

# NOVÁ METEOROLOGICKÁ RADIOLOKAČNÍ STANICE NA STŘEDNÍ MORAVĚ

**New weather radar station in central Moravia.** In the years 1994-95 a new weather radar station equipped with Doppler radar Gematronik Meteor 360AC was built up near the Skalky hill top (735 m) in the area of the Dražanská vrchovina. The remote control equipment (without operator) transmits data and state information to the processing centre in Prague-Libuš. The new weather radar station completes the coverage of the eastern part of the CR territory with weather radar observation.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** stanice meteorologická – stanice radiolokační – radar dopplerovský – Morava

## 1. ÚVOD

Meteorologické radiolokátory slouží k detekci význačné oblačnosti a zjišťování okamžitých intenzit srážek na velké ploše řádu 100 000 km<sup>2</sup>. Účinný dosah běžně používaných meteorologických radarů pro určování intenzit srážek bývá přibližně 100–150 km, pro detekci bouřkové oblačnosti do ca 250–300 km. Kombinace dat z více radarů propojených do radarové sítě pomáhá překonat omezení radiolokační metody, spojené s geometrií šíření paprsku nad zakřiveným povrchem Země a vlivy útluhu.

Od roku 1971 byla na území České republiky v provozu zatím jediná civilní meteorologická radarová stanice v Praze-Libuši, současný radar MRL-5 byl digitalizován v r. 1992–3 [4]. Pozorování tohoto radaru pokrývá většinu území Čech [5]. Doplnění pokrytí území Moravy si vyžádalo stavbu druhé radiolokační stanice, vzdálené od Libuše ca 175 km směrem na VJV.

Oblast nejvyššího vrcholu Dražanské vrchoviny – kóta Skalky (735 m) na rozmezí okresů Blansko a Prostějov – byla vybrána pro umístění meteorologického radaru již koncem 60. let. Vhodnost radiohorizontu tohoto stanoviště potvrdil i pozdější výpočet z digitálního modelu reliéfu [5]. Původní záměry [6], které předpokládaly ruční měření s 16člennou obsluhou stanice, nebyly až do 90. let z finančních důvodů realizovány. S využitím moderní technologie byl v roce 1993 nově koncipován stavební záměr na bezobslužnou automatickou radarovou stanici s dálkovým řízením.

## 2. RADIOLOKAČNÍ STANICE SKALKY

### 2.1 Výstavba stanice

V květnu roku 1993 bylo definitivně určeno místo pro stavbu stanice v nadmořské výšce 730 m u lesní silnice na plochém vrcholu ca 100 m od kóty Skalky. Studie k projektu objektu stanice byly zahájeny v červenci téhož roku. Provedl je Stavospol, s.r.o. Brno. Stavební projekt stanice byl realizován firmou Kovoprojekta Brno, a.s. v období od února do července 1994.

Souběžně s přípravou stavby vznikala na pracovišti distančních meteorologických informací v ČHMÚ projekt aplikace radarového systému v návaznosti na konzultaci s potenciálními dodavateli radiolokátoru a projektantem. Definitivní rozhodnutí o dodavateli radiolokátoru padlo až na konci května 1994, těsně před zahájením výstavby věže. Projektce proto probíhala tak, aby umožnila instalaci radaru bez ohledu na použitý typ a výrobce.

Stavbu provedla firma Agrostav Jevíčko ve velmi dobré kvalitě. Stavební práce byly zahájeny v červnu roku 1994. V hrubých rysech byla stavba dokončena v prosinci 1994. V jarních měsících roku 1995 probíhaly dokončovací práce.

Věž byla na konci června 1995 připravena k montáži radiolokátoru, která probíhala do začátku srpna 1995. Po zkušebním provozu a předávce technologie radaru v prosinci 1995 byl dne 11. 4. 1996 za přítomnosti zástupců dodavatele, dovozce a oficiálních hostů slavnostně zahájen operativní provoz.

Z výše uvedeného je zřejmé, že od zahájení prací na projektové studii k dokončení instalace radiolokátoru uběhly pouhé dva roky, celá realizace pak trvala necelé tři roky. Při uskutečnění takto náročného projektu jde o dobu výjimečně krátkou. Bylo to možné jen díky velmi dobré spolupráci orgánů místní správy, majitelů pozemku, projektanta, dodavatele stavby a technologií i příslušných útvarů ČHMÚ (pobočky Brno i pražských zainteresovaných složek).



Obr. 1 Radarová stanice Skalky. Foto J. Šidák.

Fig. 1. Weather radar station Skalky.

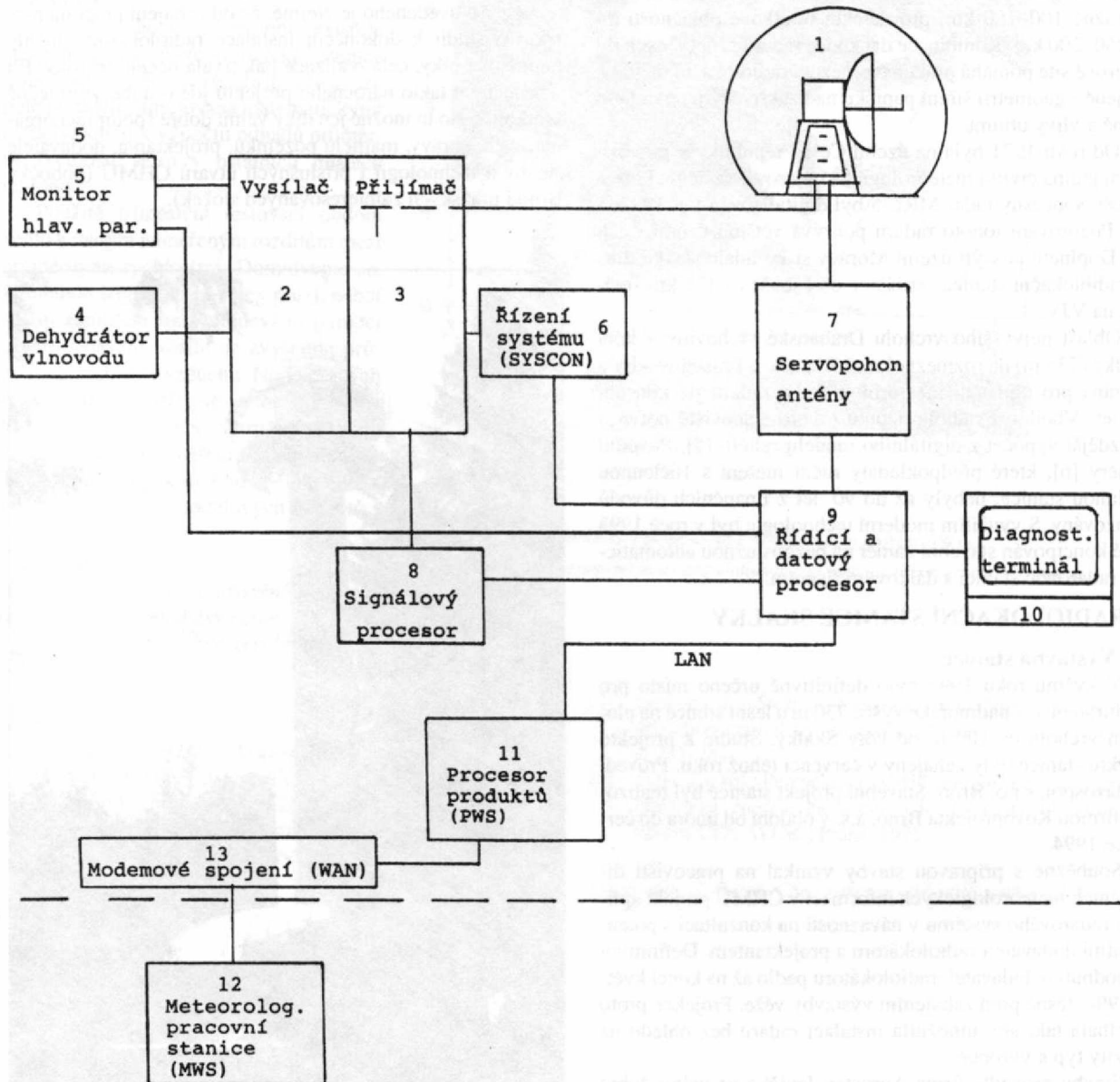
## 2.2 Objekt a vybavení stanice

Radarová stanice Skalky je situována na plochem, zalesněném vrcholu Dražanské vysočiny. Poněvadž radiolokátor pro svou činnost vyžaduje volný horizont, byla poblíž vrcholu vybudována speciální věž s podestou ve výšce +35 m nad okolním terénem (obr. 1). Ze stavebně technického hlediska je věž řešena jako železobetonový tubus kruhového průřezu, budovaný metodou taženého bednění. Do ocelové konstrukce na vrcholové podestě jsou osazeny kotevní šrouby pro anténní systém a ochrannou kopuli. Pod vrcholem věže na úrovni +31 m je prstencový prostor, tvořený ocelovou konstrukcí opláštěnou sendvičovými panely, pro umístění rozhodující technologické části radiolokátoru. Technologické prostory na vrcholu věže jsou přístupné schodištěm v železobetonovém dřívku. Pro dopravu zařízení je v zrcadle schodiště instalována zdvihací plošina.

V úrovni terénu je nosný železobetonový tubus obestavěn s použitím klasické stavební technologie. V přízemních pro-

storách jsou místnosti pro dílnu a příruční sklad, rozvod elektrické energie a zdroj náhradního napájení i umístění počítače. Je též k dispozici nezbytné sociální zázemí pro servisní práce.

Stanice je za běžného provozu bezobslužná. Tomu byla přizpůsobena sestava radiolokátoru i řešení všech pomocných technologií. Pro napájení elektrickou energií je zde použit zdroj nepřetržitého napájení (UPS) ve spojení s automatickým dieselgenerátorem. Zdroj nepřetržitého napájení je řízen mikroprocesorem. Pomocí modemu a telefonní linky jej lze počítačem s příslušným programem dálkově diagnostikovat a ovládat. Bezvýpadkové napájení veškerých technologií na stanici má zásadní vliv na spolehlivost funkce stanice, neboť poruchy elektrické sítě často nastávají za bouřkových situací, kdy je ovšem význam radiolokačních měření největší. I krátkodobá přerušení síťového napájení by si vyžádala restart radiolokátoru, jenž vede vždy ke ztrátě části měření a zvyšuje pravděpodobnost poruch.



Obr. 2 Schéma radarového systému Gematronik Meteor 360 AC.

Fig. 2. Scheme of the radar system Gematronik Meteor 360 AC.

Objekt věže je jištěn automatickým zabezpečovacím zařízením pro ochranu před vniknutím nepovolaných osob i elektronickou požární signalizací. Poruchové signály jsou automaticky předávány místní bezpečnostní agentuře a požární ohlašovně.

### 3. RADIOLOKÁTOR GEMATRONIK METEOR 360 AC

Na podzim 1993 byly vyžádány nabídky od celkem šesti světových výrobců na automatizovaný digitální meteorologický radiolokátor v pásmu C (5.6 cm), se šířkou anténního svazku max. 1° a výstupním impulzním výkonem min. 200 kW, vhodný pro bezobslužný provoz. Na jaře 1994 proběhlo výběrové řízení, v němž mezi nejvážnější kandidáty patřily dopplerovské radary DWSR-93 C od firmy EEC (Enterprise Electronic Corporation, USA) a Meteor 360 AC německé firmy Gematronik. Po rozhodnutí byl v červnu 1994 prostřednictvím dovozce firmy Omnipol, a.s. uzavřen kontrakt s firmou Gematronik GmbH na technologii v celkové hodnotě ca 29 mil. Kč.

#### 3.1 Složení a technické parametry radaru

Meteorologický radar Gematronik Meteor 360 AC [1] pracuje v pásmu C (vlnová délka 5.3 cm). Je řešen jako dopplerovský impulzní primární radiolokátor. Jeho vysílač generuje na nosné frekvenci koherentní impulzy elektromagnetické energie velmi vysokého výkonu, které jsou anténním systémem vyzařovány do okolního prostoru, sondovaného radiolokátorem. V časovém prostoru mezi jednotlivými vysílanými impulzy je tímtež anténním systémem přijímána energie odražená ze sledovaného prostoru a zpracována přijímačem. Z přijímače do signálového procesoru k digitalizaci a dalšímu zpracování vystupuje jako v klasických meteorologických radiolokátorech napětí úměrné přijatému odraženému výkonu, jež je mírou radiolokační odrazivosti meteocíle Z. Navíc ovšem je porovnávána fáze přijatého signálu vzhledem k vyslanému impulzu. Její kladná či záporná odchylka je úměrná relativní radiální rychlosti sledovaných částic vzhledem k anténě radiolokátoru.

Řídící a datový procesor během jednoho měřicího cyklu řídí prostřednictvím servopohonu pohyb antény v azimutu i v elevaci tak, aby data byla snímána rovnoměrně z celého sledovaného prostoru.

Radarový systém Gematronik Meteor 360 AC [1] se skládá:

- z vlastní elektroniky radiolokátoru (obr. 2):
  - anténního systému s ochrannou kopulí (1)
  - bloku vysílače (2) a přijímače (3), spolu s dehydrátorem vlnovodu (4) a monitorem hlavních parametrů radaru (performance monitor) (5) a řídicí elektronikou systému (SYSCON, PLC) (6)
  - bloku servopohonu antény (7), signálního procesoru RVP-6 (8), řídicího a datového procesoru (počítač VME) (9),
- servisního terminálu VME (DAC) (10),
- systému Rainbow na počítačích PC 486:
  - procesoru produktů (Product Workstation, PWS) (11) je nyní umístěn v patě věže (připojený k VME na síti Ethernet),
  - meteorologické pracovní stanice (Main Meteorological Workstation, MWS) (12) na pracovišti Libuš, spojené s PWS pomocí modemového spojení (13) po pronajaté čtyřdrátové lince o rychlosti 19.2 kbit/s s protokolem SLIP.

Tab. 1 Hlavní technické parametry radiolokátoru.

Table 1. Main technical parameters of the radar.

<b>Vysílač:</b>	
– je osazen koaxiálním dlouhoživotnostním magnetronem, laditelný v pásmu 5450 až 5825 MHz, impulzní modulátor spínán tyatronem;	
– pracovní frekvence na kóťe Skalky	5655 MHz
– vlnová délka	5.3 cm
– impulzní výkon	250 kW
– délka impulzu (přepínatelná)	2.0/0.85 μs
– opakovací frekvence (nastavitelná)	250 až 1200 Hz
<b>Přijímač:</b>	
– je řešen jako superheterodyn se stabilním místním oscilátorem a koherentním detektorem (STALO, COHO);	
– citlivost (min. detekovatelný signál)	lepší než 109 dBm
– šumové číslo	4 dB
– mezifrekvenční kmitočet	30 MHz
– šířka pásma (přepínatelná dle op. frekvence)	0.6/1.5 MHz
– amplitudová charakteristika mezifr. zes.	logaritmická
– dynamický rozsah	vyšší než 85 dB
<b>Anténní systém:</b>	
– kruhový parabolický reflektor s trychtýřovým zářičem;	
– průměr antény	4.2 m
– šířka anténního svazku	0.8°
– zisk antény	lepší než 44 dB
– polarizace	horizontální
– ovládání antény v azimutu 0 až 6 ot./min v elevaci	0 až 360° –2 až 90°

Řízení radaru je třístupňové:

- Mikropočítač v bloku SYSCON (PLC – Programmable Logic Controller) ovládá a monitoruje funkce přijímače a vysílače radaru, umožňuje předávání stavových hlášení po lince RS232 do počítače VME. Umožňuje lokální ovládání některých funkcí vysílače a přijímače.
- Počítač VME – Rainbow DAC (Data Acquisition and Control) s procesorem 68030, fungující pod operačním systémem reálného času OS/9, zajišťuje řízení pohybu antény, předávání zpráv BITE (Built In Test Equipment) o stavu radaru a řídicích povelů. Přijímá digitální data ze signálního procesoru RVP-6 a v režimu dálkového řízení tvoří soubory objemových (3D) dat ve sférických souřadnicích. V režimu lokálního řízení slouží pro servisní účely, umožňuje ovládání radaru a získávání okamžitých dat v režimech PPI (přehledový indikátor), RHI (vertikální řez) a A-scope (jako digitální osciloskop).
- Programový systém Rainbow na počítačích PC 486DX2/66 MHz, pod operačním systémem Linux (UNIX), umožňuje plně dálkové řízení radaru z počítačů MWS (Libuš), případně PWS (Skalky).

#### 3.2 Zpracování dat a radarová měření v systému Rainbow

Na výstupu přijímače radaru je k dispozici signál z logaritmického zesilovače pro odhad odrazivosti (log Z) a dva signály z lineárního zesilovače pro odhad dopplerovských parametrů (I, Q – signál ve fázi a protifázi s vysílaným). Tyto signály vstupují do signálního procesoru RVP-6 fy SIGMET Inc., který provádí jejich digitalizaci a další zpracování (průměrování, filtrování pozemních odrazů, výpočet parametrů a testování kvality dat). Výsledkem zpracování jsou pro každý jednotkový úhel azimutu antény řady radiálních vzorků



čtyř parametrů: radiolokační odrazivosti bez a s filtrováním pozemních odrazů, střední radiální (dopplerovské) rychlosti a šířky dopplerovského spektra. Z těchto radiálních dat se v řídicím a datovém procesoru (VME – DAC) vytvářejí soubory objemových (3D) dat ve sférických souřadnicích. Po ukončení měření jsou tato objemová data přenesena po lokální síti Ethernet s protokolem TCP/IP do procesoru produktů (PWS).

Procesor produktů (PWS) z objemových dat počítá obrazové (2D) radarové produkty a zajišťuje jejich distribuci. Množství obrazových dat vytvořených z jednoho měření je jen několik stovek kilobyte (oproti jednotkám megabyte původních objemových dat). Obrazová data proto mohou být přenášena i po relativně pomalejší modemové lince ze Skalek (PWS) na Libuš (MWS). Na meteorologické pracovní stanici (MWS) probíhá zobrazování datových produktů. V operativním provozu je celý systém řízen z počítače MWS, který odesílá ovládací soubory a přijímá hlášení o stavu radaru (BITE). Pro servisní účely lze převést veškeré funkce systému i na jediný počítač (PWS na Skalkách).

Programový systém Rainbow umožňuje distribuované zpracování dat na několika počítačích, komunikujících pomocí standardních prostředků operačního systému UNIX a protokolu TCP/IP. Program Rainbow je aplikací v prostředí XWindows/Motif. Jednotlivé funkce systému jsou rozděleny mezi několik oken – tzv. manažery: Supervisor Manager – řídí ostatní okna a komunikaci v systému, Radar Manager – řídí měření a ovládání radaru, Display Manager – zobrazuje radarové produkty. Software Rainbow dovoluje nastavení velkého množství parametrů snímání dat (např. maximální dosah měření, soubor elevačních úhlů, parametry zpracování signálu apod.) a tvorby obrazových produktů (druh produktu, dosah, stupnice dat atd.). Z těchto parametrů je tvořen scénář měření (tzv. scheduler), který umožňuje opakování posloupnosti snímání dat s následnou tvorbou obrazových produktů ve zvoleném intervalu.

#### 4. VYUŽITÍ DAT V RADAROVÉ SÍTI ČR

Pro potřeby operativních měření byl vytvořen stálý scénář měření tak, aby využíval možnosti radiolokátoru a zároveň výstupní datové produkty byly slučitelné s měřením stávajícího radaru MRL-5 na Libuši [4]. Jako nejkratší prakticky použitelný interval opakování měření bylo stanoveno 10 min (obdobně jako např. v rakouské radiolokační síti). Zároveň byl změněn interval měření radaru Libuš na 20 min za běžných a 10 min za význačných meteorologických situací. Maximální dosah operativních měření radaru Skalky byl stanoven na 260 km. Skenování antény se skládá z optimalizované posloupnosti 20 elevačních úhlů v rozsahu od 0.1° do 27°. Při měření je užíván dlouhý pulz (2  $\mu$ s), data jsou průměrována v radiálních buňkách o délce 1 250 m a šířce 1° z ca 20 po sobě následujících pulzů radaru. Pro filtraci pozemních odrazů je využíván dopplerovský filtr, který výrazně zeslabuje cíle s přibližně nulovou radiální rychlostí vůči radaru. [3]

Pro zachování kompatibility dat s radarem Libuš byly určeny typy a rozlišení obrazových produktů shodně se stávajícími [4]: pole maximálních odrazivosti v kvazi-trojrozměrném zobrazení, pole odrazivosti v nízké CAPPI hladině

(„rlk.intenzity srážek“), pole horních hranic radioecha. Prostorové rozlišení obrazových produktů je 2 x 2 km horizontálně a 1 km vertikálně, odrazivosti jsou převedeny do 15 úrovní intenzit (od 4 do 60 dBZ s krokem 4 dBZ), resp. výšky do stupnice 0 až 15 km s krokem 1 km. Kódování dat do interního formátu ČHMÚ provedla firma Gematronik. Operativnímu využití většího množství možných obrazových produktů brání omezená přenosová kapacita pronajaté linky mezi stanovištěm Skalky a Prahou-Libuš.

Meteorologická pracovní stanice (MWS) byla připojena do lokální počítačové sítě na pracovišti Libuš. Naměřená data ve formátu ČHMÚ [4] jsou přenášena na datový server, odkud jsou distribuována podle potřeb a možností spojení jednotlivých uživatelů. Pro zobrazování sloučené radarové informace z radarů Libuš a Skalky byl vytvořen program RADSHOW2 [2]. Slučování dat metodou výběru nejvyšší hodnoty ze všech dostupných radarů v každém obrazovém elementu (pixelu) probíhá přímo u uživatelů v rámci tohoto zobrazovacího programu. Obvykle používaným uživatelským produktem jsou animace polí maximálních odrazivosti v kvazi-trojrozměrném zobrazení s časovým krokem 10 minut. Příklad prezentace sloučené informace o horizontálním rozměru 356 x 256 pixelů a velikosti pixelu 2 x 2 km je v barevné příloze.

#### 5. ZÁVĚR

V letech 1993-5 byla vyprojektována a postavena radiolokační stanice na kótě Skalky na Dražanské vrchovině, určená pro bezobslužný automatický provoz. V roce 1995 zde byl instalován moderní dopplerovský meteorologický radiolokátor Gematronik Meteor 360 AC. Tím došlo k doplnění civilní meteorologické radiolokační sítě v ČR na dva radary, jejichž měření nyní pokrývají většinu území ČR. Nový radiolokátor byl integrován do operativního systému ČHMÚ. V současné době mají uživatelé k dispozici aktuální sloučenou informaci ze dvou radarů ČHMÚ v intervalu 10 minut.

#### Literatura:

- [1] Firemní materiály: Meteorologický radar Gematronik Meteor 360 AC (v angličtině). Gematronik GmbH, Neuss 1995.
- [2] Hampl, P. – Kráčmar, J.: Program RADSHOW2 v.2.11. Uživatelská dokumentace. Praha, ČHMÚ, duben 1996. 15 s. [Interní materiál.]
- [3] Havránek, P. – Kráčmar, J.: Pokročilé meteorologické radarové systémy – projekt COST-75. [Zpráva o řešení projektu v roce 1995.] Praha, ČHMÚ, únor 1996. 15 s. [Interní materiál.]
- [4] Kráčmar, J.: Automatizace radaru MRL-5 v provozu Českého hydrometeorologického ústavu. Meteorol. Zpr. 48, 1995, č. 2, s. 37-44.
- [5] Kráčmar, J.: Radiohorizonty a výskyt pozemních cílů pro radiolokační síť ČR. Meteorol. Zpr. 47, 1994, č. 6, s. 163-171.
- [6] Strachota, J. – Havránek, P.: Zpráva pro oponentní řízení podnikového úkolu č. 149, Výzkum volné atmosféry. [DÚ 2-2: Rozvoj radiolokační sítě v ČSR.] Praha, ČHMÚ 1984. 32 s.

Lektor RNDr. J. Strachota, rukopis odevzdán v dubnu 1996.