

Small Valley Wind Characteristics—An Observational Study

By A. Bajić

With 9 Figures

Summary: The main features of orographically caused air flow in a small SE-NW oriented river valley in the central part of Yugoslavia are presented. The analysis is based on the climatological and tether-sonde measurements in the valley centre and temperature and wind measurements at some fixed locations on 6 automobile transects on the slopes of surrounding mountains.

The synoptic pressure gradient in the analysed weather situation from 23 to 26 April 1987 was sufficiently weak to enable the development of a local mountain and slope wind system. It is shown that, regardless of relatively small valley dimensions, the observed air flow characteristics are nearly identical to those noticed in the much greater Inn valley.

Zusammenfassung: Die Hauptmerkmale der orographisch bedingten Strömung in einem kleinen, von Südost nach Nordwest orientierten Flußtal im zentralen Jugoslawien werden dargestellt. Die Untersuchung beruht auf klimatologischen und Fesselballonmessungen im Zentrum des Tales sowie auf Temperatur- und Windmessungen an einigen Fixpunkten längs 6 Automobiltrassen an den umgebenden Berghängen.

Der synoptische Luftdruckgradient war während der analysierten Wetterlage vom 23. bis 26. April 1987 so schwach, daß die Entwicklung eines lokalen Berg- und Hangwindsystems möglich wurde. Es wird gezeigt, daß die beobachteten Strömungscharakteristika nahezu mit denen identisch sind, die in dem viel ausgedehnteren Innthal festgestellt wurden.

1. Introduction

It is a well known fact that complex terrain induces important local effects. During periods of weak synoptic-scale flow mesoscale and local terrain induce a circulation often dominating the boundary layer flow in mountainous terrain.

The changes of wind speed and direction in the atmospheric boundary layer are very difficult to be generalized and theoretically explained. Every mountain and every valley cause specific flow patterns (*Vergeiner and Dreiseitl, 1987; Hennemuth, 1985; Whiteman, 1982*). The resultant wind in mountainous terrain includes various components such as valley–mountain wind, slope wind, synoptic wind systems and sheltering and diverting effects of topography.

In this paper we consider the wind regime in a basin inside the SE-NW directed river valley in central Yugoslavia. As we can see in Figure 1 rather steep mountain slopes rise on both sides of the valley up to 700 m on the left and 1000 m on the right side. The smaller local river valleys extend nearly perpendicular to the main valley direction.

With regard to the complex geometry of the presented region we cannot expect an ideal mountain-valley wind system. The following analysis shows to what extent the mountain and slope circulation is reflected in the wind regime in the considered river valley.

2. The data

There were two approaches to obtain representative wind and temperature data in complex terrain. The tether-sonde (TS-2A) was operated at one location (TS in Figure 1) in the valley centre. The elevation of the tether-sonde site is 320 m. The temperature and wind data were obtained approximately every hour at 15-m intervals in the lowest 100 m and at 30 m intervals between 100 and 600 m. In addition to the tethered-balloon measurements, the wind and temperature data were measured at some fixed locations on 6 automobile transects marked in Figures 1 and 2. The standard climate data were available from the synoptic station placed on the left valley side 348 m above sea level.

The data were collected during 4 days that met the experimental requirements of clear skies and low ambient winds.

3. The synoptic situation

The wind and temperature measurements were performed from 23 to 26 April, 1987. During the mentioned period synoptic scale fronts were not present in the region considered. The synoptic pressure gradient was sufficiently weak so that the gradient wind was much less than 5 m/s. The surface map of 24 April 1987 shows a high-pressure centre over Yugoslavia (Figure 3). If in such a case there is no gradient wind the local wind system caused by orography can be well developed and expressed.

In Figure 4 we can see the daily variation of basic meteorological elements measured at the synoptic station. During the whole period there was no precipitation and the nights were cloudless. The clear sky and, consequently, greater net radiation caused the development of daily thermal circulation. A light NNW (upslope) flow reversed to a SW (downslope) flow within two hours after sunset and persisted until a short time after sunrise. Such a diurnal cycle is reflected on wind roses presented in Figure 5. Unlike the wind at the synoptic station, the wind rose in the valley centre is quite different. The more frequent SE wind could be a consequence of southeasterly thermally induced nighttime down-valley wind.

We have chosen to show some results of data analyses for a particular day (25 April), because the phenomena observed seemed to be typically representative of the experimental results, as follows.

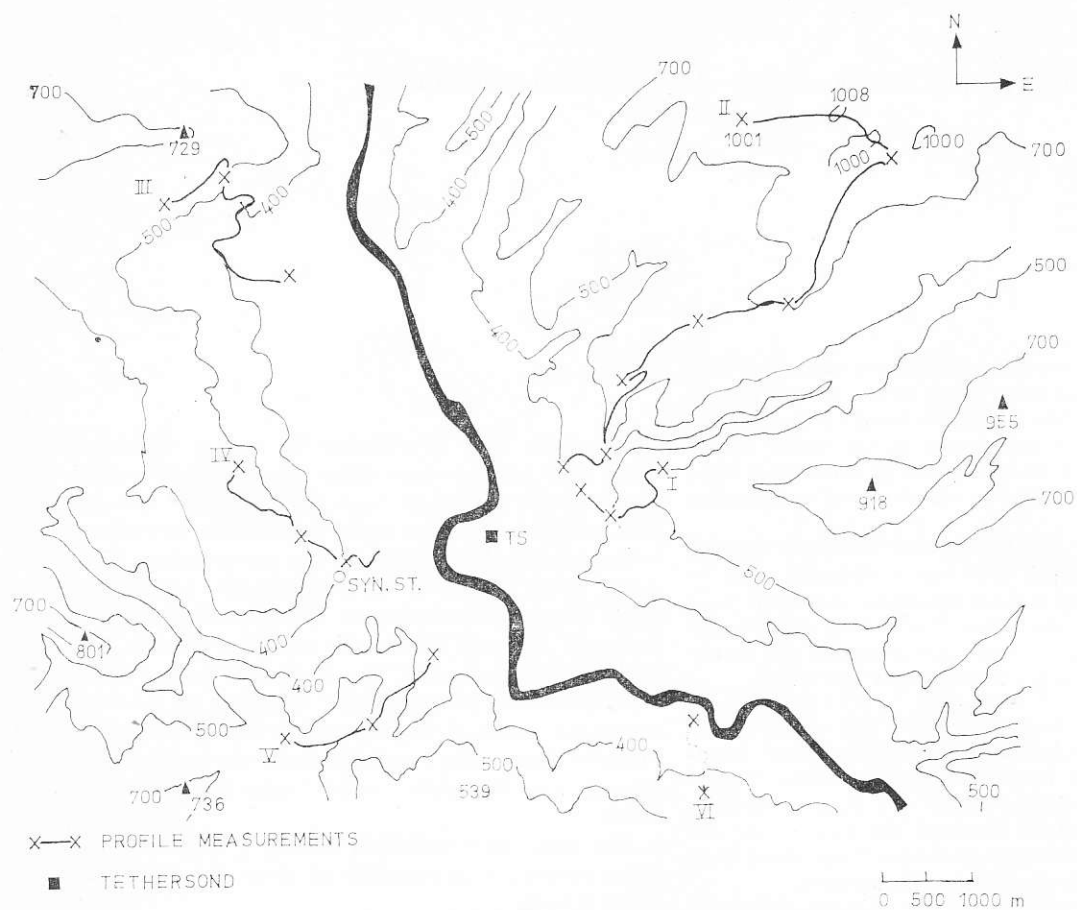


Fig. 1. General topography of the considered river valley with meteorological measuring sites.

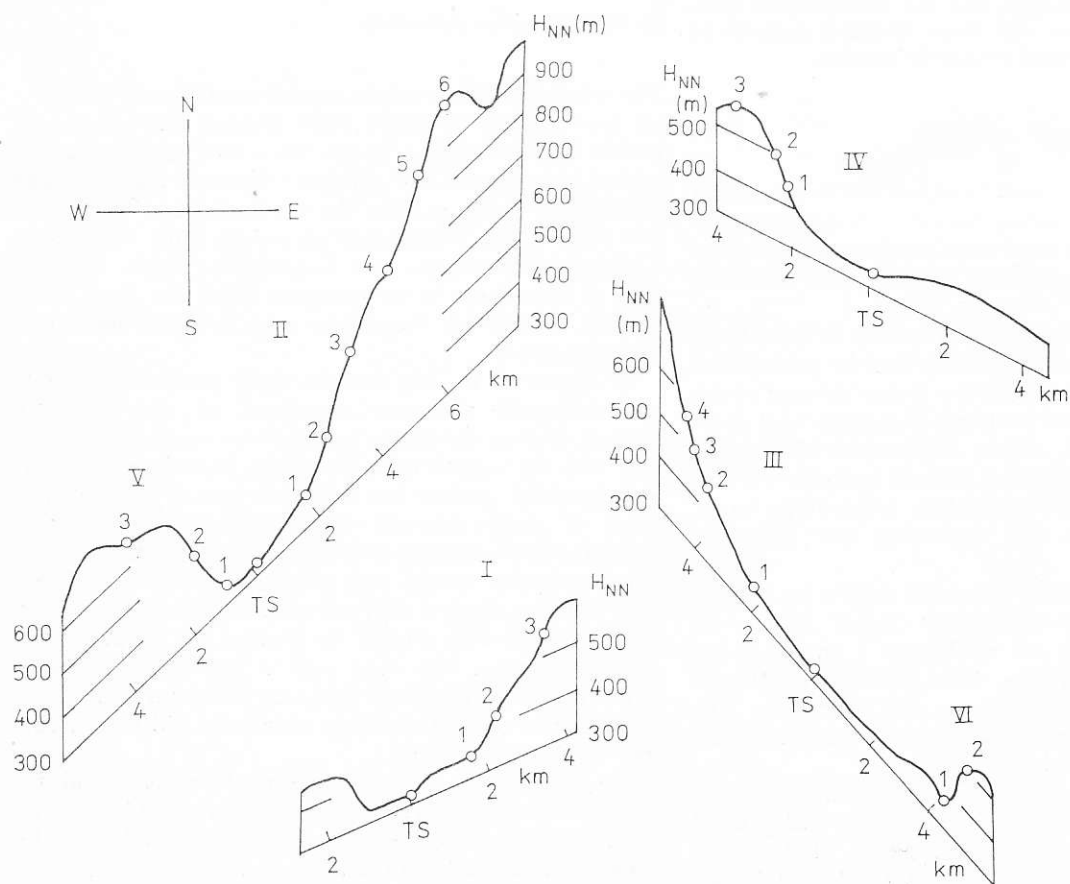


Fig. 2. Automobile-transect cross-sections with wind and temperature measuring sites.

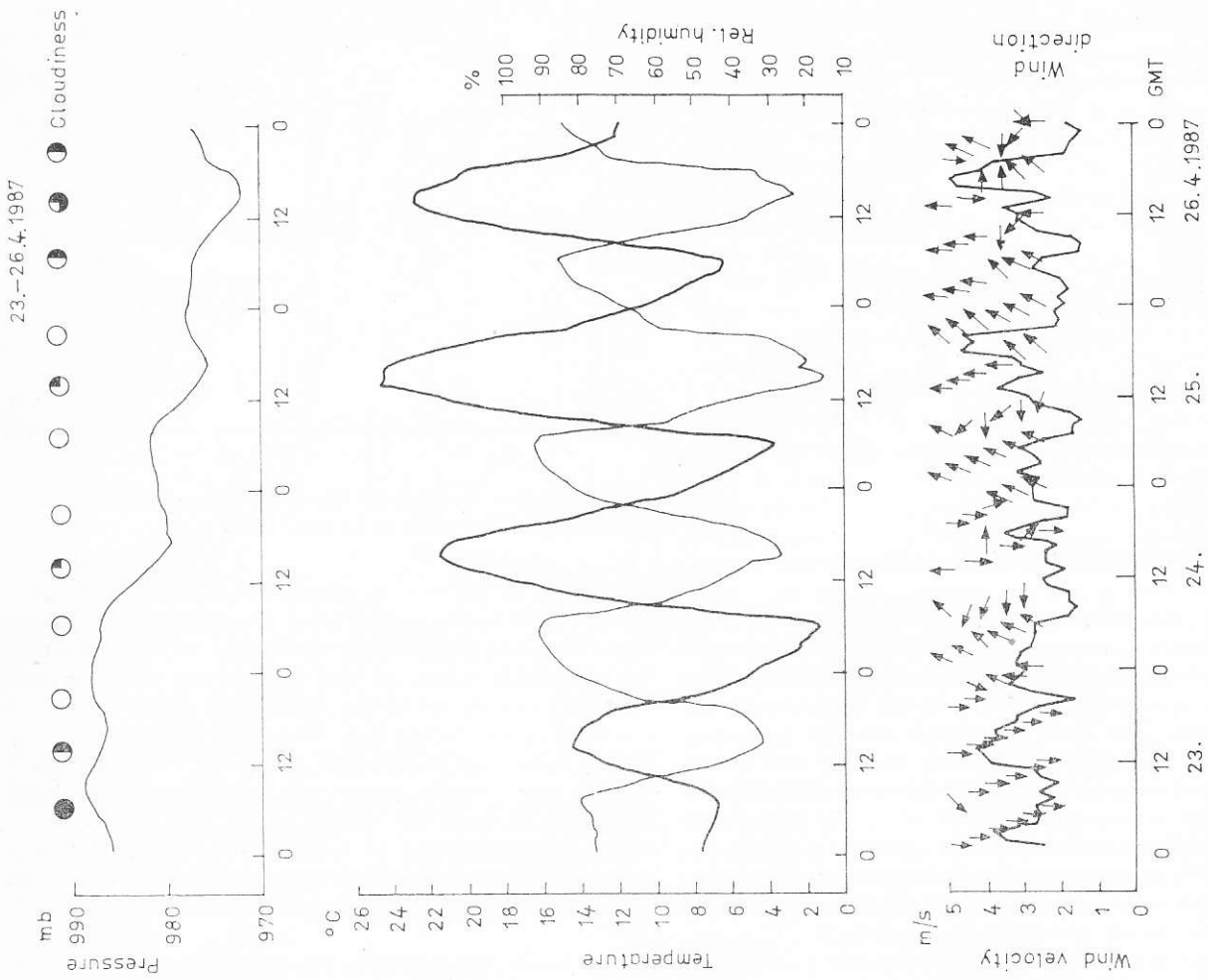


Fig. 4. Daily variation of basic meteorological elements at the synoptic station on 23-26 April 1987.

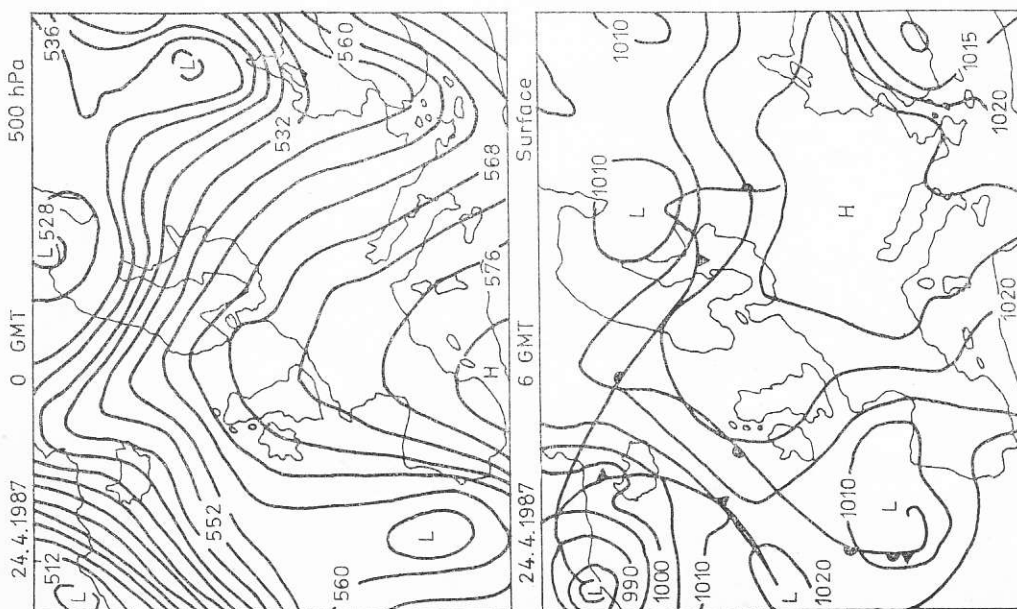


Fig. 3. Synoptic situation on 24. April 1987.

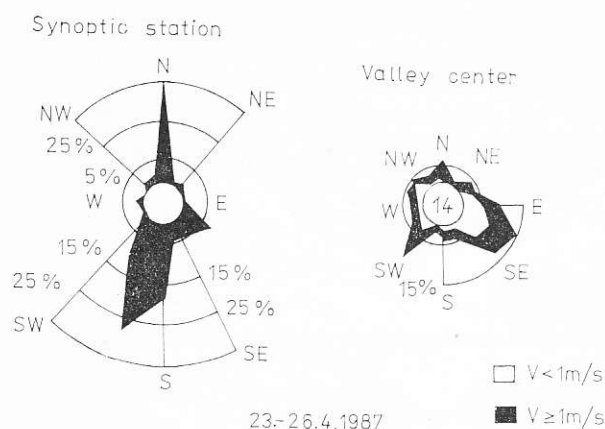


Fig. 5. The wind roses in the valley centre and at the synoptic station on 23–26 April 1987.

4. The three-dimensional air flow structure

From the three-dimensional presentation of wind vectors (Figure 6) some evidence of daily wind circulation is noticed although the wind measurements on the automobile transects and in the valley centre were not simultaneous. The data measured on the mountain slopes show upslope winds during the day and down-slope winds during the night. At the same time, the air in the valley centre usually flows along the valley axis following valley-parallel pressure gradients which are the result of pressure gradients imposed from above, modified hydrostatically by a thermal field and produced locally in the valley atmosphere.

Vertical down-valley wind component profiles for the down-valley phase, time of wind reversal and up-valley phase are shown in Figure 7. Valley winds have a

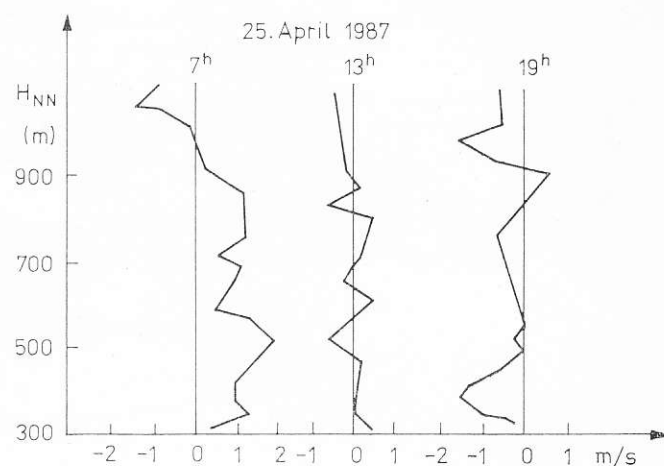


Fig. 7. Vertical profiles of the down-valley wind component at 6, 13 and 19 hrs CET on 23 April 1987.

maximum of 1.8 m/s at about 500 m above sea level. At 900–950 m the valley wind component changes its sign. That is approximately the height of the surrounding mountain crest. At the time of the wind reversal (13 CET) the values of the considered wind component are very small. In the late afternoon the values of the valley wind component are negative. From Figure 7 we can see that the upper wind blows from the same direction as does the valley wind, but the latter is separated by a layer of minimum velocity. The very similar valley wind profiles were observed in the much higher and larger Inn valley (Vergainer and Dreiseitl, 1987).

One more wind profile characteristic can be seen in Figure 6, i.e. the rotation of the wind direction with height near the surface up or down valley flow.

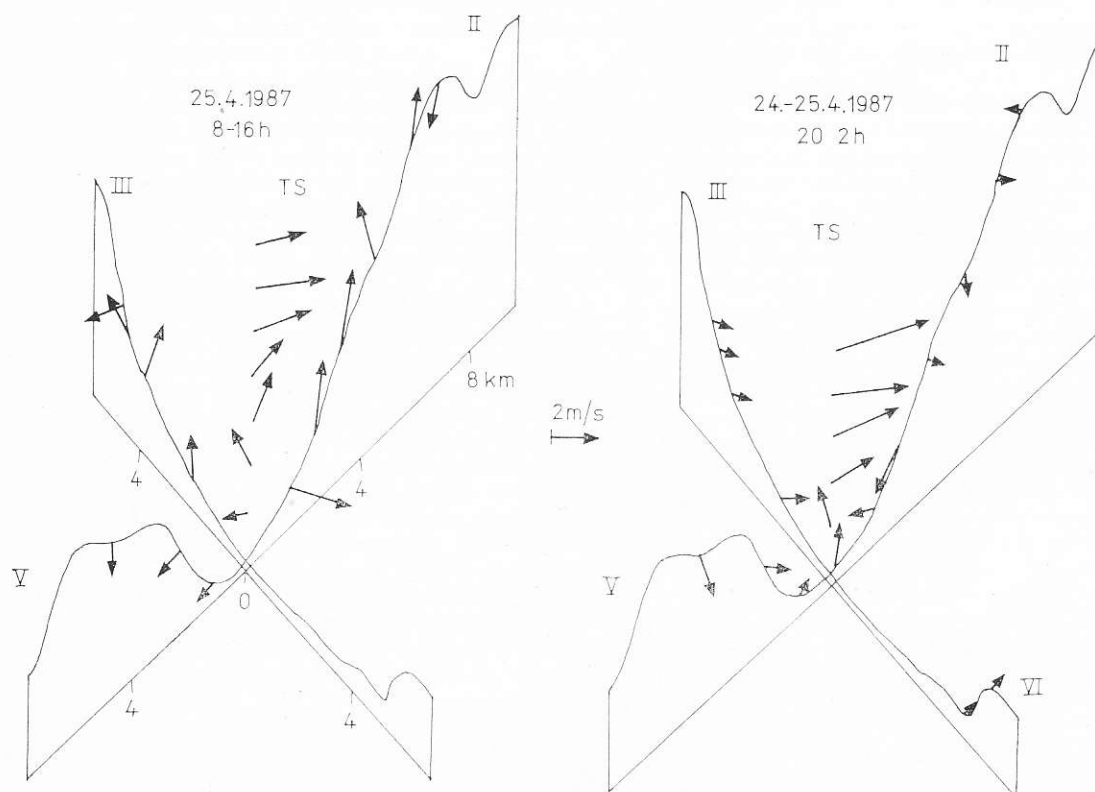


Fig. 6. The wind vectors on the mountain slopes and the valley centre on 24–25 April.

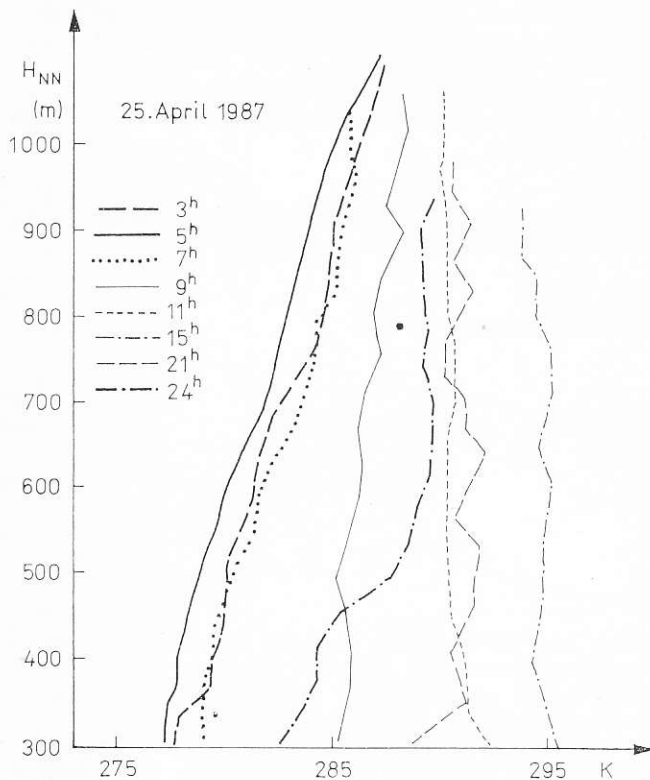


Fig. 8. Vertical wind profiles of the potential temperature in the valley centre on 25 April 1987.

As with the Ekman spiral in the northern hemisphere this is a clockwise rotation from SE toward an ambient wind direction of WSW.

The ridge site (profile II) has only two wind phases, NNE and WSW, which probably reflect the effects of both synoptic and local influences.

The potential-temperature profiles (Figure 8) are

in accordance with the presented wind profiles. Figure 8 reveals a nearly isothermal temperature structure in the lowest 50–100 m following sunset and prior to the formation of the nocturnal inversion. This isothermal air layer near the ground is typical of the time span during the reversal of the wind. The nocturnal inversion in the lowest 50 m is formed after sunset in response to the downward turbulent transfer of heat to the surface.

One more feature can be seen in Figure 8. Heating from upper slopes causes a fairly large increase of the potential temperature between 5 and 15 CET in the valley.

The valley and slope winds are linked with the temperature difference between the valley atmosphere and the valley walls. During the night the surface temperature is clearly colder than the air in mid-valley at the same elevation (Figure 9); it is reversed during the day. In daytime, absorption of radiation by sloping ground causes the warming of air near the surface. But the air near the sloping ground thus becomes warmer than the air in the free atmosphere at the same height above sea level. Consequently, a low-level horizontal pressure gradient is created and the result is an upslope wind.

5. Concluding remarks

Some characteristics of mountain-valley and slope wind are noticed in this analysis of orographically caused air flow inside a SE–NW oriented river valley in one synoptic situation. The data measured on the mountain slopes provide evidence of upslope flow during the day and downslope flow during the night. The surface-based temperature inversion and the downslope wind direction are the main indicators of slope flow during the night.

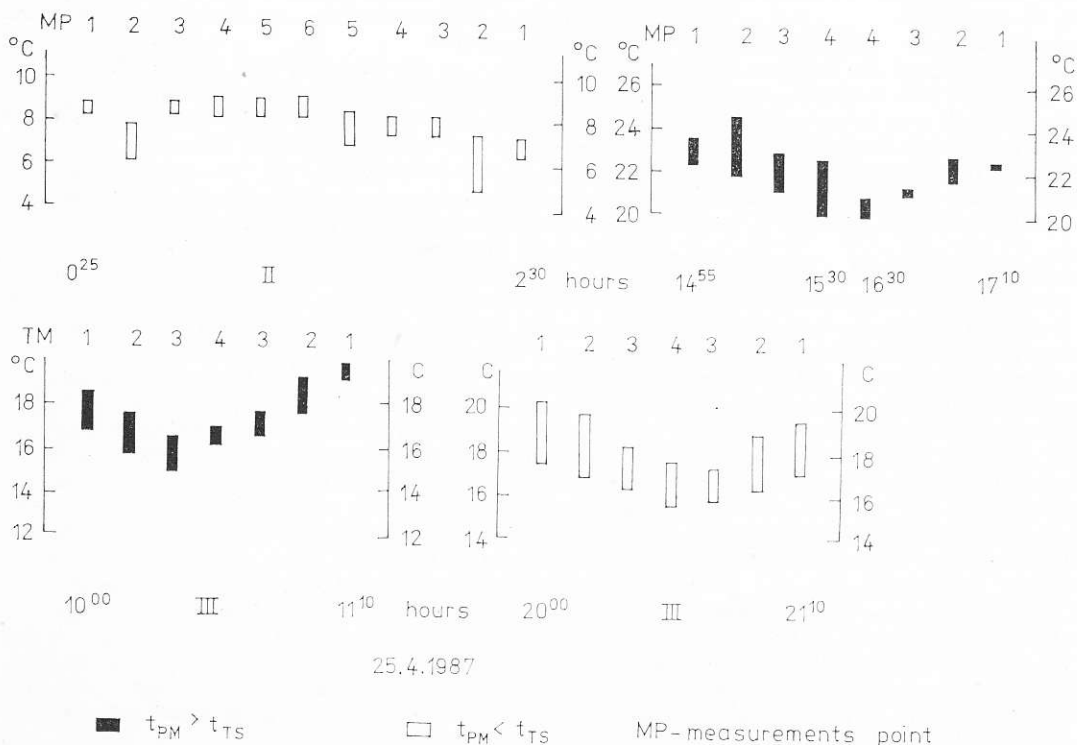


Fig. 9. Temperature differences at the measuring sites between mountain slopes (PM) and the valley centre (TS) at the same heights on 25 April 1987.

At the same time the air flow in the valley exhibits a clockwise rotation of the wind direction with height.

All the mentioned air flow characteristics were observed in a few larger valleys, too. Although the valleys and, consequently, valley wind systems can be quite different it seems that certain phenomena are similar in all parts of the world.

References

- Defant, F. 1951: Local winds. In: Compendium of Meteorology, AMS, Boston, pp. 655–672.
 Hennemuth, B. 1985: Temperature field and energy budget of a small Alpine valley. Beitr. Phys. Atm. 58, 545–559.

Vergeiner, I. and E. Dreiseitl, 1987: Valley winds and slope winds observation and elementary thoughts. Meteorol. Atmos. Phys. 36, 264–286.

Whitemann, C. D. 1982: Breakup of temperature inversion in deep mountain valleys, Part I: Observations. J. Appl. Met. 21, 270–289.

Address: Alica Bajić, Hydrometeorological Institute of Croatia, Grič 3, 41000 Zagreb/Yugoslavia

Manuskripteingang: 6. 2. 1990

Buchbesprechung

Biswas, B. C.: Agroclimatology of the sugar-cane crop. (Agrar-klimatologie des Zuckerrohrs). WMO, Technical Note, Nr. 193, WMO-Nr. 703, Genf/Schweiz.

Zur Erzeugung von Rohrzucker werden auf der Welt neben einigen weniger bedeutenden Pflanzenarten das Zuckerrohr, das in tropischen Klimagebieten günstige Wachstumsbedingungen vorfindet, und die Zuckerrübe, die eine typische Hackfruchtkultur der gemäßigten Breiten darstellt, angebaut. Während die Zuckerrübe auch eine beachtliche Futtermenge liefert, die in verschiedenen Rübenanbaugebieten die Grundlage für eine umfangreiche Tierhaltung bilden kann, lassen sich die Abfallprodukte der Rohrzuckerproduktion nur einer industriellen Verwertung zuführen, zum Beispiel als Heizmaterial oder bei der Papierherstellung. Obwohl für Europa der Zuckerrohranbau auf Grund der Rübenzuckergewinnung nur eine geringe Bedeutung besitzt, dürfte vorliegende Publikation auf breites Interesse bei sowohl meteorologisch als auch agrarwissenschaftlich orientierten Lesern stoßen.

Aus ihr geht hervor, daß sich die Weltzuckerproduktion von etwa 79 Millionen Tonnen im Jahr 1982 auf 140 Millionen Tonnen bis zum Jahr 2000 erhöhen wird. Dem Kapitel 1, das sich mit dem Ursprung, der Verbreitung und dem Anbau von Zuckerrohr befaßt, ist zu entnehmen, daß sich in Asien 42,70 %, Südamerika 26,05 %, Nordamerika 22,10 %, Afrika 6,60 % und auf Ozeanien 2,50 % der Weltanbaufläche für Zuckerrohr befindet. Die in Europa vorhandene Anbaufläche fällt mit 0,05 % demgegenüber unbedeutend aus.

Das Fragen und Probleme des Klimas, des Bodens, der Bodeneignung und der Ertragslage in einigen Zuckerrohranbauländern umfassende 2. Kapitel enthält eine sehr informative und detaillierte Übersicht über die Zuckerrohranbaufläche, die Produktionsmenge und die entsprechenden Hektarerträge in 19 ausgewählten Staaten. Diese Übersicht weist Peru mit 136246 kg/ha als das Land mit dem höchsten durchschnittlichen Hektarertrag auf der Welt aus. Ihm folgen Indonesien mit 85345 kg/ha und Australien mit 80000 kg/ha. Von der Gesamtproduktionsmenge und Anbaufläche her nehmen allerdings Brasilien, Indien und Kuba in dieser Reihenfolge die Spitzenstellung ein. Im 3. Kapitel wird auf den Einfluß von Sonnenschein (Strahlung), Niederschlag, Luftfeuchte, Tau und Wind auf das Gedeihen und die Ertragsbildung von Zuckerrohr hingewiesen. Der Autor nimmt auch Bezug auf die ertragsgefährdenden Auswirkungen von Wirbelstürmen, Hochwassern, Dürreperioden, Frösten und Hagel. In die Erörterung mikro- bzw. bestandsklimatischer Fragestellungen, die Gegenstand des 4. Kapitels sind, wurden unter anderem Scalebetrachtungen einbezogen. So wird zwischen einem zeitlichen Scalebereich (eine Sekunde bis zu einer Stunde), einem horizontalen Scale-

bereich (ein Millimeter bis zu einem Kilometer) und einem Vertikalscalebereich (ein Millimeter bis zu 10 Metern) unterschieden. Sehr anschaulich ist die, von Ramdas (1946) übernommene Darstellung der Profile von Temperatur und Dampfdruck in einem Zuckerrohrbestand bei labiler Schichtung außerhalb desselben. Thermaisoplethen- und Hygroisoplethendarstellungen zur Kennzeichnung des Temperatur- und Luftfeuchteregimes im Zeitraum März bis Februar vervollständigen und ergänzen die Ausführungen über die mikroklimatischen Wechselwirkungsmechanismen beim Zuckerrohr. Erfreulich, daß sich der Autor auch umfassend der für Fragen des Wärme- und Wasserhaushaltes bedeutsamen Verdunstungsthematik gewidmet hat. Dabei schenkt er den Untersuchungen von Chang (1961) und Ekern (1971) besondere Beachtung. So erfolgt im Kapitel 5 eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Koeffizienten Evapotranspiration/Kesselverdunstung und dem Alter des Zuckerrohrs (in Monaten) sowie eine Gegenüberstellung von Tageswerten der lysimetrischen Wassernutzung bei Zuckerrohr und der Kesselverdunstung in bezug auf den Zeitraum Juli/August 1969.

Die Möglichkeiten der Nutzung von Pflanze-Witterungsbeziehungen bei der Ertragsvorausschätzung werden in Kapitel 6 dargelegt, in dem auch ein Pflanze-Witterungskalender für das Zuckerrohr von der Aussaat über die Keimung, die Triebabildung, das Frühwachstum, die Elongationsphase, die Blüte, die Reife bis hin zur Ernte für den Standort Poona in Indien beschrieben ist. Im Zusammenhang mit der aus ökonomischer Sicht wichtigen Vorausschätzung der Ernteerträge bei Zuckerrohr wurde eine Gegenüberstellung berechnet und tatsächlich Zuckerrohrerträge für den Zeitraum 1952 bis 1978 vorgenommen. Es verdient Anerkennung, daß mit dem Kapitel 7 dem Einfluß meteorologischer Parameter auf das Vorkommen von Schädlingen und Krankheiten große Aufmerksamkeit gewidmet worden ist. Betrachtungen zum Auftreten von Bohrwürmern, Fröschen, Raupen, Nagetieren und Nematoden als Schädlinge nehmen einen breiten Raum ein. Der Autor weist darauf hin, daß Verfahren zur Vorhersage des Auftretens von Schädlingen und Krankheiten auf der Basis multipler linearer Regressionsgleichungen existieren. Im abschließenden 8. Kapitel zieht der Autor die Schlußfolgerung, daß sowohl die Untersuchungen zum Frequenz- und Andauerverhalten von Dürren, als auch die Analyse der Temperaturextreme ein dringendes Erfordernis zur Schaffung von Entscheidungsgrundlagen für die Leitung und Planung in zuckerrohranbauenden Ländern sind.

Die von B. C. Biswas vorgelegte Publikation dürfte insbesondere bei den Lesern aus diesen Ländern große Beachtung und hohe Anerkennung finden.

J. Müller