponovno izboljšal: merjenja so začela potekati vsakih 10 minut po 12 naklonskih kotih in so trajala po 5 minut, najnižji naklon pa je bil znižan na 0.5 stopinje. Produkti so se začeli dostavljati v radarski omrežni center po zakupljeni intranetni povezavi. Leta 2001 so postale

uporabnikom dostopne naslednje vrste tlorskih produktov: maksimalna odbojnost padavin, višina vrhov padavin, vertikalno integrirana vodnost, prizemna jakost padavin, urna in dnevna akumulacija padavin. Vsi produkti so imeli prostorsko ločljivost 1 x 1 kilometra in kvantizacijo v 16 nivojih.

V zadnjih letih, med 2001 in 2004, je bilo "pomanjkanje" radarskih centrov v Sloveniji odpravljeno s pridobivanjem podatkov z radarskih centrov Cervignano v Italiji, Zirbitzkogel v Avstriji in Farkasfa na Madžarskem. Iz domačih in tujih izmerkov se sproti tvorijo sestavljene slike padavin za potrebe slovenske meteorološke službe. Dodatno pa tuji radarji služijo tudi kot učinkovit nadomestni sistem v primeru izpada radarja na Lisci. Povprečni mesečni izplen vseh produktov, domačih in tujih, je presegel mejo 90 odstotkov. Uvedli smo kontrolo kvalitete meritev po standardu ISO 9001. In za uporabnike, ki so si zaželeli nadgrajevati ter tržiti obstoječe produkte omrežja SIRAD, smo razvili in uvedli licenčni model po vzoru evropskega modela ECOMET.

6. Zaključek

V članku je prikazana več kot tridesetletna zgodovina radarskega zaznavanja in merjenja padavin v Sloveniji od njenih začetkov do danes. Razvoj v obravnavanem obdobju je bil izrazit, predvsem po zaslugi digitalne obdelave električnih signalov, računalništva in telekomunikacij. Na začetku je lahko "oblake" sproti opazoval le en sam človek, radarist, in še to le nad majhnim območjem. Vse, kar je videl, je bilo tisti hip izgubljeno. Danes pa lahko vsakdo, ki ima dostop do osebnega računalnika, opazuje zdajšnje padavine nad celotno Slovenijo in njeno okolico. Vse, kar radarsko omrežje izmeri, ostane tudi zabeleženo za naknadno uporabo.

Kot plod opisanega razvoja je tako na začetku enaindvajsetega stoletja v Sloveniji vzpostavljen učinkovit, mednarodno vpet sistem za zaznavanje in spremljanje padavinskih sistemov v izjemni prostorski in časovni ločljivosti. Sveže radarske slike padavin so brezplačno ali po nizki ceni dostopne domači in tuji javnosti. Zgolj od uporabnikov je odvisno, kako bodo znali izkoristiti obilje podatkov, sprotih in shranjenih, ki so jim na razpolago. Čaka nas razmah uporabe v vremenski analizi in prognozi, civilni zaščiti, prometu, vodnem gospodarstvu, kmetijstvu, turizmu in gotovo še kod drugod. Pustimo se presenetiti.