

**THE CLIMATE OF MONTENEGRO: MODIFIATORS AND TYPES
– PART ONE**

DRAGAN BURIC^{1*}, VLADAN DUCIC², JOVAN MIHAJLOVIC²

¹*Hydrometeorological Service of Montenegro, IV proleterske 19, Podgorica, Montenegro*

²*University of Belgrade – Faculty of Geography, Studentski trg 3/3, Belgrade, Serbia*

Abstract: The aim of this study is to point out the basic climate modifiers and types in Montenegro. Rarely could you find such a small area with more climate types and several subtypes and varieties as it is the case here. In the Part one of the study the most important climate modifiers in Montenegro have been discussed, such as: mathematical – geographical position, relief dissection, atmospheric circulation and the Adriatic Sea. Atlantic and Mediterranean aquatories and Eurasian landmass play an important part in climate modification in the area of Montenegro. These vast areas represent the source of atmospheric action centres and air masses.

Key words: climate, modifiers, types, Köppen, Montenegro.

Introduction

Montenegro is the country of diversity in all aspects, including climate. There is a real "climate archipelago" here where Mediterranean and sub-Mediterranean climate types change into temperate continental, continental, sub-Alpine and Alpine climate type. This is the direct consequence of the geographical position, relief, dissection, movement and confrontation of air masses with different physical characteristics, vicinity of the sea, terrain types and other factors.

Climate is the basic physical component of geographic environment which affects other elements: soil formation and texture, water abundance on the land, relief forms (fluvial, karst, aeolian and glacial), biodiversity, etc. Considering that the weather and climate are significant determinants of the whole human life, this study tries to give the basis for further research within other sciences and economic activities-waterpower, engineering, tourism, agriculture, energetics, spatial planning and other activities important for the development of some places in Montenegro as a whole.

Database and research methodology

Hungarian Weather Service developed two software packages for homogeneity and extrapolation research of meteorological data series, MASH and MISH methods. Original versions of both software packages are modified (Szentimrey, 2003; Szentimrey, Bihari, 2007), and the final versions were presented by the authors within the training called "Application of climatological methods for interpolation and homogeneity", which was held from 2 February to 5 February in 2010 in Budapest. Having tested several methods for the

* E-mail:

purpose of uniformity, World Meteorological Organization (WMO) suggested that MASH v3.02 and MISH v1.02 should be used.

Both methods were used in this research. These methods use Kriging algorithms for interpolation of the missing value is estimated in grids of 100 x 100 m according to the database obtained from all neighbouring stations. Both air temperature data and precipitation amount data taken from 10 main stations and 13 climatological stations were synthesized in the final analysis. Climate types extracted according to the data taken from the last climatological standard period (1961-1990), and extreme values of temperature and precipitation were given for almost the whole period of instrumental observations in Montenegro (1951-2010). Locations of whole weather stations included in this analysis are shown in Figure 1.

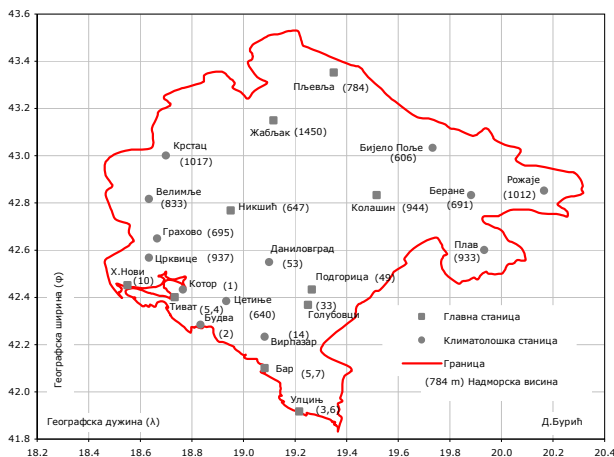


Figure 1. Locations and altitude of weather stations included in the analysis

Besides general scientific methods (analysis and synthesis), Walter Method has been used in the research procedure. The main characteristic of this method is a specific relationship between temperature and precipitation curves.

Basic Climate Modifiers of Montenegro

The climate of a certain place or region is affected by numerous factors. Climate factors modify solar or mathematical climate and turn it into real (physical) climate. They can be divided into three basic groups (Milosavljević M., 1990):

1. Astronomical climate factors are: Earth's rotation and revolution, that is, the change of the angle at which the sun rays hit the parallel during the day and a year.
2. There are numerous geographical factors: latitude, influence of water objects (oceans, seas and lakes), relief characteristics, soil type, human activities – construction of settlements, accumulations, change of plant cover.
3. Meteorological climate factors: global circulation of the atmosphere, that is, characteristics and transformations of air masses, action centres – baric systems, air composition – water vapour amount, CO₂, aerosols (dust, soot and ashes particles).

If we wished to rank these factors according to the influence they have on the climate of Montenegro, we could classify them into two groups: first-class macroclimate or climate modifiers and second-class microclimate or climate modifiers. The first ones determine the basic characteristics of Montenegro climate region. They include: astronomical factors, the Mediterranean and Adriatic Sea influence, air masses, action

centres and relief. The others modify local climate and cause the formation of microclimate within the mesoclimate – micro relief, terrain type, vegetation type, soil type, etc.

Latitude

Climate is the word derived from Ancient Greek "klima", meaning inclination, that is the angle of incidence of sunrays (Dukić D., 1999). In other words, the insolation intensity, therefore the outgoing longwave radiation, that is, surface warming rate and as well as the warming rate of the air above the surface depend, above all, upon the size of the angle of incidence of sunrays. The bigger the angle is, the more intensive the warming. If the angle of incidence is smaller, the same beam of rays will light up and warm bigger surface so, quite logically, there will be less warming. Consequently, warming intensities lie in an inverse proportion with the sunlit surfaces.

On the basis of what is said above, it can be concluded that the data about Sun height above the horizon and the length of the daylight generally represent a index of a certain place or region. The angle of incidence changes during the day and year. It is the consequence of the rotation, revolution and spheroid shape of the Earth, obliquity of the ecliptic in relation to the Sun's equator ($23^{\circ}33'$) and the orbital axis inclination toward the Earth's orbital plane ($66^{\circ}33'$). These are the primary factors that cause an unequal distribution of light and heat of the Earth's surface.

The value of the angle (γ) of incidence of Sun rays on the parallel is calculated by the formula (Penzar et al., 1996):

$$\sin \gamma = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega$$

φ - latitude;

δ - declination, i.e. the angular height of the Earth above or below the Sun (celestial) equator plane. The values of the declination for each day in the year and certain location can be found in astronomical tables. Declination ranges from $\pm 23^{\circ}27'$. The highest value is at noon local time during the summer solstice, $\delta = 23^{\circ}27'$.

ω – solar hour angle. At noon at true solar time¹ $\omega = 0$, and it increases 15° each hour.

The difference between the northernmost ($43^{\circ}32'$) and southernmost ($41^{\circ}51'$) point is $1^{\circ}41'$, which means that the mean parallel of the field to which the territory of Montenegro belongs is $\varphi = 42^{\circ}41'30''\text{N}$. On that parallel, at noon local time, applying the above formula, during the summer solstice, sunrays fall at the angle of $70^{\circ}45'30''$ ($90^{\circ} - 42^{\circ}41'30'' + 23^{\circ}27'$), while during the winter solstice that angle is $23^{\circ}51'30''$ ($90^{\circ} - 42^{\circ}41'30'' - 23^{\circ}27'$). The height of the Sun at noon above the horizon of the mean parallel during the equinox (spring and autumn) is $47^{\circ}18'30''$. In the latter mean point ($42^{\circ}41'30''\text{N}$), the longest daylight lasts for 15 hours and 20 minutes (21 June), the shortest is during the winter solstice (21 December), 9 hours, while the time interval between the sunrise and sunset at the beginning of spring and autumn is about 12 hours.

The influence of the angle of incidence of sunrays, that is the influence of latitude on the heating rate is well explained by the Lambert Law, which says: heating intensity on horizontal surface of 1 cm^2 is proportional to the sine of an angle at which sunrays fall on that surface, and it is consequently proportional to the cosine of latitude (Ducić V., Anđelković G., 2006).

Montenegro is located south from 45^{th} parallel (Figure 2), that is, in the southern part of the north climatic temperate zone. Thanks to that, there is a normal shift of night and daylight, and this region gets moderate amount of heat. Mathematical-geographical position

¹ When $\omega = 0$, this formula is used: $\gamma = 90 - \varphi + \delta$.

and the fact that this region represents the baric deformation field, as well as the vicinity of the sea and a considerable dissection of relief are primary factors of climate formation in Montenegro.



Figure 2. Geographical position of Montenegro in the Mediterranean

According to the angle of incidence of sunrays, it can be said that it is particularly large during the summer, which causes high heating intensity on the surface, as well as heating intensity on the air above. There is a significant heating intensity of the surface in the midseason and it is not insignificant in the winter, either.

It should be emphasized that the heating rate of the surface and, thus of the air above it, doesn't depend only upon the angle of incidence of sunrays and the length of insolation, as well as upon latitude. The influence of relief (the height above the sea level, exposition and terrain tilt), cloudiness, air translucency, the amount of water vapour and other factors which have a direct or indirect influence on the heating condition of the surface and air isn't irrelevant, either.

Adriatic Sea

Vast aquatories of the Adriatic and Mediterranean Sea, as well as Eurasian landmass play a great part in climate modification of Montenegro. These vast areas represent the original source of atmospheric and air mass action centres. The Atlantic and the Mediterranean Sea represent also an extremely important source of humidity. The Alps and Dinarides hinder the movement of air masses from the west toward the east and from the Mediterranean toward the north. Among geographical factors, the nearest aquatories – the Adriatic Sea and Skadar Lake, relief and the general terrain type play an important part in Montenegro climate. Rivers and other lakes have, spatially, an insignificant influence on most climate elements. Their influence is visible only in the close littoral zone.

The Adriatic is a warm sea. Maximum water temperatures are recorded in August, and minimum in January. During the summer months the southern Adriatic's surface water temperature reaches 28⁰C. In the coastal areas, in Budva and Herceg Novi, the average water temperature ranges from 25⁰C in August to 13⁰C in February.

Besides the geographical position, the warm eastern Adriatic current, which comes from the Mediterranean Sea through the Strait of Otranto and moves along the coast with the average speed of about 7 km per day, has an influence on the Adriatic's water temperature (Radojičić B., 1996).

Due to different physical characteristics, the Adriatic Sea and the surrounding landmass get warm and cool at different speeds. The specific heat capacity of water is significantly bigger than of land. Sea water is partly diathermal and, finally, convective water currents have a significant importance in thermal processes. From these reasons, the influence of insolation on the Adriatic's water is recorded up to 20 m during a day, that is, up to 70 m during a year. During the summer the Adriatic accumulates about 199 250 J/cm² of heat². The same heat energy transmits back during the cold half of a year. The thin

² The data obtained by the equation of heat balance in soil (Ducić V., Anđelković G., 2006).

surface layer of the land is the most heated one during the insolation – (the so-called) absorption active layer. The transmission of heat to the deeper layers of the land is slow, only from one particle to another. The data analysis obtained from the weather stations in Montenegro where the soil temperature is measured shows that the temperature variations of the soil are recorded up to 50-60 cm in average during a day, that is up to 10-12 m depth during a year (the data obtained by the Fourier heat equation). In an average year, the amount of accumulated heat is about 9702 J/cm^2 , which is 20.6 times less heat than the heat accumulated by the Adriatic.

The Adriatic Sea is heated slowly and weakly in the warmer part of a year but has a significantly bigger heat capacity than the land of Montenegro. It also gets colder more slowly than the land in the winter. That's why the Adriatic accumulates more heat in the summer than the land. Heat accumulated by the land radiates from the Earth until the midwinter time and therefore minimum temperatures of the surface land layers are recorded in January. The sea water records a heat loss almost from the beginning of the spring. Therefore, minimum temperatures of the Adriatic's surface water are recorded from the end of February to the beginning of March. From these reasons, the sea is warmer in the winter and colder in the summer than the land. These differences in the heat condition of the surface have a big influence on the heat condition of the air. The air above the land is much warmer than the air above the sea surface in summer in the same latitude. It's the other way round in the winter. That way, the Adriatic Sea, particularly in the narrow coasted part of the land, becomes a significant climate regulator soothing winter cold and summer heat (Burić D. et al., 2007).

The Mediterranean Sea and its inner Adriatic Sea are a significant source of humidity. Air masses coming from the southern quadrant and passing over this vast aquatory get moisture and bring a great amount of precipitation to the major part of Montenegro, particularly to mountainous hinterland of Montenegro littoral. Crkvice (937 m) located on the slopes of Orjen Mountain, most probably the wettest place in Europe³, receives nearly 5 m of rainfall in an average and in rainy years even over 8000 mm.

Relief

The relief is one of the significant climatic factors, especially if it is dissected, as in Montenegro (Figure 3). The main characteristic of the relief in Montenegro is a sudden altitude change at small distances. The relief influences the climate by its macro and meso forms. The mountains and ravines, as macro forms, have a multiple influence on climate: direction of extending, altitude, dissection, exposition, etc. Special climate characteristics come from river valleys and saddles in mountain systems. The direction of extending of mountain ranges has the biggest influence on the climate in Montenegro, as well as the dissection of relief and altitude. Other relief factors have less influence, i.e. microclimatic (Burić D. et al., 2007).

The altitude difference between the lowest point (0 m, the Adriatic Sea) and the highest one (Zla Kolata peak, Prokletije mountains) is 2534 m. With altitude increase the air temperature drops. The values of temperature gradient depend on the current synoptic situation. In higher regions, at the condensation level, the frequency and the precipitation amount is greater. The height of condensation level rises from the south to the north.

³ Specific discharge within the drainage basin of the Norwegian river Norddalselva is 188 l/s/km^2 , a Europe maximum. According to this and other data and using the appropriate formulas, it is estimated that the precipitation amount is 6 550 mm (Dukić D., Gavrilović Lj., 2006).

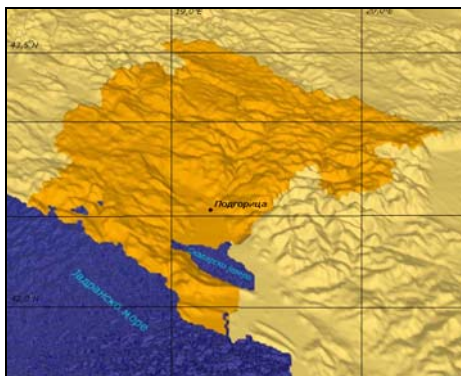


Figure 3. Three-dimensional image of the relief (3D model) in Montenegro (Burić D. et al., 2007)

In other words, the precipitation amount rises on the mountains near the sea with altitude increase up to about 1100-1150 m, and then drops. On the mountains far away from the sea, the precipitation amount is rising with altitude increase up to about 1500-1600 m, and then drops. The length and the intensity of insolation, as well as outgoing radiation, depend on the relief. The southern slopes of hills receive the highest amounts of heat while other expositions receive smaller amounts.

Air circulation

Montenegro is located in temperate latitudes where the weather is mostly due to a shift in air masses. The shift is a part of general and regional atmospheric circulation, that is, by the large-scale vortices- cyclones and anticyclones. These factors, besides the latitude, relief and the Adriatic (Mediterranean) represent the most important factors which influence the weather and climate in Montenegro.

General atmospheric circulation causes a continuous zone distribution of air pressure. Montenegro is located between two permanent active and action atmospheric centres which have dynamic origins – the Azores High (area of high air pressure in subtropical latitudes) and the Icelandic Low (area of low air pressure in subpolar latitudes). This position of Montenegro causes intensive circulation of air masses over the country, that is, the exchange of tropical air from low latitudes and polar air from high latitudes.

Unequal heating of vast landmasses and water bodies causes the development of seasonal action centres. Montenegro is located among such baric centres of the atmosphere. In eastern, northern and central parts of Eurasia the temperature drops down to 50⁰C below zero. The long-lasting stability of the atmosphere and the coldness cause the development of the Siberian High. The ridge of this anticyclone stretches far westward and south-westward. In that period of the year air pressure over the warm Atlantic is low. Montenegro is then under the influence of the Icelandic Low. In the summer, due to the movement of the subtropical ridge of high pressure northward and the cooling influence of the Atlantic, the Azores High dominates. Both during the summer and winter, due to these differences in distribution of air pressure, Montenegro is alternatively affected by the Atlantic and Eurasian landmass.

The weather conditions over the Mediterranean Sea are similar to the Atlantic. The air pressure over the Mediterranean in the colder part of the year is low. The Mediterranean is also well-known for an intensive cyclonic activity, particularly its western part and the region of the Gulf of Genoa. Although, during the winter, contrary to the average conditions, the high pressure field may develop over the Balkan Peninsula. The weather is

nice then and the stability of the atmosphere may last for many days. In the summer, the Mediterranean is under the influence of the Azores High which causes long-lasting weather stability. The weather and climate in Montenegro is also affected by the warm air streams rich with desert dust from North Africa.

According to these facts, the Icelandic and Mediterranean Lows, as well as the cyclones which develop in the Gulf of Genoa have the greatest influence on the weather in Montenegro. In the summer the Azores High, in the winter the Siberian High and the anticyclones over Central and East Europe and over North Africa affect the weather in Montenegro, too. The centre of Icelandic Low is usually over the North Sea or Norwegian Sea. It usually reaches Montenegro with its south-western periphery and then the strong south-western high altitude streams develop. In such synoptic situations a long-lasting rainfall occurs- 4 to 6 days.

The Mediterranean Low has a seasonal character. To be more precise, these are the sequences and series of depressions coming from the west, most often over the Bay of Biscay and the Garonna Valley and move forward to the Gulf of Lion and to the Ligurian Sea. The cyclones in the Mediterranean usually come from the well known area of cyclogenesis in North Africa (Algeria and Tunis) and they develop under the influence of the big Atlas mountain range. The track of the cyclone divides into two parts in the Ligurian Sea and in the Gulf of Genoa. One part moves southward toward the Tyrrhenian Sea. A bigger number of cyclones from the Ligurian Sea keep moving over Lombardy to the northern Adriatic. In the Gulf of Rijeka this track divides into three parts. The weather conditions in Montenegro, particularly in the southern region are influenced by the track moving along the southern Adriatic – Vd track, according to Van Bebber (Milosavljević M., 1972, pp. 187). It should be pointed out that, according to the movement patterns, cyclones are characteristic for the southern Adriatic, too (Radinović Đ., Lalić D., 1959). Cyclones from the Ligurian Sea and the Gulf of Genoa bring abundant precipitation to the coastal area and central parts of Montenegro, particularly by the end of autumn and at the beginning of winter. The area of low pressure is often developed over the Adriatic Sea and western Mediterranean.

The Gulf of Genoa is a significant area of cyclogenesis. Čadež M. (1964) points out that the cyclones which develop in the Gulf of Genoa belong to the group of orographic cyclones because they are formed under the influence of the Alps. The Genoa cyclone doesn't last long, but it develops and dissipates fast. When it is active, precipitation in the southern part of Montenegro (Podgorica – Skadar ravine and coastal area) doesn't last long, 1 to 3 days, but it is more intensive. During the development of the Genoa cyclone, winds are blowing from southern and south-eastern direction, sometimes in gusts and they are very strong.

Besides the Ligurian Sea and the Gulf of Genoa, there are other significant areas of cyclogenesis: northern (the Gulfs of Rijeka and Trieste) and southern Adriatic, the Tyrrhenian Sea and Aegean Sea. The cyclones which develop in the Pannonian and Romanian Plains and in the Black Sea are less significant for the weather in Montenegro.

Contrary to the cyclones which develop on the main fronts (these cyclones in tepid latitudes develop on polar and arctic front), anticyclones develop and maintain either by the radiational cooling of air over vast areas – thermal anticyclones, or by the air inflow into the higher layers of troposphere – dynamic anticyclone in the subtropics or by both reasons – thermodynamic anticyclones.

The Azores High is a permanent active centre of atmosphere, it is rather stable and it brings clear and warm weather. Summers are warm due to the high clearness of the sky and in lower regions are even warmer. The centre of the Siberian High is often in Yakutsk region. It is quite large and stable with the atmospheric pressure in the centre often above 1040 millibars. It belongs to the group of thermal anticyclone and it is active in the winter.

In the winter the ridge of this anticyclone sometimes extends over the Balkan Peninsula. In such conditions, when the anticyclone above the Central Europe is active and the cyclone above the Adriatic Sea and western Mediterranean is also active, high values of baric and temperature gradients are present over the Balkan Peninsula, especially over Montenegro. In these synoptic situations in Montenegro an intensified and at moments strong wind that originates in the north blows in gusts.

The anticyclone above the north of Africa and the depression in the north Mediterranean cause the wind to blow from southern or south-eastern quadrant in the front part of the cyclone. What happens in these air circulation conditions is that the warm and dry air rich in desert dust becomes taken from the Sahara. Then in major parts of Montenegro, especially in southern parts, the rain is dusty and yellow.

The weather is just like the coming air mass, hot or cold, moist or dry (Milosavljević M., 1972). This shows the importance of air masses for the weather and climate. Therefore, it can be concluded that the circulation of the atmosphere represents one of the major meteorological factors, if not the most important one, which affects the weather.

As it is said above, Montenegro represents a deformation field because it is located in the middle and between the permanent and seasonal baric centres. The central position of Montenegro causes the transition and confrontation (mixing) of different types of air masses. Cold polar and warm tropical air penetrates this region. The cold polar air mostly comes from Fenno-Scandinavia or Central and Eastern Europe, also from temperate or higher latitudes of the Atlantic Ocean and from Siberia (though rarely). The warm tropical air originates from the Azores, the Mediterranean and from North Africa. It is clear that cyclic changes of the basic types of atmospheric circulation in the northern hemisphere cause certain hydrothermal deviations in Montenegro and elsewhere.

The scientific opinion has certain doubts that the possible anthropogenic greenhouse effect causes the changes of the atmospheric circulation (IPCC, 2007; Enfield, Cid-Serano, 2010). But many researches point out that the atmospheric circulation is under the influence of the oscillation of natural factors (Delworth, Mann, 2000; Ducić V., Radovanović M., 2005; Ducic et al., 2007; Lindzen, Rondaneli, 2007; Ducić V., 2008; Baldwin, Thompson, 2009; Burić D. et al., 2011; Ducic et al., 2012; Muller et al., 2013).

Two extreme examples could describe in the best possible way the influence of circulation processes on weather in Montenegro. The first example shows extremely high temperatures during the summer of 2003 and especially 2007, and the second extremely high precipitation in 2010.

''Blocking patterns'' are often formed over Montenegro and all over the region during the summer causing stable weather for a long period of time. A particularly blocking situation happened during the July of 2007 and the second half of August the same year. The cause of the heat waves was the strong high pressure field. The warm air from the south and southeast amplified the strength and maintenance of the heat wave which caused extremely hot weather in Montenegro. The amplification of thermobaric ridge in the high altitude air stream from southwest caused the advection of warm air and temperature increase from day to day (Figure 4, left). There were eight consecutive days with daily temperature maxima above 40⁰C in Podgorica from 16 July to the end of August. There were significant heat waves during these two months (interval of 5 days consecutive with temperature maximum higher than 5⁰C relative to average daily maxima). The air temperature reached peak values in many parts of Montenegro during the year and since the beginning of instrumental observations, mostly on 23 and 24 August in 2007, when absolute temperature maximum reached 44,8⁰C (24 August) in Podgorica.

Unkašević and Tošić (2011) point out that a heat wave hit Serbia during the period from 14 to 24 July, 2007. The air temperature reached 44,9°C in Smederevska Palanka that year. This is the absolute temperature ever recorded in Serbia.

The second example of these circulation processes which affected the weather occurred in 2010 when floods were reported for three times in Montenegro – in January, November and December. According to the available data, this is so far the maximum occurrence of this weather condition in one year. The high altitude air streams in barometric depressions have a bigger impact on precipitation rather than surface air streams. When the region of Montenegro is under the influence of extended and deep baric trough and strong cyclonic circulation on the surface, the weather conditions are unstable and with high amount of precipitation. Such an atmospheric structure (strong surface and high altitude circulation) dominated by the end of 2010. During the November and December of 2010, a series of cyclones caused the high amount of precipitation in major parts of Montenegro. The precipitation sums during these two months caused that the year of 2010 was the wettest year in Crkvice, Bar, Podgorica, Nikšić, Cetinje and Žabljak, and the second in sequence in Herceg Novi, Ulcinj and Kolašin. The total precipitation amount in 2010 varied from 664 mm in Pljevlja to 9105 mm in Crkvice.

The synoptic situation on 30 November and 1 December in 2010 was characterized by a strong southwest stream within the high altitude trough and by the cyclogenesis in the Ligurian Sea and the Gulf of Genoa (Figure 4, right). This cyclonic activity caused high amounts of precipitation in many parts of Montenegro, storm and strong winds from the south which blew in gusts and hot weather for this time of year. During the period of 30 hours, from 7 o'clock a.m. on 30 November to 1 o'clock p.m. on 1 December almost all meteorological stations in southern and central parts registered above 100 mm of precipitation. The highest amount of rainfall was recorded in Crkvice (719 mm) and in Cetinje (384 mm). The hydrological situation was further deteriorated by the melting of the snow cover in higher mountain regions with the snow cover heights from 10 – 50 cm.

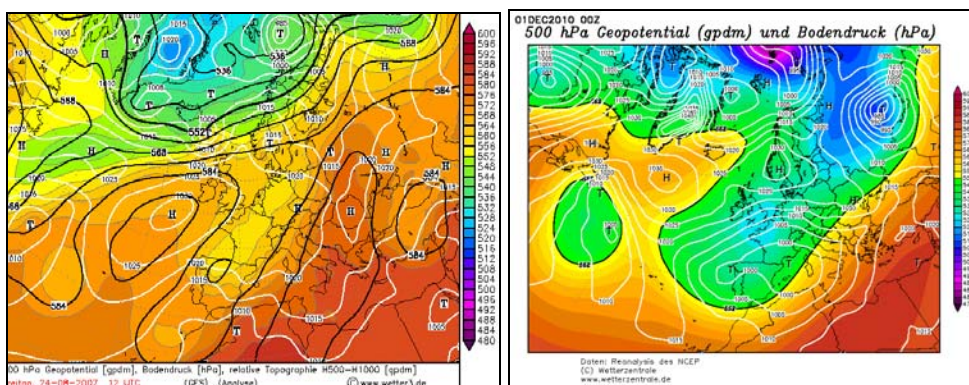


Figure 4. The structure of the atmosphere on the sea level and 500 hPa height on 24 August 2007 (left) and on 1 December 2010 (right)

Such a meteorological combination – high amounts of rainfall and the melting of the snow cover in upper (mountainous) parts of river basins caused the sudden influx of water in lakes and river troughs, that is the flood stage increase on hydrological objects and floods unheard of in flat regions near the underflow of the Morača River – the southern part of the Zeta Valley. Floods were present in the coastal area of the Bojana, Zeta, Lim River and in the Nikšić Karst Field (Burić D. et al. 2014).

Conclusion

The geographical position, the atmospheric circulation within the cyclonic and anticyclonic activity, morphological characteristics and the sea vicinity are the primary factors which have an impact on the climate in Montenegro. The warm air which comes from the south gets moisture over the Mediterranean Sea and the Adriatic Sea so that sudden streams cause the winter to be moist, mild or moderate cold in lower altitudes. The continental influence comes from the north, mostly in the winter as cold and dry air (north wind). The Mediterranean lows and Icelandic Low have a great impact on the weather and the climate of Montenegro, as well as the anticyclones with their centres over the Azores, Central and Eastern Europe and sometimes the Siberian High. The great clearness of the sky, limestone barren lands, especially in south-western parts of Montenegro, same as boulder sand terrains in the Podgorica ravine cause the air and surface to get significantly warm, so the summers in lower altitudes become very hot and mostly dry.

Reference

- Baldwin, M.P. and Thompson, D.W.J. (2009). A critical comparison of stratosphere-troposphere coupling indices. *Journal of the Royal Meteorological Society*, 135, 1661-1672.
- Бурић, Д., Ивановић, Р., Митровић, Ј. (2007). *Клима Подгорице*. Хидрометеоролошки завод Црне Горе, Подгорица.
- Бурић, Д., Дуцић, В., Луковић, Ј. (2011). *Колебање климе у Црној Гори у другој половини XX и почетком XXI вијека*. Црногорска академија наука и умјетности, Подгорица.
- Бурић, Д., Дуцић, В., Додеровић, М. (2014). Поплаве у Црној Гори крајем 2010. године са освртом на колебање протицаја Мораче. *Гласник Одјељења природних наука, Црногорска академија наука и умјетности*.
- Дукић, Д. (1999). *Климатологија*, Научна књига, Београд.
- Дукић, Д., Гавриловић, Јб. (2006). *Хидрологија*. Завод уџбенике и наставна средства, Београд.
- Дуцић, В., Радовановић, М. (2005). *Клима Србије*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Дуцић, В., Анђелковић, Г. (2006). *Климатологија, Практикум за географе*. Географски факултет Универзитета у Београду, Београд.
- Ducic, V., Milovanovic, B., Lukovic, J. (2007). Connection between ENSO index, NAO index and decadal-scale variability of precipitation in Serbia. in: Proceedings of the Third International Conference- Global changes and regional challenges, Sofia, Bulgaria, 28-29. April 2006, стр. 137-142.
- Дуцић, В. (2008). Савремена колебања глобалне климе - утицај људи или природе, *Астрономски магазин*, 34, Нови Сад, стр. 22-25.
- Ducic, V., Lukovic, J., Burić, D., Stanojević, G., and Mustafić, S. (2012). Precipitation extremes in the wettest Mediterranean region (Krivošije) and associated atmospheric circulation types, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12: 687-697. doi:10.5194/nhess-12-687-2012.
- Delworth, T.L. and Mann, M.E. (2000). Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere. *Climate Dynamics*, 16(9): 661-676.
- Enfield, D.B. and Cid-Serrano, L. (2010). Secular and multidecadal warmings in the North Atlantic and their relationships with major hurricane activity. *Int. J. Clim.*, 30: 174-184.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Lindzen, R., and Rondanelli, R. (2007). Climate Sensitivity and Observed Negative Feedbacks, Program in Atmospheres, *Oceans and Climate, MIT, IGP, Pariz*, pp. 1-51.
- Милосављевић, М. (1963). *Климатологија*, Научна књига, Београд.
- Милосављевић, М. (1972). *Метеорологија*, Научна књига, Београд.

- Muller, A.R., Curry, J., Groom, D., Jacobsen, R., Perlmutter, S., Rohde, R., Rosenfeld, A., Wickham, C., Wurtele, J. (2013). Decadal Variations in the Global Atmospheric Land Temperatures. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 118(11): 5280–5286.
- Радојичић, Б. (1996). *Географија Црне Горе, Природна основа*. Унирекс, Никшић.
- Радиновић, Ђ, Лалић, Д., (1959). Циклонске активности у западном Средоземљу, *Расправе 7*, СХМЗ, Београд.
- Penzar, B., Bratanić, A., Fugaš, M., Furić, K., Gajić Čapka, M., Gelo, B., Gomzi, M., Hrbak Tumpa, G., Juras, J., Jurčev, V., Katušin, Z., Lisac, I., Lončar, E., Lukšić, I., Pandžić, K., Penzar, I., Pleško, N., Poje, D., Sijerković, M., Vukelić, Z., Žibrat, Z. (1996). *Meteorologija za korisnike*. Školska knjiga, Zagreb.
- Szentimrey, T. (2003). Multiple analysis of series for homogenization (MASH); Verification procedure for homogenized time series, in: Fourth seminar for homogenization and quality control in climatological databases. Budapest, Hungary, *WMO-TD No. 1236, WCDMP No. 56*: 193–201.
- Szentimrey, T., Bihari, Z. (2007). „Mathematical background of the spatial interpolation methods and the software MISH (Meteorological Interpolation based on Surface Homogenized Data Basis)”, Proceedings of the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology, Budapest, Hungary, COST Action 719, *COST Office*, 17-27.
- Unkašević, M. and Tošić, I. (2011). The maximum temperatures and heat waves in Serbia during the summer of 2007. *Climatic Change*, 108: 207–223. DOI: 10.1007/s10584-010-0006-4.
- Чадеж, М. (1964). *Време у Југославији*. Институт за метеорологију, Београд.

КЛИМА ЦРНЕ ГОРЕ: МОДИФИКАТОРИ И ТИПОВИ – ПРВИ ДЕО

ДРАГАН БУРИЋ¹, ВЛАДАН ДУЦИЋ², ЈОВАН МИХАЈЛОВИЋ²

¹Хидрометеоролошки завод Црне Горе, IV пролетерске 19, Подгорица, Црна Гора

²Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд, Србија

Сажетак: Циљ овог рада био је да се укаже на основне модификаторе и типове климе Црне Горе. Могло би се рећи да је ретко где на мањем простору заступљено више климатских типова са неколико подтипова и варијетета као што је то овде. У првом делу рада разматрани су најзначајнији модификатори климе Црне Горе, а то су: математичко-географски положај, рашчлањеност и дисецираност рељефа, циркулација атмосфере и Јадранско море. Велику улогу у модификовању климе на простору Црне Горе имају акваторије Атлантика и Средоземног мора, као и Евроазијско копно. Ова огромна пространства представљају изворишне области акционих центара атмосфере и ваздушних маса.

Кључне речи: клима, модификатори, типови, Кепен, Црна Гора.

Увод

Црна Гора је земља разноврсности у сваком погледу, па и климатском. Овде се запажа прави „климатски архипелаг”, где се са медитеранског и субмедитеранског прелази на умерено-континентални, континентални, субпланински и планински тип климе. То је последица њеног положаја, рашчлањености и дисецираности рељефа, премештања и сучељавања ваздушних маса различитих физичких особина, близине мора, карактера подлоге и других фактора.

Клима је основна физичка компонента географске средине, која има утицаја на остале елементе: формирање и састав земљишта, богатство воде на копну, формирање појединих облика рељефа (речних, крашких, еолских, ледничких), биодиверзитет итд. С обзиром на то да су време и клима значајне детерминанте целокупног живота људи, овим радом смо покушали да дамо основу за даља проучавања у оквиру других наука и привредних делатности - водопривреди, туризму, пољопривреди, енергетици, планирању простора и другим делатностима од важности за развој појединих места и Црне Горе у целини.

База података и методологија истраживања

Мађарска метеоролошка служба је развила два софтверска пакета за испитивање хомогености и екстраполацију низова метеоролошких података, MASH и MISH метод. Првобитне верзије оба софтверска пакета су модификоване (Szentimrey, 2003; Szentimrey, Bihari, 2007), а коначне су аутори презентовали у оквиру обуке „Примена климатолошких метода за интерполацију и хомогенизацију”, која је одржана од 2. до 5. фебруара 2010. године у Будимпешти. Након тестирања неколико метода за ове намене, а у циљу једнообразности, Светска метеоролошка организација (WMO - World Meteorological Organization) је препоручила коришћење MASH v3.02 и MISH v1.02.

За потребе овог рада примењена су оба метода. Поменути методи користе Кригинг алгоритме за интерполацију и на бази података свих околних станица врши се процена недостајуће вредности у гридовима од по 100 x 100 m. У финалну анализу синтетизовани су подаци о температури ваздуха и количини падавина са 10 главних и 13 климатолошких станица. Типови климата су издвојени на основу података последњег стандардног климатског периода (1961-1990), а екстремне вредности температуре и падавина су дате готово за читав период инструменталних осматрања у

Црној Гори (1951-2010). На слици 1 дате су локације метеоролошких станица укључених у анализу.

Слика 1. Локације и надморска висина метеоролошких станица укључених у анализу

Осим општих научних метода (анализа и синтеза), у поступку истраживања коришћен је метод Валтера (Walter). Основна специфичност овог метода огледа се у томе што се криве температуре и падавина налазе у одређеном односу.

Основни модификатори климе Црне Горе

На климу неког места или подручја утичу бројни фактори. Климатски фактори су они чиниоци који модификују соларну или математичку климу и претварају је у стварну (физичку или реалну). Они се могу поделити у три основне групе (Милосављевић М., 1990):

4. Астрономски климатски чиниоци су: ротација и револуција Земље, односно промена угла под којим падају Сунчеви зраци на дати упоредник у току дана и године.

5. Географски фактори су бројни. То су: географска ширина, утицај водених објеката (океана, мора, језера), рељефне карактеристике, карактер подлоге, делатности човека – изградња насеља, акумулација, промена биљног покривача.

6. Метеоролошки климатски фактори су: општа циркулација атмосфере, односно особине и трансформација ваздушних маса, акциони центри - барички системи, састав ваздуха - садржај водене паре, CO_2 , аеросоли (честице прашине, чађи, пепела).

Ако бисмо ове факторе рангирали по величини утицаја на климу Црне Горе, могли бисмо их сврстати у две групе: макроклиматски или климатски модификатори првог реда и микроклиматски или климатски модификатори другог реда. Први одређују основне карактеристике климата црногорског простора. То су: астрономски фактори, утицај Средоземног и Јадранског мора, ваздушне масе, акциони центри атмосфере и рељеф. Други модификују локалну климу и условљавају формирање микроклима у оквиру мезоклиме - микрорељеф, врста подлоге, тип вегетације, тип земљишта и други.

Географска ширина

Појам „клима” је грчког порекла и у изворном смислу значи нагиб, односно упадни угао Сунчевих зрака на Земљину површину (Дукић Д., 1999). Другим речима, интензитет инсолације, а тиме и израчивања топлоте, односно степен загрејаности подлоге, па тиме и ваздуха изнад ње, зависе, пре свега, од величине упадног угла Сунчевих зрака. Што је тај угао већи и загревање је веће. Уколико је угао Сунчевих зрака мањи, утолико ће исти сноп зрака обасјавати и загревати већу површину, па је логично да ће и загревање бити мање. Дакле, интензитети загревања стоје у обрнутом односу са обасјаним површинама.

На основу претходно изнетог, може се закључити да подаци о висини Сунца над хоризонтом и трајању обданице представљају добар показатељ климе датог места или простора, генерално. Упадни угао Сунчевих зрака се мења у току дана и године. То је последица: ротације, револуције и лоптастог облика Земље, нагнутости еклиптике у односу на раван Сунчевог екватора ($23^{\circ}33'$) и нагиба осе ротације према равни Земљине путање ($66^{\circ}33'$). Ово су примарни фактори који условљавају неједнаку расподелу светлости и топлоте на Земљиној површини.

Вредност угла (γ) под којим падају Сунчеви зраци на дати упоредник израчунава се преко формуле (Penzar i dr., 1996):

$$\sin \gamma = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega$$

φ - географска ширина;

δ - деклинација, тј. угловна висина Земље изнад или испод равни Сунчевог (небеског) екватора. Вредности деклинације за сваки дан у години и дато место, могу се наћи у астрономским таблицама. Деклинација се креће у границама $\pm 23^{\circ}27'$, Највећу вредност има у подне по локалном времену за време летњег солстицијума, $\delta = 23^{\circ}27'$.

ω – сатни угао Сунца. У подне по Сунчевом (локалном) времену⁴ $\omega = 0$, а сваког сата се повећава за 15° .

Разлика између најсеверније ($43^{\circ}32'$) и најјужније ($41^{\circ}51'$) тачке је $1^{\circ}41'$, што значи да је средњи упоредник поља коме припада територија Црне Горе $\varphi = 42^{\circ}41'30''N$. На тој паралели, у подне по локалном времену, применом претходне формуле, за време летњег солстицијума Сунчеви зраци падају под углом од $70^{\circ}45'30''$ ($90^{\circ}-42^{\circ}41'30''+23^{\circ}27'$), док је за време зимског солстицијума тај угао $23^{\circ}51'30''$ ($90^{\circ}-42^{\circ}41'30''-23^{\circ}27'$). Подневна висина Сунца над хоризонтом средишње паралеле током еквиноцијума (пролећног и јесењег) је $47^{\circ}18'30''$. У поменутој средишњој тачки ($42^{\circ}41'30''N$), најдужа обданица траје 15 сати и 20 минута (21. јун), најкраћа је током зимског солстицијума (21. децембар), 9 часова, док је време од изласка до заласка Сунца почетком пролећа и јесени око 12 часова.

Утицај упадног угла Сунчевих зрака, односно географске ширине на степен загревања добро објашњава Ламбертов закон, који гласи: интензитет загревања на хоризонталној површини од 1 cm^2 пропорционалан је синусу угла под којим Сунчеви зраци падају на ту површину, односно пропорционалан је косинусу географске ширине (Дуцић В., Анђелковић Г., 2006).

Црна Горе се, дакле, налази јужно од 45 паралеле (слика 2), односно у јужном делу северног умереног климатског (топлотног) појаса. Захваљујући томе одвија се нормална смена ноћи и обданице, а овај простор добија умерену количину топлоте. Математичко-географски положај и чињеница да овај простор представља баричко деформационо поље, али и близина мора и знатна дисецираност рељефа, примарни су фактори формирања климата Црне Горе.

Слика 2. Географски положај Црне Горе у Медитерану

С обзиром на упадни угао Сунчевих зрака, може се рећи да је он нарочито велики током лета, што утиче на велику загрејаност подлоге, а самим тим и ваздуха изнад ње. Значајна загрејаност подлоге је и у прелазним годишњим добима, а није безначајна и у току зиме.

Треба напоменути да степен загрејаности подлоге, а тиме и ваздуха изнад ње, не зависи само од упадног угла Сунчевих зрака и дужине трајања осунчавања, односно од географске ширине. Није занемарљив утицај рељефа (надморска висина, експозиција, нагиб терена), облачности, прозрачности ваздуха, количине водене паре и других фактора који директно или индиректно утичу на топлотно стање подлоге и ваздуха.

Ј

⁴ Када је $\omega = 0$, користи се образац: $\gamma = 90 - \varphi + \delta$.

Јадранско море

Велику улогу у модификовању климе Црне Горе имају и географски фактори – простране акваторије Антлантика и Средоземног мора, као и Евроазијско копно. Ова огромна пространства представљају изворне области акционих центара атмосфере и ваздушних маса. Атлантук и Средоземно море су и изузетно важни извори влаге. Зонално кретање ваздушних маса са запада према истоку и од Средоземља ка северу отежавају Алпи и Динариди. Међу географским факторима су свакако од значаја и најближе водене површине - Јадранско море и Скадарско језеро, рељеф и општи карактер подлоге. Реке и друга језера имају, просторно, релативно мало дејство на већину климатских елемената. Њихов утицај се осећа у ужем приобалном појасу.

Јадран спада у ред топлих мора. У току године максималне температуре воде јављају се у августу, а минималне у фебруару. У летњим месецима површинска температура воде јужног Јадрана достиже и до 28⁰С. У обалном појасу, код Будве и Х. Новог, просечна температура воде износи око 25⁰С у августу, односно око 13⁰С у фебруару.

На топлоту воде Јадрана, осим његовог положаја, утицај има и топла, источнојадранска морска струја, која долази из Средоземног мора кроз Отрантска врата и креће се дуж обале просечном брзином око 7 km на дан (Радојичић Б., 1996).

Због различитих физичких особина, Јадранско море и суседно копно се различитом брзином загревају и хладе. Запреминска специфична топлота воде је знатно већа него копна. Морска вода је донекле дијатермна и, најзад, велики значај у топлотним процесима имају и конвективне водене струје. Из тих разлога, утицај инсолације у води Јадранског мора осети се до око 20 m у току дана, односно до око 70 m дубине у току године. У летњем делу године Јадран акумулира око 199 250 J/cm² топлоте⁵. Та иста топлота се изда у хладнијој половини године. Код копна се при инсолацији највише загреје танак површински слој - апсорпциони активни слој. Преношење топлоте у дубље слојеве копна врши се споро, само са честице на честицу. Анализа података са метеоролошких станица у Црној Гори на којима се мери температура земљишта, показала је да се колебања температуре у земљишту осете у просеку до око 50-60 cm у току дана, односно до око 10-12 m дубине у току године (податак добијен преко Фуриерове једначине). У просечној години, количина акумулиране топлоте копна износи око 9702 J/cm², што је за 20,6 пута мање у односу на топлоту коју акумулира Јадран.

Дакле, Јадранско море се, у топлијем делу године, споро и слабо загрева, али има знатно већи топлотни капацитет од црногорског копна. Исто тако се, у хладнијем делу године, спорије хлади од копна. То утиче да Јадран у летњем делу године акумулира знатно већу количину топлоте од копна. Топлота коју копно акумулира израчи се до средине зиме, па се тада, током јануара, и јављају минималне температуре површинског слоја тла на простору Црне Горе. Топлота морске воде троши се готово до почетка пролећа. Тада се, крајем фебруара или почетком марта, и јављају минималне температуре површинског слоја воде Јадрана. Из ових разлога, море је зими топлије, а лети хладније од копна. Те разлике у топлотном стању подлоге имају велики утицај на топлотно стање ваздуха. На истој географској ширини, ваздух изнад копна је лети много топлији него изнад водене површине. Зими је обратно. На тај начин се Јадранско море, пре свега у узаном приморском делу копна, јавља као значајан регулатор климе, делујући ублажујуће на зимске хладноће и летње врућине (Бурић Д. и др., 2007).

⁵ Податак добијен преко једначине биланса топлоте у подлози (Дуцић В., Анђелковић Г., 2006).

Средоземно и његово унутрашње Јадранско море су и значајани извори влаге. Ваздушне масе које долазе из јужног квадранта, прелазећи преко ове огромне акваторије, навлаже се и доносе велику количину падавина већем делу Црне Горе, посебно планинском залеђу приморја. Тако се у Црквицама (937 m) на падинама Оријена, највероватније најкишовитијем месту у Европи⁶, у просечној години излучи близу 5 m воденог талога, а у кишним годинама и преко 8000 mm.

Релјеф

Релјеф је један од значајнијих климатских фактора, посебно ако је рашчлањен и дисециран, као што је у Црној Гори (слика 3). Основна карактеристика релјефа Црне Горе је нагла висинска промена на малим растојањима. Релјеф на климу утиче својим макро и мезо формама. Планине и котлине, као макро форме, на климу утичу вишеструко: правцем пружања, надморском висином, рашчлањеношћу, експозицијом итд. Посебне климатске карактеристике долазе речним долинама и превојима у планинским системима. На климу Црне Горе највећи утицај има правац пружања планинских венаца, рашчлањеност релјефа и надморска висина. Остали релјефни фактори имају мањи значај, микроклиматски (Бурић Д. и др., 2007).

Висинска разлика између најниже (0 m, Јадранско море) и највише (врх Зла Колата, Проклетије) тачке износи 2534 m. Са порастом надморске висине температура ваздуха опада. Вредности термичког градијента зависе од постојеће синоптичке ситуације. У вишим пределима, до нивоа кондензације, већа је учесталост и количина падавина. Висина нивоа кондензације се повећава од југа према северу.

Слика 3. Тростандардни приказ релјефа (3Д-модел) Црне Горе (Бурић Д. и др., 2007)

Другим речима, на планинама близу мора количина падавина се повећава са висином до око 1100-1150 m, а затим опада. На планинама које су даље од мора количина падавина се повећава са висином до око 1500-1600 m, а затим опада. Од релјефа знатно зависи трајање и интензитет инсолације, а тиме и радијације. Највише топлоте добијају јужне стране узвишења, а остале експозиције мање.

Циркулација ваздуха

Црна Гора лежи у умереним географским ширинама, где је време у највећој мери условљено сталном разменом ваздушних маса. Та размена се врши у склопу опште и регионалне атмосферске циркулације, односно посредством вртлога великих размера - циклона и антициклона. Ови чиниоци, уз географску ширину, релјеф и Јадран (Медитеран), представљају најзначајније факторе који утичу на време и климу Црне Горе.

Општа атмосферска циркулација условљава сталну зоналну расподелу ваздушног притиска. Црна Гора се налази између два стална активна или акциона центра атмосфере, која су динамичког порекла - Азорског антициклона (област високог ваздушног притиска у суптропским ширинама) и Исландске депресије (област ниског ваздушног притиска у субполарним ширинама). Овакав положај Црне Горе условљава да се преко ње одвија интензивна циркулација ваздушних маса, односно смењивање тропског ваздуха из нижих и поларног из виших ширина.

⁶ Специфични отицај у сливу норвешке реке Норддалселв износи 188 l/s/km², максимум у Европи. На основу овог и других података, користећи одговарајуће обрасце, процењено је да се у сливу ове реке излучи око 6 550 mm падавина (Дукић Д., Гавриловић Љ., 2006).

Неједнако загревање великих копнених и водених маса условљава појаву акционих центара сезонског карактера. Црна Гора се налази и између таквих баричких центара атмосфере. У источним, северним и централним деловима Евроазије зими се температура ваздуха спушта и до 50⁰С испод нуле. Дуготрајнија стабилност атмосфере и хладноћа су узрок формирања Сибирског антициклона. Гребен овог антициклона зна се пружити далеко ка западу и југозападу. У том периоду године над топлијим Атлантиком ваздушни притисак је низак. Тада се у нашим крајевима осећа утицај Исландске депресије. Лети, услед померања суптропског појаса високог притиска ка северу и расхлађујућег утицаја Атлантика, доминира Азорски антициклон. Дакле, и лети и зими преко Црне Горе се, због ових разлика у расподели ваздушног притиска, осећају наизменични утицаји Атлантика и Евроазијског копна.

Слично Атлантику понаша се и Средоземно море. Над Средоземним морем је у хладнијем делу године низак ваздушни притисак. Средоземље је познато и по интезивној циклонској активности, посебно његов западни део и подручје Ђеновског залива. Мада се зими, за разлику од поменутог просечног стања, над Балканским полуострвом може формирати и поље високог ваздушног притиска. Тада је лепо време и та стабилност атмосфере зна да потраје и више дана. Лети је Средоземље под утицајем Азорског антициклона, који условљава дуготрајнију стабилност времена. На време и климу у Црној Гори утицаја има и северна Африка, одакле долазе таласи топлог ваздуха, богатог пустињском прашином.

Из предходног излази да највећи утицај на време у Црној Гори имају Исландска и Медитеранска депресија, као и циклони који се формирају у Ђеновском заливу, потом лети Азорски, а зими Сибирски и антициклони изнад Средње и Источне Европе, као и Северне Африке. Исландска депресија има центар обично изнад Северног или Норвешког мора. Она обично југоисточном периферијом обухвата подручје Црне Горе, и тада по висини постоје јаке југозападне струје. У таквој синоптичкој ситуацији се јављају дуготрајније падавине - 4 до 6 дана.

Медитеранска депресија има сезонски карактер. Прецизније, у питању су низови или серије депресија које долазе са запада, најчешће преко Бискаја и долине Гароне, а даље се крећу ка Лионском заливу и Лигурском мору. Такође, циклони у Медитерану махом потичу и из познате циклогенетске области у северној Африци (Алжир и Тунис), који се стварају под утицајем великог планинског масива Атласа. У Лигурском мору и Ђеновском заливу путања ових циклона се рачва у два крака. Један крак иде ка југоистоку, према Тиренском мору. Већи број циклона из Лигурског мора наставља да се креће преко Ломбардије до северног Јадрана. У Ријечком заливу се ова путања рачва у три крака. За временске прилике у Црној Гори, посебно у јужним пределима, од значаја је путања која иде дуж источног Јадрана - путања Vd по Van Вебегу (Милосављевић М., 1972, стр. 187). Треба истаћи да се по једној шеми кретања циклона истиче и јужни Јадран (Радиновић Ђ., Лалић Д., 1959). Циклони из Лигурског мора и Ђеновског залива доносе велике количине падавина приморју и централним деловима Црне Горе, посебно крајем јесени и почетком зиме. Мада, зими је над читавим Јадраном и западним Медитераном често развијена ваздушна депресија.

Ђеновски залив је и значајно циклогенетско подручје. Чадеж М. (1964) истиче да циклони који се формирају у Ђеновском заливу припадају групи орографских, јер се формирају под утицајем Алпа. Ђеновски циклон се не задржава дуго, али се брзо формира и брзо изчезава. Када је он активан, падавине у јужном делу Црне Горе (Подгоричко - Скадарска котлина и приморје) не трају дуго, 1 до 3 дана, али су интензивније. За време активирања Ђеновског циклона дувају ветрови из јужног и југоисточног правца, некада на ударе и веома јаки.

Осим Лигурског мора и Ђеновског залива, као значајне циклогенетске области издвајају се: северни (Ријечки и Тршћански залив) и јужни Јадран, Тиренско и Егејско море. На време у Црној Гори много мањи значај имају циклони створени у Панонској и Влашкој низији и Црном мору.

За разлику од циклона који се стварају на главним фронтовима, а то је у нашим ширинама на поларном и арктичком, антициклони настају и одржавају се или хлађењем ваздуха од подлоге изнад великих пространа – термички антициклони, или притицањем ваздуха у вишим слојевима тропосфере – динамички антициклони у суптропским ширинама, или из оба разлога – термодинамички антициклони.

Азорски антициклон је перманентни активни центар атмосфере, прилично је постојан и условљава ведро и топло време. Због велике ведрине неба лета су топла, у нижим пределима чак и жарка. Центар Сибирског антициклона је обично у области Јакутска. Врло је простран и стабилан, са притиском у центру и до преко 1040 милибара. Припада групи термичких антициклона, а активан је зими. Гребен овог антициклона понекад се зими простире и преко Балканског полуострва. У таквим условима или када је активан антициклон изнад Средње Европе и депресија над Јадраном или западним Медитераном, над Балканом су, посебно над Црном Гором, високе вредности баричког и термичког градијента. У оваквим синоптичким ситуацијама у Црној Гори дува на ударе појачан до јак ветар, северних смерова.

Антициклон изнад северне Африке и депресија у северном Средоземљу условљавају појаву ветра из јужног или југоисточног квадранта, који дува у предњем делу циклона. У условима овакве циркулације ваздуха дешава се да буде захваћен сув и топао ваздух из Сахаре, богат пустињском прашином. Тада у већем делу Црне Горе, посебно на југу, пада прљава - жућкаста киша.

Време је онакво каква је ваздушна маса која долази, топло или хладно, влажно или суво (Милосављевић М., 1972). Ово говори колики је значај ваздушних маса на време и климу. На основу претходно изнетог, може се закључити да циркулација атмосфере представља један од главних метеоролошких фактора, ако не и најглавнији, који утиче на време.

Како је већ поменуто, Црна Гора представља деформационо поље, јер се налази на средини између сталних и сезонских баричких центара. Средишњи положај Црне Горе условљава да се преко ње смеђују и сучељавају (мешају) ваздушне масе различитих особина. У ове пределе највише продире хладни поларни и топао тропски ваздух. Хладни поларни ваздух пореклом је, углавном, из Феноскандинавије или Средње и Источне Европе, затим умерених или виших ширина Атлантика и из Сибира (мада ретко). Топао тропски ваздух пореклом је из области Азора, Средоземља и Северне Африке. Разумљиво је да цикличне промене основних типова циркулације на северној хемисфери, условљавају и одређена хидротермичка одступања, како у Црној Гори тако и шире.

У научној јавности присутне су сумње да евентуални антропогени ефекат стаклене баште условљава и промене атмосферске циркулације (IPCC, 2007; Enfield, Cid-Serano, 2010). Али, многи истраживачи истичу да је циркулација ваздуха под доминантним утицајем осцилација природних фактора (Delworth, Mann, 2000; Дуцић В., Радовановић М., 2005; Ducic et al., 2007; Lindzen, Rondaneli, 2007; Дуцић В., 2008; Baldwin, Thompson, 2009; Бурић Д. и др., 2011; Ducic et al., 2012; Muller et al., 2013).

Колики је утицај циркулационих процеса на време, најбоље се може илустровати на два екстремна примера у Црној Гори. Први се односи на екстремно високе температуре током лета 2003. и нарочито 2007. године, а други на натпросечне падавине 2010.

Лети се над Црном Гором и ширим подручјем често формирају тзв. „блокинг ситуације”, које условљавају стабилно време у дужем периоду. Нарочито се изразита

блокинг ситуација десила током јула и друге половине августа 2007. године. Узрок топлих таласа било је јако поље високог притиска. Загрејани ваздух са југа и југозапада појачавао је снагу и одржавање топлог таласа, што је условило екстремно топло време у Црној Гори. Јачање термобаричког гребена у висинској југозападној струји изазвало је адвекцију топлог ваздуха и пораст температуре из дана у дан (слика 4, лево). У Подгорици је од 16. јула до краја августа било осам дана узастопно са дневним максимумима температуре изнад 40°C . У ова два месеца била је изражена појава топлих таласа (интервал од преко 5 дана узастопно са максималном температуром вишом од 5°C у односу на просечне дневне максимуме). Те године је у многим местима Црне Горе температура ваздуха достигла највишу вредност од када постоје мерења, углавном 23. и 24. августа 2007., када је у Подгорици забележен апсолутни максимум од $44,8^{\circ}\text{C}$ (24. август).

Unkašević and Tošić (2011) истичу да је од 14. до 24. јула те 2007. године и Србију погодио изразит топли талас. Тада је у Смедеревској Паланци регистрована температура од $44,9^{\circ}\text{C}$. То је апсолутни максимум забележен у Србији.

Други пример утицаја циркулационих процеса на време је 2010. година, током које су на подручју Црне Горе три пута регистроване поплаве - у јануару, новембру и децембру. Према расположивим подацима, то је до сада максимална честина јављања ове појаве у једној години. Наиме, висинска струјања у барометарским депресијама имају већи утицај на падавинске прилике него приземна. У условима када се подручје Црне Горе налази под утицајем простране и дубоке висинске баричке долине и снажне циклонске циркулације у приземљу, владају нестабилне временске прилике и често са обилним падавинама. Једна таква структура атмосфере (снажна приземна и висинска циклонска циркулација) је доминирала крајем 2010. године. Током новембра и децембра 2010. године, серије циклона су условиле обилне падавине у већем делу Црне Горе. Суме падавина у ова два месеца су допринеле да је 2010. година била најкишнија у Црквицама, Бару, Подгорици, Никшићу и на Цетињу и Жабљаку, а друга у низу у Х. Новом, Улцињу и Колашину. Укупна висина падавина у 2010. години се кретала од 664 mm у Пљевљима до 9105 mm у Црквицама.

Синоптичку ситуацију на дан 30. новембар и 1. децембар 2010. године, карактерисало је јако југозападно струјање у склопу висинске долине и циклогенеза у Лигурском мору и Ђеновском заливу (слика 4, десно). Оваква циклонска активност условила је обилне количине падавина у већем делу Црне Горе, појачан до јак, на ударе и олујни јужни ветар и топло време за ово доба година. За период од 30 сати, од 7h 30. новембра до 13h 1. децембра, готово све метеоролошке станице у јужним и централним пределима регистровале су преко 100 mm падавина. Највише кише пало је у Црквицама (719 mm) и на Цетињу (384 mm). Хидролошку ситуацију је додатно погоршало топљење снежног покривача у вишим планинским пределима, висине 10-50 cm.

Слика 4. Структура атмосфере на нивоу мора и 500 милибарској површи на дан 24. 8. 2007. (слика лево) и 1. 12. 2010. (слика десно)

Оваква метеоролошка комбинација – обилне кишне падавине и топљење снежног покривача у горњим (планинским) деловима сливова река, условила је нагли прилив воде у језера и корита река, односно пораст водостаја на хидролошким објектима и незапамћене поплаве у равничарском подручју око доњег тока Мораче – јужни део Зетске равнице. Поплава је било и у приобаљу Бојане, Зете, Лима и Никшићком пољу (Бурић Д. и др. 2014).

Закључак

Географски положај, циркулација ваздуха у склопу циклонске и антициклонске активности, морфолошке карактеристике и близина мора, примарни су фактори који утичу на поднебље Црне Горе. Топли ваздух који долази са југа навлажи се прелазом преко Средоземног мора и Јадрана, па јужна струјања чине зиму влажном и у нижим пределима благом до умерено хладном. Континентални утицај долази са севера, најчешће зими у виду хладног и сувог ваздуха (северни ветар). Снажан утицај на време и климу Црне Горе имају депресије у Медитерану и Исландски минимум, као и антициклони чији је центар изнад Азора, Средње и Источне Европе, а некада и Сибирски максимум. Велика ведрина неба, кречњачке голети, нарочито у југозападном делу Црне Горе, као и шљунковито-песковити терени у Подгоричкој котлини, условљавају знатно загревање подлоге и ваздуха, па су лета у нижим пределима веома топла и углавном сушна.

Литература

Литературу видети на страни 92.