

Utjecaj naoblake na temperaturu zraka

The influence of cloud cover on air temperature

Lovre Andrić (3. razred); Roko Jukić (3. razred); Luka Rodin Buotić (3. razred)

Mihajlo Lerinc, prof., Ivanka Stipoljev, prof.

Srednja škola Braća Radić, Kaštel Štafilić – Nehaj

Sažetak

U sklopu GLOBE programa kontinuirano provodimo GLOBE protokol za atmosferu od 2014. godine. Mjerimo temperaturu zraka i količinu oborine, procjenjujemo ukupnu naoblaku i određujemo vrstu oblaka na našoj mjernoj postaji u Kaštel Štafiliću. Da bi istražili utjecaj vrste oblaka i ukupne naoblake na vrijeme, konkretno na temperaturu zraka, koristili smo podatke mjerene tijekom svih godišnjih doba u 2020., 2021. i 2022. Oblaci imaju složenu ulogu u klimatskom sustavu. Niski, gusti oblaci prvenstveno odbijaju Sunčevo zračenje i sprječavaju zagrijavanje Zemlje, a posljedično i zraka. Visoki, tanki oblaci propuštaju dolazno Sunčevo zračenje i propuštaju ga prema površini tla, pri čemu dolazi do zagrijavanja površine Zemlje, a istovremeno apsorbiraju dio dugovalnog toplinskog zračenja koje emitira Zemlja. Naša pretpostavka da će trenutačna dnevna temperatura zraka za vrijeme pokrivenosti neba niskim oblacima biti niža od temperature zraka za vedra vremena ili kada su prisutni visoki oblaci, je djelomično potvrđena. Analizom naših rezultata uočili smo da su temperaturni maksimumi najčešće postignuti za vedra vremena i kada je nebo prekriveno visokim oblacima, ali da je u tim periodima također bilo prisutno i snižavanje temperature. Zaključujemo da vrsta naoblake i ukupna naoblaka nisu jedini čimbenici koji utječu na dnevnu temperaturu zraka već da je interakcija oblaka i temperature zraka složena.

Summary

As part of the GLOBE project, we have continuously been collecting data according to the GLOBE Atmosphere protocol since 2014. We have been recording air temperature, estimating total cloud coverage, measuring the amount of precipitation and identifying types of visible clouds at our measuring station in Kaštel Štafilić. The aim of our research was to investigate the effect different types of clouds and total cloud coverage have on the weather, specifically on air temperature. In the research we used data collected during all seasons in 2020, 2021 and 2022. Clouds play a complex role in climate system. Low-level thick clouds reflect solar radiation, preventing the surface of the Earth from warming and, consequently, preventing air temperature increase. High-level thin clouds transmit incoming solar radiation towards the Earth's surface thereby warming the surface of the Earth. At the same time, these high clouds absorb a part of the longwave heat radiation emitted by the Earth. We have partially confirmed our assumption regarding the relationship between cloudiness and air temperature, i.e. the assumption that current daytime air temperature is lower when low-level clouds occur than in the clear-sky or high-level clouds conditions. Our data analyses also revealed that air temperatures tend to reach their peak during clear-sky conditions and periods with high-level cloud coverage. However, air temperature decrease is present during the same periods. Hence, we can conclude that type of clouds and total cloud coverage are not the only factors that affect daytime air temperatures and that the interaction of clouds and air temperatures is very complex.

Uvod

Meteorologija je znanost koja proučava fizičke pojave u Zemljinoj atmosferi. Klima nekog područja je skup meteoroloških elemenata i čimbenika koji se odvijaju tijekom dužeg vremena (30 i više godina) na tom području.

Meteorološki elementi koji određuju klimu nekog područja su: Sunčevo zračenje, temperatura zraka, tlak zraka, relativna vlažnost zraka, vjetar, naoblaka i količina oborine. Čimbenici koji doprinose oblikovanju klime su: geografska širina i nadmorska visina tog područja, nagib terena, vodene površine (rijeke, jezera, mora, oceani), vegetacija kao i čovjek. Ljudske aktivnosti poput sagorijevanja fosilnih goriva, spaljivanja otpada, požara, smanjivanja zelenih površina i slično uzrokuju porast koncentracije CO₂ u zraku, a time i porast temperature zraka. Ako se površina oceana i jezera više zagrijava, više vode će ispariti. To bi trebalo povećati ukupnu količinu vode u atmosferi i ukupnu naoblaku.

Oblaci predstavljaju nakupinu vodenih kapljica, ledenih kristala ili njihove smjese koje lebde u atmosferi, a nastaju kao posljedica zasićenosti zraka vodenom parom. Na postanak oblaka utječu temperatura i tlak zraka, ali i čestice koje dopijevaju u atmosferu iz prirodnih izvora ili koje nastaju zbog industrijskih procesa i prometa, poznate pod nazivom aerosoli [1].

Oblaci imaju važnu ulogu u reguliranju vremenskih prilika na Zemlji. Oni raspršuju, apsorbiraju i reflektiraju zračenje sa Sunca i Zemlje. Različite vrste oblaka imaju različite učinke, a bitna je i ukupna naoblaka. Prema visini na kojoj se oblaci nalaze razlikujemo visoke oblake (cirrus, cirrostratus, cirrocumulus) na visini između 7 i 13 km, srednje (altostratus, altocumulus, nimbostratus) na visini između 2 i 7 km, niske (stratus, stratocumulus, nimbostratus) do visine 2 km, te oblake vertikalnog razvoja (cumulus, cumulonimbus) na visini između 800 m i 13 km. Oblaci utječu na vremenske prilike na nekoj lokaciji, kao i na klimatski sustav Zemlje.

Oblaci su dio ciklusa vode zbog čega su važni za opstanak života na Zemlji. Osim što iz njih padaju kiša, susnježica ili snijeg, oblaci mogu pružiti hlad za toplog dana. Neki oblaci pomažu u hlađenju površine Zemlje, dok je drugi održavaju toplom, a jedni i drugi pomažu u održavanju ravnoteže energije koja dolazi od Sunca [2].

Svjedoci smo globalnog zatopljenja, porasta temperature na Zemlji. Ovim radom želimo saznati postoji li veza između naoblake i temperature zraka, ali i upoznati javnost na utjecaje čovjeka na okolinu koji doprinose razvoju naoblake.

Istraživačko pitanje

- Kako vrsta oblaka i ukupna naoblaka utječu na temperaturu zraka?

Hipoteza

- Različite vrste oblaka različito utječu na Sunčevo zračenje i infracrveno zračenje kojeg emitira Zemlja. Pretpostavka je da će trenutačna dnevna temperatura zraka za vrijeme pokrivenosti neba niskim oblacima biti niža od temperature zraka za vedra vremena ili kada su prisutni visoki oblaci.

Metode istraživanja

Na našoj mjernoj postaji u Kaštel Štafiliću od 2014. godine kontinuirano provodimo GLOBE protokol za atmosferu [3]. Temperatura zraka je mjerena automatskom meteorološkom stanicom koja je postavljena na krovu Škole.

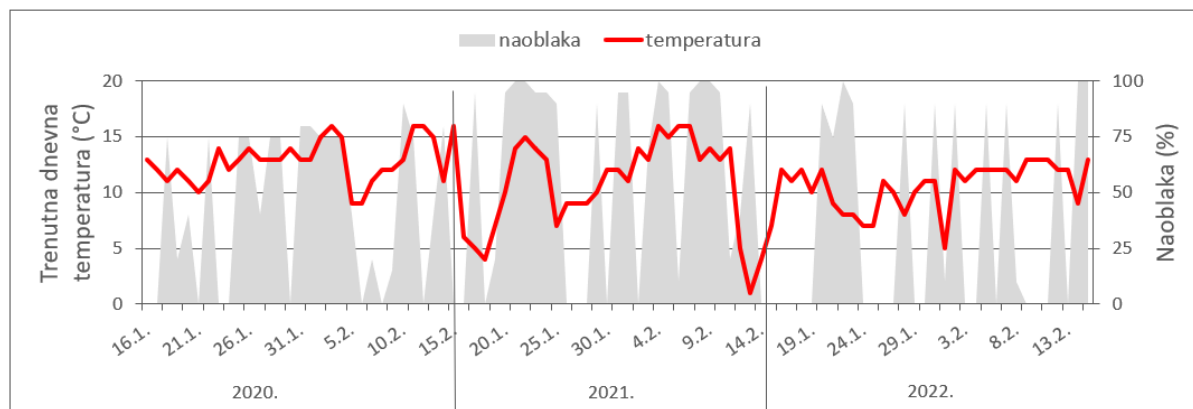
Za istraživanje utjecaja naoblake na temperaturu zraka koristili smo podatke za trenutačnu dnevnu temperaturu zraka i pokrivenost neba oblacima. Prema protokolu za atmosferu trenutačna temperatura zraka i ukupna naoblaka mjere se svakodnevno u solarno podne. Koristili smo podatke mjerene tijekom svih godišnjih doba u 2020., 2021. i 2022. godini. U razmatranje smo uzeli po trideset dana tijekom svakog godišnjeg doba (120 dana/godina). Taj period od 30 dana odabrali smo kao središnje razdoblje godišnjeg doba (16.01. – 15.02.; 16.04. – 15.5.; 16.07. – 15.08.; 16.10. – 15.11.). Pretpostavili smo da će ti periodi najbolje odražavati vremenske karakteristike tog godišnjeg doba.

Za svaku od promatranih godina uzeli smo podatke o postotku naoblake i vrsti oblaka te podatke o trenutačnoj dnevnoj temperaturi zraka, na istraživanom području za razdoblje od 2020. do 2022. godine [4]. Kako bismo odredili vrstu oblaka koristili smo ključ za identifikaciju oblaka prema Cartwright i sur. [5], a isti je dostupan na hrvatskom jeziku [6].

Prikaz i analiza podataka

Prikupljene podatke o trenutačnoj dnevnoj temperaturi i ukupnoj naoblaci grupirali smo prema godišnjim dobima. Za svako promatrano razdoblje unutar godišnjih doba usporedili smo podatke za sve tri godine: 2020., 2021. i 2022.

Zima



Slika 1. Trenutačna dnevna temperatura i ukupna naoblaka za zimu, razdoblje od 15.1. do 15.2. za 2020., 2021. i 2022. godinu.

Figure 1. Current daily temperature and amount of cloud cover for winter for the period from January 15 until February 15 for 2020, 2021 and 2022.

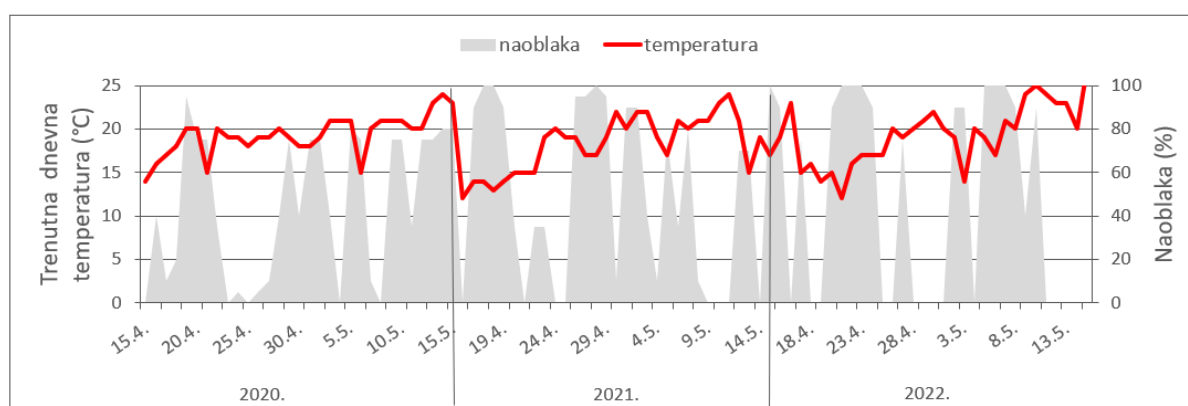
U promatranom razdoblju u 2020. godini (Slika 1) trenutačna dnevna temperatura zraka kretala se u rasponu od 9 °C do 16 °C. U tom razdoblju je bilo 11 vedrih dana i 14 dana s naoblakom većom od 50 %. Za vrijeme vedrih dana trenutačna dnevna temperatura pretežno je bila viša od temperature u danima s naoblakom. Iznimka je period s naoblakom od 31.1. do 4.2. u kojem je temperatura rasla do maksimalnih 16 °C. U tom periodu nebo su pokrivali visoki oblaci. Temperatura se naglo snižavala 5.2. i 6.2. kada je nebo bilo pokriveno niskim oblacima. Također, istu pojavnost primjećujemo u periodu 9.2. – 15.2. gdje je

temperatura rasla kada su prisutni visoki oblaci, a naglo se snižavala u danima niske naoblake (14.2.).

Za 2021. godinu trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 2 °C do 16 °C. Imali smo 10 vedrih dana uz 18 dana s naoblakom većom od 50 %, uglavnom niskim oblacima (cumulonimbusima). Na početku promatranog razdoblja temperatura se snižavala pri prelasku od vedrine na nisku naoblaku (18.1.). U periodu od 20.1. – 23.1. trenutačna temperatura je rasla, a nebo je u potpunosti bilo pokriveno srednjim oblacima. Primijećeno je da je tijekom promatranog razdoblja temperatura bila znatno viša kada je bilo naoblake nego tijekom vedrih dana. U tom periodu je nebo bilo uglavnom pokriveno visokim oblacima. Iznimka su dani 6.2. i 7.2. kada je temperatura dosegla maksimalnu vrijednost, a bio je vedar dan. Na samom kraju promatranog razdoblja slijedi nagli pad dnevne temperature, a nebo su pokrivali niski oblaci.

Tijekom 2022. godine za promatrano razdoblje bilo je 17 vedrih dana i 11 dana u kojima je zabilježena naoblaka veća od 50 %, niski (cumulusi) i srednji (altocumulusi) oblaci. Trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 5 °C do 12 °C. Uočava se da je gotovo u cijelom razdoblju promatranja trenutačna dnevna temperatura bila viša za vedrih dana, a smanjivala se s pojavom naoblake. U periodu 19.1. – 23.1. nebo je bilo pokriveno niskim oblacima i trenutačna dnevna temperatura se kontinuirano smanjivala. Slično se uočava u periodima 30.1. – 1.2. te 12.2. – 14.2. kada je nebo bilo pokriveno srednjim oblacima. Primjetna je iznimka porasta trenutačne dnevne temperature 2.2. kada su nebo pokrivali visoki oblaci.

Proljeće



Slika 2. Trenutačna dnevna temperatura i ukupna naoblaka za proljeće, razdoblje od 15.4. do 15.5. za 2020., 2021. i 2022. godinu.

Figure 2. Current daily temperature and amount of cloud cover for spring for the period from April 15 until May 15 for 2020, 2021 and 2022.

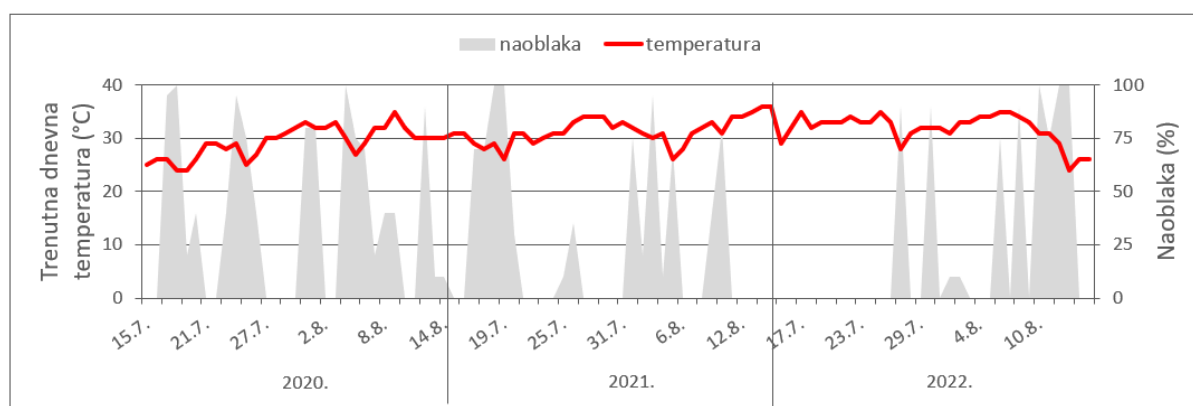
U promatranom proljetnom razdoblju u 2020. godini (Slika 2) trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 14 °C do 24 °C. U tom je razdoblju bilo 5 vedrih dana i 14 dana s naoblakom većom od 50 %, uglavnom srednjim oblacima (altostratusi). Trenutačna dnevna temperatura u danima naoblake je bila nešto viša od trenutačne dnevne temperature za vedrih dana. Tih dana (17.4. – 21.4. i 11.5. – 14.5.) prevladavali su visoki oblaci. Padovi temperature uočavaju se 22.4. i 7.5. kad su nebo pokrivali srednji i niski oblaci.

U istom razdoblju 2021. godine trenutačna dnevna temperatura je bila niža i kretala se u rasponu od 9 °C do 24 °C. U tom je razdoblju bilo 8 vedrih dana i 15 dana s naoblakom većom od 50 %, srednjim (altocumulusi) i niskim (cumulusi) oblacima. Ovdje uočavamo da je u danima s naoblakom trenutačna dnevna temperatura niža nego za vedrih dana. Tijekom svih dana s naoblakom bili su prisutni oblaci srednje visine, osim perioda 1.5. – 3.5. kada su

nebo prekrivali visoki oblaci. Uočava se trend rasta trenutačne dnevne temperature pri razvedravanju, dok pri porastu naoblake trenutačna dnevna temperatura pada uz prisutnost oblaka srednje visine. Iznimku da trenutačna temperatura raste uočavamo u danima kada je nebo pokriveno visokim oblacima (1.5. – 3.5.).

Za 2022. godinu u promatranom razdoblju trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 12 °C do 23 °C. U tom je razdoblju bilo 15 vedrih dana i 13 dana s naoblakom većom od 50 %, srednji (altostratusi) i niski (cumulusi) oblaci. Uočavamo značajan pad trenutačne dnevne temperature u periodima niske naoblake (19.4., 20.4., 3.5. i 7.5.). Vidljiv je trend rasta trenutačne dnevne temperature u trenucima razvedravanja tijekom cijelog razdoblja promatranja. Ipak, maksimalna trenutačna dnevna temperatura od 25 °C izmjerena je u trenutku pokrivenosti neba visokim oblacima.

Ljeto



Slika 3. Trenutačna dnevna temperatura i ukupna naoblaka za ljeto, razdoblje od 15.7. do 15.8. za 2020., 2021. i 2022. godinu.

Figure 3. Current daily temperature and amount of cloud cover for summer for the period from July 15 until August 15 for 2020, 2021 and 2022.

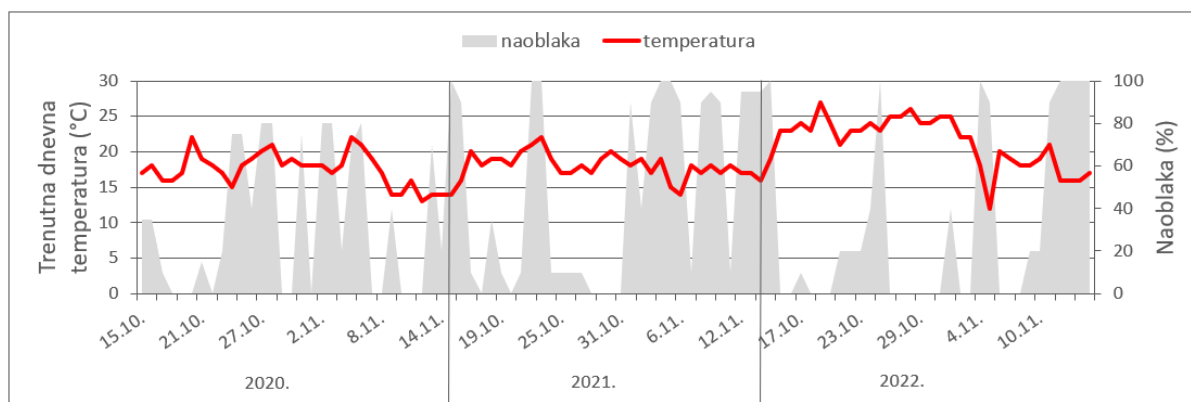
U promatranom ljetnom razdoblju u 2020. godini (Slika 3) trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 24 °C do 35 °C. U tom je razdoblju bilo 13 vedrih dana i 10 dana s naoblakom većom od 50 %, uglavnom visoki (cirrusi) i srednji (altostratusi) oblaci. Primjetno je da su trenutačne dnevne temperature, u većem dijelu promatranog razdoblja, bile više za vedra vremena, a blago su se snižavale u slučajevima kada je naoblaka trajala dva ili tri dana (17.7. – 19.7.; 23.7. – 26.7.; 4.8. – 7.8.). Činjenica da je najviša trenutačna dnevna temperatura od 35 °C izmjerena 10.8. kada su nebo djelomično pokrivali visoki oblaci je iznimka.

U istom ljetnom razdoblju 2021. godine trenutačna dnevna temperatura je bila neznatno niža. Kretala se u rasponu od 24 °C do 32 °C. U tom je razdoblju bilo 18 vedrih dana i 8 dana s naoblakom većom od 50 %, uglavnom visoki (cirrusi) i srednji (altocumulusi) oblaci, na početku promatranog razdoblja. Prosječne trenutačne dnevne temperature na početku promatranog razdoblja su bile nešto niže. Tada je nebo bilo pokriveno oblacima srednje visine. Nakon toga uz manja odstupanja, došlo je do blagog rasta trenutačne temperature uz razvedravanje. Iako je u periodu od 21.7. do 24.7. bilo vedro, trenutačna dnevna temperatura se snižavala, kao i kada je nebo bilo pokriveno visokim oblacima (4.8. – 9.8.).

Za 2022. godinu u promatranom razdoblju trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 21 °C do 33 °C. U tom je razdoblju bilo 20 vedrih dana i 8 dana s naoblakom većom od 50 %, srednji (altostratusi) i visoki (cirrusima) oblaci. Bio je prisutan trend porasta trenutačnih dnevnih temperatura tijekom vedrih dana. U razdoblju 15.7. – 25.7. primjećujemo oscilacije vrijednosti trenutačne dnevne temperature premda je nebo kontinuirano bilo vedro.

Trenutačna dnevna temperatura naglo se smanjivala u trenucima kada je nebo bilo pokriveno oblacima srednje visine (27.7. i 13.8.).

Jesen



Slika 4. Trenutačna dnevna temperatura i ukupna naoblaka za jesen, razdoblje od 15.10. do 15.11. za 2020., 2021. i 2022. godinu.

Figure 4. Current daily temperature and amount of cloud cover for autumn for the period from October 15 until November 15 for 2020, 2021 and 2022.

U promatranom jesenskom razdoblju u 2020. godini (Slika 4) trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 13 °C do 22 °C. U tom je razdoblju bilo 11 vedrih dana i 12 dana s naoblakom većom od 50 %, uglavnom srednji (nimbostratusi) i visoki (cirrusi) oblaci. Na početku razdoblja trenutačna dnevna temperatura rasla je kad je nebo bilo djelomično pokriveno visokim oblacima (15.10. – 17.10), a uz razvedravanje i manji pad trenutačne dnevne temperature raslo je do maksimalnih 22 °C (21.10.). Pojavom naoblake (cumulusi) njena vrijednost se smanjila na 15 °C, da bi potom rasla kada su se oblaci promijenili u srednje visoke (altostratusi) (24.10. – 28.10.). Također, slično kretanje trenutačne temperature uočavamo i u periodu 3.11. – 6.11. Nakon toga nastupilo je razdoblje vedrine u kojem se temperatura snizila na 14 °C i uz manje oscilacije zadržala do kraja promatranog razdoblja, premda je pri kraju promatranog razdoblja došlo do porasta naoblake.

U istom razdoblju 2021. godine trenutačna dnevna temperatura je bila niža, kretala se u rasponu od 14 °C do 19 °C. U tom je razdoblju bilo 6 vedrih dana i 15 dana s naoblakom većom od 50 %, srednji oblaci (altocumulusi, altostratusi). Uočavamo da su temperaturni maksimumi od 19 °C, odnosno 18 °C nastupili u trenucima porasta naoblake u periodu 23.10. – 25.10., odnosno 2.11. – 4.11. kada je nebo bilo pokriveno oblacima srednje visine (altostratusi). Međutim, pojavom niske naoblake (stratusi) trenutačna temperatura je pala na minimalnu vrijednost (14 °C) promatranog razdoblja. U danima u kojima je bilo vedro trenutačne dnevne temperature su bile niže od temperatura oblačnih dana, a iznimka je 1.11. kada je bilo vedro, a prosječna dnevna temperatura je bila blizu maksimalne (17 °C).

Za 2022. godinu u promatranom razdoblju trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 14 °C do 21 °C. U tom je razdoblju bilo 16 vedrih dana i 11 dana s naoblakom većom od 50 %, uglavnom oblacima srednje visine (altostratusi). U početku promatranog razdoblja (16.10. – 21.10.) prisutan je trend rasta trenutačne dnevne temperature zraka tijekom razvedravanja i za vedrih dana. Taj trend rasta naglo se mijenja, te se trenutačna temperatura snizila na minimalnu (14 °C) u razdobljima 29.10. – 4.11. i od 7.11. do zadnjih dana promatranog razdoblja, a zbog porasta naoblake (altostratusi).

Rasprava i zaključci

U bilo kojem trenutku, oko 70% Zemljine površine pokriveno je oblacima. Oblaci imaju složenu ulogu u klimatskom sustavu. Reflektirajući dio Sunčeve svjetlosti, oblaci održavaju planet hladnijim nego što bi inače bio. U isto vrijeme, apsorbirajući dio toplinske energije koju emitira Zemljina površina i otpuštajući dio te topline natrag prema tlu, održavaju Zemljinu površinu toplijom nego što bi inače bila [2].

Za vedrih dana Zemlja je direktno izložena Sunčevom zračenju te se na taj način najviše zagrijava. Kako se dio zračenja reflektira od Zemlje tako se zagrijava i zrak. Međutim, za vedrih dana, tijekom noći, zrak se brže hladi i oduzima Zemlji toplinu. Intenzitet zagrijavanja i hlađenja Zemlje ovisi o vrsti oblaka koji pokrivaju nebo, kao i o ukupnoj naoblaci. Niski, gusti oblaci prvenstveno odbijaju Sunčevo zračenje i ne dozvoljavaju jako zagrijavanje površine Zemlje. Visoki, tanki oblaci prvenstveno propuštaju dolazno Sunčevo zračenje; u isto vrijeme, oni apsorbiraju dio toplinske energije koju emitira Zemlja i otpuštaju dio te topline natrag prema tlu, zagrijavajući tako površinu Zemlje. Na taj način sprječavaju da se Zemlja noću hladi, kao što je slučaj u vedrim noćima [7].

Veća naoblaka općenito znači da oblaci reflektiraju više sunčevog zračenja i imaju jači učinak sprječavanja zagrijavanja. Nadalje, sastav čestica koje tvore oblak je važan jer utječe na refleksivnost oblaka. Ako oblaci sadrže više kapljica vode, postaju bjelji i reflektirat će više Sunčeve svjetlosti, što će smanjiti zagrijavanje površine Zemlje.

Analizom naših rezultata mjerenja u solarno podne trenutačne dnevne temperature te ukupne naoblake i vrste naoblake u odabranim razdobljima tijekom 2020., 2021. i 2022. godine možemo uočiti da su temperaturni maksimumi postizani najčešće za vedra vremena i visokih oblaka. Uočili smo da je u danima kontinuirane vedrine vrijednost trenutačne dnevne temperature oscilirala (u razdoblju 20.7. – 24.7.2021.; 27.7. – 1.8.2021.; 28.10. – 1.11.2021.; 15.1. – 19.1.2022.; 15.7. – 27.7.2022. i 26.10. – 1.11.2022. godine). Iz toga je moguće zaključiti da odsutnost/prisutnost naoblake nije jedini čimbenik o kojem ovisi stupanj zagrijanosti Zemlje, odnosno zraka u solarno podne. Također, u pojedinim promatranim razdobljima izmjerena trenutačna dnevna temperatura postizala je maksimalnu vrijednost u trenucima izraženije naoblake (visoki oblaci, pokrivenost neba oblacima od 75 % i više). Vidljivo je na Slici 1 za 3.2.2020. (16 °C) i 7.2.2021. (15 °C), na Slici 2 za 14.5.2020. (24 °C) te na Slici 4 za 5.11.2020. (22 °C) i 22.10.2021. (19 °C).

Na osnovu analize podataka ovisnosti trenutačne dnevne temperature o ukupnoj naoblaci i vrsti naoblake za većinu promatranog razdoblja tijekom 2020., 2021. i 2022. godine mogli bi reći da uglavnom potvrđuje našu pretpostavku da će za vedrih dana ili dana kada je nebo pokriveno visokim oblacima trenutačna dnevna temperatura biti viša od trenutačne dnevne temperature onih dana kada je nebo pokriveno srednjim ili niskim oblacima. To potvrđuju i dani u kojima se mjerila maksimalna vrijednost trenutačne dnevne temperature. No, navedeno ne vrijedi uvijek. Na primjer 22.1.2021. godine kada je nebo bilo pokriveno oblacima srednje visine (altostratusi) trenutačna dnevna temperatura dosegla je 14 °C, što je bila gotovo maksimalna trenutačna dnevna temperatura (15 °C) za dano razdoblje. Dakle, naša pretpostavka da će trenutačna dnevna temperatura zraka za vrijeme pokrivenosti neba niskim oblacima biti niža od temperature zraka za vedra vremena ili kada su prisutni visoki oblaci, je samo djelomično potvrđena.

Iz svega navedenog može se zaključiti da je interakcija oblaka i temperature zraka složena što su i rezultati našeg istraživanja potvrdili.

Konačno zaključujemo da ukupna naoblaka i vrsta naoblake nisu jedini čimbenici koji utječu na vrijednost trenutačne dnevne temperature zraka.

Literatura

1. Ekovjesnik 2018. Nove spoznaje o utjecaju površinski aktivnih tvari na formiranje oblaka. <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/1172/nove-spoznaje-o-utjecaju-povrsinski-aktivnih-tvari-na-formiranje-oblaka>, (pristupljeno 10.11.2022.)
2. GLOBE 1995. Cloud Science. GLOBE Observer. The GLOBE Program. <https://observer.globe.gov/do-globe-observer/clouds/science>, (pristupljeno 10.12.2022.)
3. GLOBE 2014. GLOBE Teacher's Guide (Protocols). The GLOBE Program. <https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide>, (pristupljeno 10.12.2023.)
4. GLOBE 2023. Srednja škola Braća Radić. The GLOBE Program. <https://www.globe.gov/web/srednja-skola-braca-radic>, (pristupljeno 10.12.2023.)
5. Cartwright T.J., Miranda R.J., Herman R.S., Hemler D. 2012. Clear Skies ahead: Clearing up confusion about clouds. Science Scope, 36: 61-67.
6. Ribičić V., Matvijev M. [https://globe.pomsk.hr/dok_razni/Cartwright-Cloud-Key-hrv_prijevod%20\(1\).pdf](https://globe.pomsk.hr/dok_razni/Cartwright-Cloud-Key-hrv_prijevod%20(1).pdf), (pristupljeno 10.12.2023.)
7. Horizon 2020. Q&A: Why clouds are still 'one of the biggest uncertainties' in climate change. Horizon, The EU Research and Innovation Magazine. <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/qa-why-clouds-are-still-on-e-biggest-uncertainties-climate-change>, (pristupljeno 18.1.2023.)