

# **Analiza povezanosti vrste oblaka i temperature zraka kroz podatke GLOBE programa**

## **Analysis of the relationship between cloud type and air temperature through GLOBE program data**

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, procjenu ukupne naoblake, količinu oborine i određujemo vrstu oblaka na našoj mjernoj postaji u Kaštel Štafiliću. Kako 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, zagrijavajući tako površinu Zemlje. 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 postizani najčešće za vedra vremena i visoke naoblake, ali također je prisutno i snižavanje temperature u tim periodima. 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 vremena u 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, voda (rijeke, jezera, mora, oceani), vegetacija kao i čovjek. Ljudske aktivnosti poput sagorijevanja fosilnih goriva, spaljivanje otpada, požara, smanjivanje zelenih površina i slično uzrokuju porast koncentracije CO<sub>2</sub> u zraku, a time i porast temperature zraka. Ako se površina oceana i jezera zagrijava, više vode će ispariti. To bi trebalo povećati ukupnu količinu vode u atmosferi i ukupne naoblake.

Oblaci predstavljaju nakupinu vodenih kapljica, ledenih kristala ili njihove smjese koje lebde u atmosferi, a nastaju uslijed zasićenosti zraka vodenom parom. Na postanak oblaka utječu temperatura i tlak zraka, ali i čestice koje dospijevaju 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 [5].

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 na različite se načine odnose prema Sunčevom zračenju i infracrvenom zračenju 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

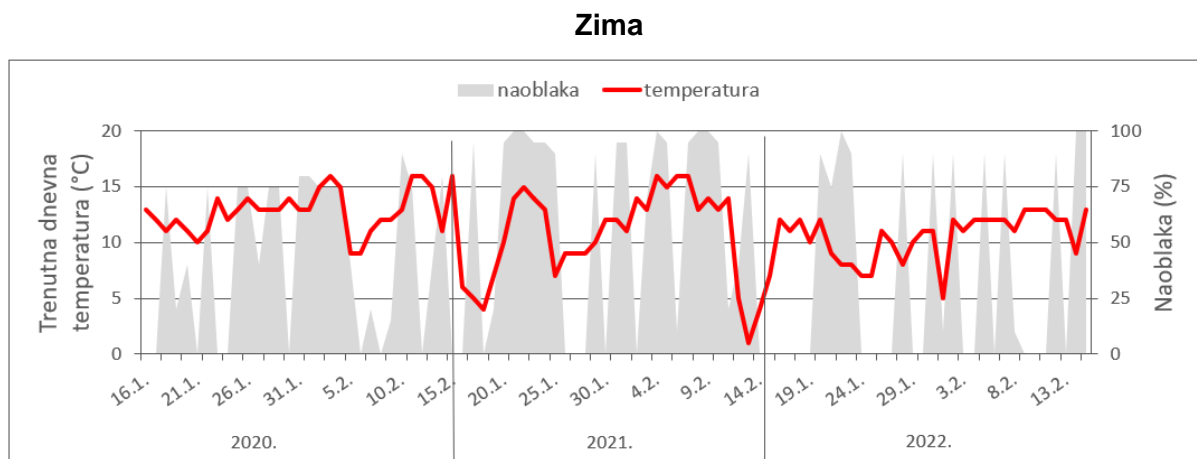
Kontinuirano provodimo GLOBE protokol za atmosferu od 2014. godine na našoj mjernoj postaji u Kaštel Štafiliću [2]. Temperatura zraka je mjerena meteorološkom stanicom koja je postavljena na krovu Škole.

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 [3]. Kako bismo odredili vrstu oblaka koristili smo ključ za identifikaciju oblaka prema Cartwright i sur. [4], a isti je dostupan na hrvatskom jeziku u obliku PDF-dokumenta na poveznici: [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) (prijevod na hrvatski: Vladimir Ribičić; recenzija prijevoda Mladen Matvijev).

## 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.



**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.

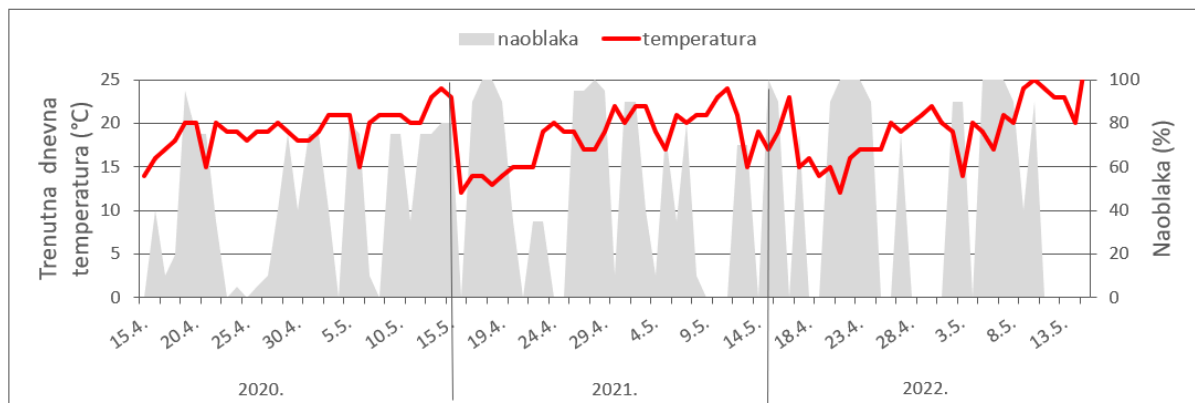
U promatranom razdoblju u 2020. godini (Slika 1) trenutačna dnevna temperatura zraka kretala se u rasponu od 9 °C do 16 °C. U tom razdoblju je bilo 11 vedrih dana i 14 dana s više od 50 % neba pokrivenog oblacima. Uočava se da je pretežno za vrijeme vedrih dana trenutačna dnevna temperatura bila viša od temperature za vrijeme naoblake. Primjećuje se iznimka za period s naoblakom 31.1. – 4.2. u kojem temperatura raste do maksimalnih 16 °C.

U tom periodu nebo su pokrivali visoki oblaci. Temperatura se naglo snižava 5.2. i 6.2. kada je nebo pokriveno niskim oblacima. Također, istu pojavnost primjećujemo u periodu 9.2. – 15.2. gdje temperatura raste kada su prisutni visoki oblaci, a naglo se snižava 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 više od 50 % neba pokrivenog oblacima, uglavnom niskim (cumulonimbusima) oblacima. Na početku promatranog razdoblja temperatura se snižava pri prelasku od vedrine na nisku naoblaku (18.1.). U periodu od 20.1. – 23.1. trenutačna temperatura raste, a nebo je u potpunosti pokriveno srednjim oblacima. Također se da primijetiti da u sredini termina promatranja ovisnosti trenutačne dnevne temperature i naoblake, izmjerena trenutačna temperatura bila je znatno viša za vrijeme naoblake od temperature 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 pokriva niske oblaci.

Tijekom 2022. godine za promatrano razdoblje bilo je 17 vedrih dana i 11 dana s više od 50 % neba pokrivenog oblacima, niskim (cumulusi) i srednjim (altocumulusi). 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 viša za vedrih dana, a smanjuje se s pojavom naoblake. U periodu 19.1. – 23.1. nebo je pokriveno niskim oblacima i trenutačna dnevna temperatura se kontinuirano smanjuje. Slično se uočava u periodima 30.1. – 1.2. te 12.2. – 14.2. kada je nebo pokriveno srednjim oblacima. Primjetna je iznimka porasta trenutačne dnevne temperature 2.2. kada nebo pokriva 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.

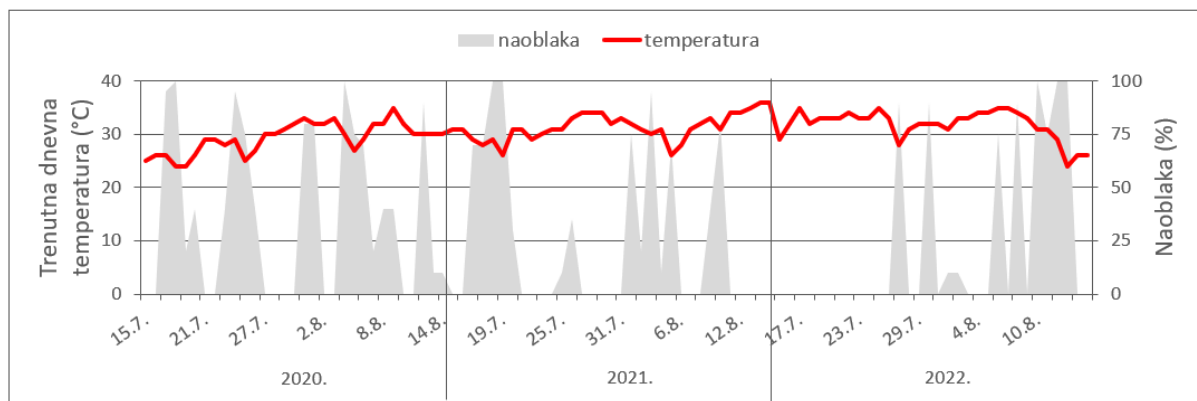
U promatranom razdoblju u 2020. godini (Slika 2) trenutačna dnevna temperatura kretala se u rasponu od 14 °C do 24 °C. U tom je razdoblju bilo 5 vedrih dana i 14 dana s više od 50 % neba pokrivenog oblacima, uglavnom srednjim (altostratusi). Uočimo da je trenutačna dnevna temperatura u danima naoblake 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 više od 50 % neba pokrivenog oblacima, srednjim (altocumulusi) i niskim (cumulusi). Ovdje uočavamo da je u danima naoblake trenutačna dnevna temperatura niža nego za vedrih dana. Tijekom svih dana naoblake bili su prisutni oblaci srednje visine, osim perioda 1.5. – 3.5. kada su nebo

pokrivali 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 uočavamo kada trenutačna temperatura raste 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 više od 50 % neba pokrivenog oblacima, srednjim (altostratusi) i niskim (cumulusi). 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.

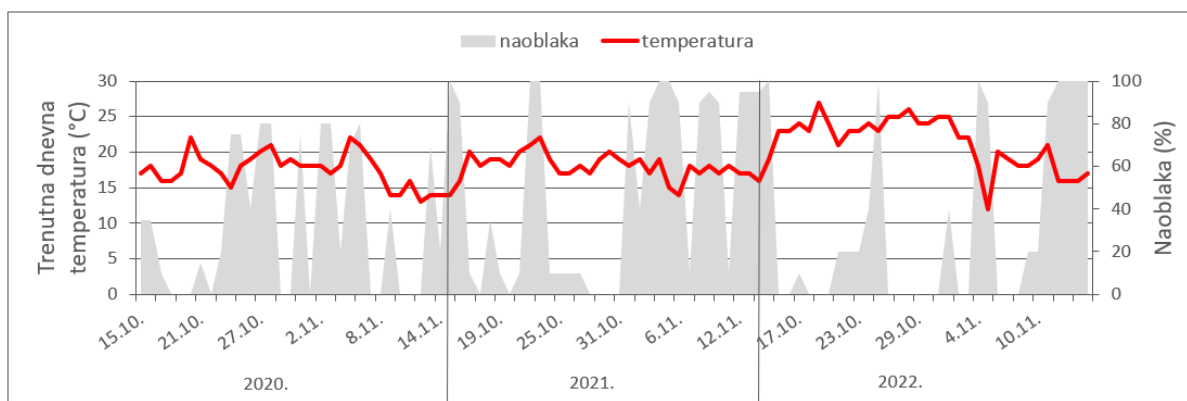
**Figure 3.** Current daily temperature and amount of cloud cover for summer for the period from July 15 until August 15 for 2020, 2021 and 2022.

U promatranom 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 više od 50 % neba pokrivenog oblacima, uglavnom visoki (cirrusi) i srednji (altostratusi). Primjetno je da su trenutačne dnevne temperature, u većem dijelu promatranog razdoblja, bile više za vedra vremena, a blago su se snižavale u periodu duže vremenske naoblake (17.7. – 19.7.; 23.7. – 26.7.; 4.8. – 7.8.). Iznimka je činjenica da je najviša trenutačna dnevna temperatura od 35 °C izmjerena 10.8. kada su nebo djelomično pokrivali visoki oblaci.

U istom razdoblju 2021. godine trenutačna dnevna temperatura je bila niža. Kretala se u rasponu od 24 °C do 32 °C. U tom je razdoblju bilo 18 vedrih dana i 8 dana s više od 50 % neba pokrivenog oblacima, uglavnom visoki (cirrusi) i srednji (altocumulusi), 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 ima trend blagog rasta uz razvedravanje, uz manja odstupanja. Iako je vedro, trenutačna dnevna temperatura se snižava u periodu od 21.7. do 24.7., 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 12 °C do 23 °C. U tom je razdoblju bilo 20 vedrih dana i 8 dana s više od 50 % neba pokrivenog oblacima, srednjim (altostratusi) i visokim (cirrusima). Prisutan je trend viših trenutačnih dnevni temperatura tijekom vedrih dana. Primjećujemo oscilacije vrijednosti trenutačne dnevne temperature premda je nebo kontinuirano vedro (15.7. – 25.7.). 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 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 više od 50 % neba pokrivenog oblacima, uglavnom srednji (nimbostratusi) i visoki (cirrusi). Na početku razdoblja trenutačna dnevna temperatura raste kad je nebo djelomično pokriveno visokim oblacima (15.10. – 17.10.), a uz razvedranje i manji pad trenutačne dnevne temperature nastavlja rasti do maksimalnih 22 °C (21.10.). Pojavom naoblake (cumulusi) njena vrijednost se smanjuje na 15 °C, da bi potom rasla kada se oblaci promjene u srednje visoke (altostratusi), iako je naoblaka potrajala (24.10. – 28.10.). Također, isto ponašanje uočavamo i u periodu 3.11. – 6.11. Nakon toga ide razdoblje vedrine pri kojem se temperatura snižava na 14 °C i uz manje oscilacije zadržava do kraja promatranog razdoblja, premda pri kraju promatranog razdoblja dolazi 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 više od 50 % neba pokrivenog oblacima, srednjim (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 pada na minimalnu vrijednost (14 °C) promatranog razdoblja. Dani u kojima je bilo vedro vrijeme 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 više od 50 % neba pokrivenog uglavnom oblacima srednje visine (altostratusi). U početku promatranog razdoblja (16.10. – 21.10.) prisutan je trend rasta trenutačne dnevne temperature zraka tijekom razvedranja i za vedrih dana. Taj trend rasta naglo se mijenja, te se trenutačna temperatura snižava na svoju minimalnu od 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

Kao jedni od glavnih regulatora toplinskih procesa u atmosferi, oblaci imaju složenu ulogu u klimatskom sustavu. Oni utječu na količinu Sunčeve energije (kratkovalnog zračenja) koja dopire do Zemljine površine, ali također su u interakciji i s dugovalnim toplinskim zračenjem koje Zemljina površina i donja atmosfera emitiraju. Na taj način utječu na atmosfersku cirkulaciju te posljedično na oborine.

U bilo kojem trenutku, oko 70% Zemljine površine pokriveno je oblacima koji dakle imaju važnu ulogu u kontroliranju Zemljine temperature. 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 [5].

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. Dakle, Zemlja se za vedrih noći više hladi.

Ukoliko je nebo pokriveno oblacima onda će do površine Zemlje stizati manji intenzitet Sunčevog zračenja pa će se Zemlja manje zagrijavati, a tako i zrak. Taj intenzitet ovisi o vrsti oblaka koji pokrivaju nebo, kao i o ukupnoj naoblaci. Niski, gusti oblaci prvenstveno odbijaju Sunčevo zračenje i hlade površinu Zemlje. Visoki, tanki oblaci prvenstveno prenose dolazno Sunčevo zračenje; u isto vrijeme, oni apsorbiraju dio toplinske energije koji emitira Zemlja i otpuštaju dio te topline natrag prema tlu, zagrijavajući tako površinu Zemlje. Na taj način sprječavaju da se Zemlja noću brže hladi, kao što je slučaj u vedrim noćima. Hoće li određeni oblak zagrijati ili ohladiti površinu, ovisi dakle o nekoliko faktora [5].

Ukupna naoblaka je jedan od faktora utjecaja na temperaturu Zemlje. Veća naoblaka općenito znači da oblaci reflektiraju više svjetla i imaju jači učinak hlađenja. Nadalje, sastav čestica koje tvore oblak je važan jer utječe na reflektivnost oblaka. Kristali leda i kapljice vode različito raspršuju svjetlost. Ako oblaci sadrže više kapljica vode, postaju bjeliji i reflektirat će više Sunčeve svjetlosti, što će ohladiti površinu Zemlje. Konačno, nadmorska visina oblaka također je važna. Viši oblaci imaju tendenciju biti hladniji, pa emitiraju manje topline u svemir i tako je bolje zadržavaju u našoj atmosferi od niskih oblaka koji su topliji i emitiraju više tog dugovalnog zračenja. Stoga viši oblaci imaju tendenciju zagrijavanja Zemljine površine i atmosfere [6].

Satelitska mjerenja pokazala su da je u prosjeku učinak hlađenja oblaka veći od njihova učinka zagrijavanja. Znanstvenici su izračunali da bi naš planet u prosjeku bio više od 5 °C topliji da se oblaci nikad ne formiraju u Zemljinoj atmosferi [5]. Općenito, globalna naoblaka smanjuje zagrijanost Zemlje [7]. Ova činjenica je važna u kontekstu globalnog zatopljenja jer oblaci smanjuju njegov utjecaj, a razumijevanje formiranja oblaka ključno je i jedna od najvećih neizvjesnosti kod predviđanja klimatskih promjena [8]. Sherwood i sur. [9] su pomoću klimatskih modela procijenili da bi do 2100. godine prosječna globalna temperatura mogla porasti između 3 do 5 °C ako se razina CO<sub>2</sub> udvostruči, što je znatno više od do tada prihvaćene donje granice od 1,5 °C. Njihovo istraživanje je pokazalo da dotadašnji modeli nisu reproducirali ispravne procese koji dovode do stvaranja oblaka. Istražujući ulogu vodene pare u formiranju oblaka, zaključili su da se manje oblaka stvara kako se atmosfera zagrijava. Naime, toplija atmosfera može zadržati više vodene pare prije nego što postane zasićena i počne se kondenzirati [6]. S obzirom da je vodena para najzastupljeniji i najjači staklenički plin [10], postoji povratna sprega koja uzrokuje više zagrijavanja: temperatura raste, pa se povećava i količina vodene pare, a tako opet raste temperatura [6]. S druge strane, manje oblaka povećava količinu Sunčeve svjetlosti koja ulazi u atmosferu, što čini osjetljivost klime na koncentraciju CO<sub>2</sub> u atmosferi puno većom nego što se prije mislilo [8].

Iz svega navedenog može se zaključiti da je interakcija oblaka i temperature zraka složena što su i rezultati našeg istraživanja potvrdili. 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 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. Uočili smo da je u danima kontinuirane vedrine oscilirala vrijednost trenutačne dnevne temperature (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 bi se dalo zaključiti da odsutnost 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 o 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 bilo pokriveno srednjim ili niskim oblacima. Pogotovo to vrijedi u trenucima kada se mjerila maksimalna vrijednost trenutačne dnevne temperature.

Međutim, ne možemo tvrditi da to apsolutno uvijek vrijedi. Uočavamo da 22.1.2021. godine kada je nebo bilo pokriveno oblacima srednje visine (altostratusi) trenutačna dnevna temperatura doseže 14 °C, što je gotovo maksimalna trenutačna dnevna temperatura (15 °C) za dano razdoblje.

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 2014. GLOBE Teacher's Guide (Protocols). The GLOBE Program. <https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide>, (pristupljeno 10.12.2023.)
3. GLOBE 2023. Srednja škola Braća Radić. The GLOBE Program. <https://www.globe.gov/web/srednja-skola-braca-radic>, (pristupljeno 10.12.2023.)
4. 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.
5. GLOBE 1995. Cloud Science. GLOBE Observer. The GLOBE Program. <https://observer.globe.gov/do-globe-observer/clouds/science>, (pristupljeno 10.12.2022.)
6. 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-one-biggest-uncertainties-climate-change>, (pristupljeno 18.1.2023.)
7. NASA 2023. How do clouds affect Earth's climate? NASA Climate Kids. <https://climatekids.nasa.gov/cloud-climate/>, (pristupljeno 10.12.2023.)
8. The Guardian 2013. Climate change models underestimate likely temperature rise, report shows. <https://www.theguardian.com/science/2014/jan/01/climate-change-models-underestimate-likely-temperature-rise-report-shows>, (pristupljeno 18.1.2023.)



9. Sherwood S., Bony S., Dufresne, J.L. 2014. Spread in model climate sensitivity traced to atmospheric convective mixing. *Nature* 505: 37–42. <https://doi.org/10.1038/nature12829>

10. Wikipedija 2022. Staklenički plinovi. [https://hr.wikipedia.org/wiki/Stakleni%C4%8Dki\\_plinovi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Stakleni%C4%8Dki_plinovi), (pristupljeno 20.8.2023.)