

Ponešto o cikloni Deborah

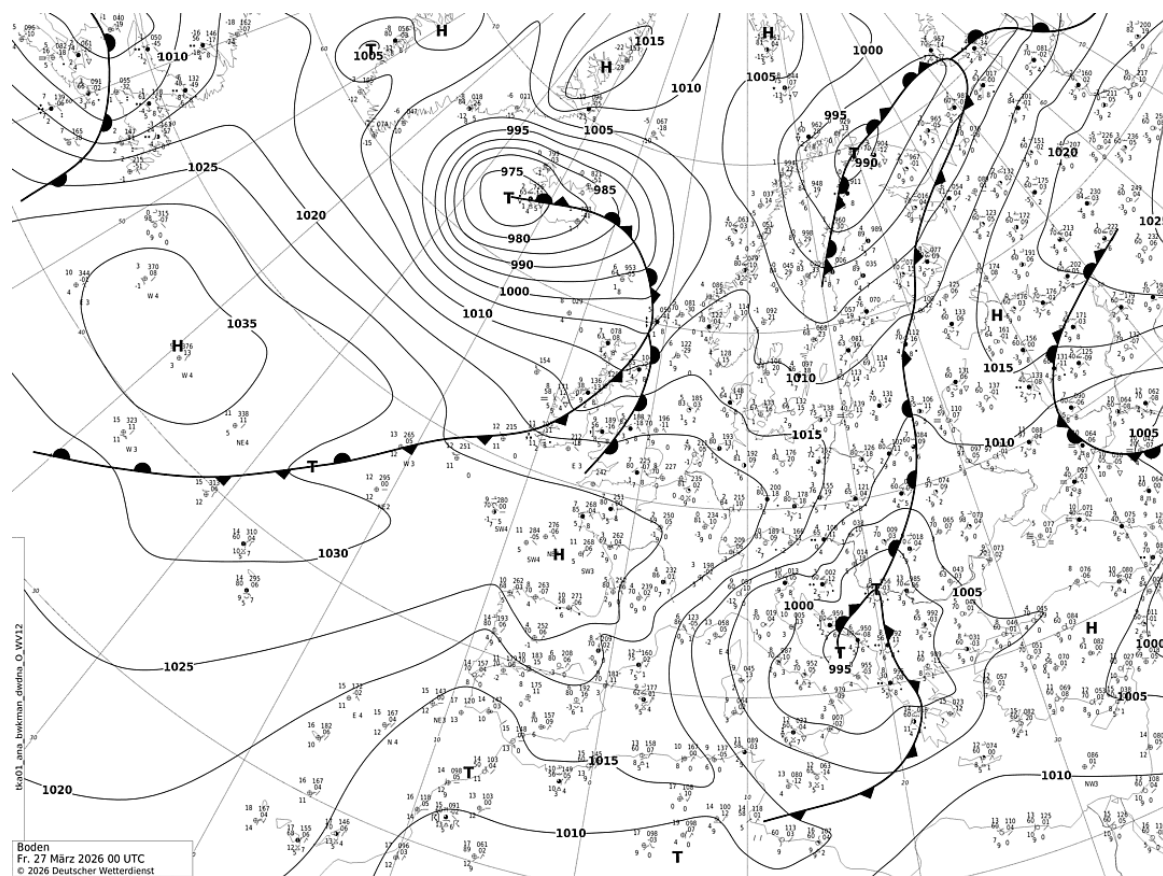
Kristian Horvath, Patrik Jureša i Iva Dasović

Geofizički odsjek prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Što se dogodilo?

U noći na četvrtak 26. ožujka 2026. zahvatila nas je izrazita promjena vremena koja je uzrokovala ekstremne vremenske pojave i znatnu infrastrukturnu štetu. Hladna fronta izražene ciklone koja se nalazila iznad Skandinavskog poluotoka uzrokovala je stvaranje malene ali duboke ciklone iznad sjeverne Italije koja se premještala duž Jadrana i snažno utjecala na vrijeme u Hrvatskoj.

Budući da je ciklona (s niskim tlakom u središtu) izražena, tako je i pad tlaka prema njezinom centru vrlo velik, a upravo gradijent tlaka (razlika tlaka između dva mjesta u nekom području) utječe na strujanje zraka i njegovu brzinu. Gibanje zraka u cikloni suprotno je od smjera kazaljke na satu, zbog čega je vjetar na Jadranu zakretao – prvo je puhalo jugo, oštro i lebić, a onda je okrenulo na jaku i olujnu buru i tramontanu kako se ciklona premještala prema jugoistoku. U unutrašnjosti smo dva dana bili pod utjecajem jakog sjevernog vjetra.

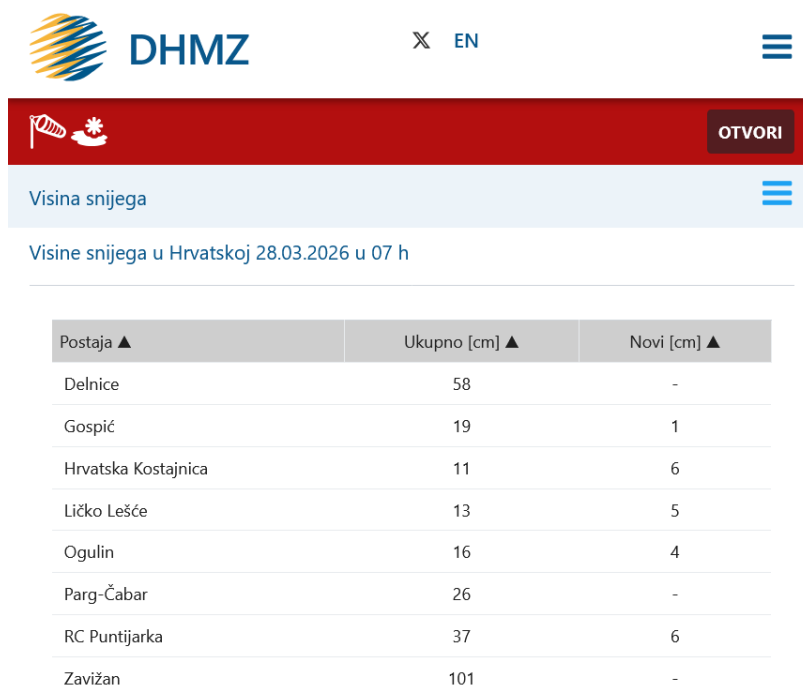


Slika 1. Prizemna sinoptička karta koja za petak 27. ožujka 2026. u 00 UTC (01 h SEV) pokazuje središte Genovske ciklone nad Južnim Jadranom (slovo T, s tlakom zraka od 995 hPa). Izvor: Deutscher Wetterdienst (DWD, https://www.wetter3.de/archiv_dwd_dt.html).

Za razliku od obalnih područja Jadrana gdje olujan i jači od olujnog vjeta (> 62 km/h ili 17,2 m/s) puše relativno učestalo, neuobičajeno vjetrovito bilo je ovaj puta u Zagrebu. Prema podacima DHMZ-a [1] na postaji Zagreb Maksimir izmjereni je maksimalni udar vjeta od 96,1 km/h (26,7 m/s) iz smjera NNE što je najveći maksimum vjeta izmjeren na toj postaji od 2005. godine. Na novoj postaji Zagreb Sokolovac izmjeren je apsolutni maksimum udara vjeta u području od 120 km/h (33,5 m/s) iz smjera sjevera (N). Teorijom procjene ekstrema može se procijeniti povratno razdoblje ovakvih udara vjeta u području Zagreba od oko 100 godina. To znači da ovako jak vjetar možemo očekivati **prosječno** jednom u 100 godina. Koliko su ovo iznimne vrijednosti govori i podatak da su u Zagrebu najveći izmjereni udari vjeta u razdoblju 2005. – 2025. godine bili iz smjera zapad – sjeverozapad (WNW; 26,1 m/s, 7. srpnja 2008.) i sjeverozapad (NW; 25,5 m/s za vrijeme superćelije 19. srpnja 2023.), dok je najveći godišnji maksimum sjevernog smjera dosad izmjeren bio 23,1 m/s 2013. godine.

Uz vjetar, nestabilan zrak donio je i obilnu kišu te obilan snijeg posebno višim (gorskim) predjelima Hrvatske. Tako je, prema podacima DHMZ-a [2], ova ciklona donijela 37 cm snijega na Medvednici na Puntijarki (do 27. ožujak u 7 h palo je 19 cm), a u Gorskom kotaru i planinama mjestimično i do metar snijega (Delnice 58 cm, 28. ožujka 2026.) - na Zavižanu je zabilježena visina čak od 101 cm (28. ožujka 2026., dok je do 27. ožujak u 7 h palo je 91 cm [3])! Obilan snijeg u sinergiji sa snažnim vjetrom tako je prouzročio i mećave i zapuhe.

Posljedice velike količine oborina vide se malo sa zakašnjenjem kroz nabujale potoke i rijeke te mogućnost njihova izlivanja iz korita i uzrokovanja poplava.



 × EN		
 OTVORI		
Visina snijega		
Visine snijega u Hrvatskoj 28.03.2026 u 07 h		
Postaja ▲	Ukupno [cm] ▲	Novi [cm] ▲
Delnice	58	-
Gospić	19	1
Hrvatska Kostajnica	11	6
Ličko Lešće	13	5
Ogulin	16	4
Parg-Čabar	26	-
RC Puntijarka	37	6
Zavižan	101	-

Slika 2. Visine snijega izmjerene u Hrvatskoj na meteorološkim postajama Državnog hidrometeorološkog zavoda u 28. ožujka 2026. u 7 h. [2]

Što je uzrok nastanka ove ciklone?

Po svojoj sinoptičkoj situaciji ciklona u Jadranu nastala je kao zavjetrinska alpska ciklona, često zvana Genovskom ciklonom. Sastojci koji su potrebni za njezino stvaranje su postojanje “ciklone majke” na sjeveru Europe čija se hladna fronta polarnog zraka spušta prema našim krajevima te istovremeno i visinska dolina odnosno meandrirajuća mlazna struja u kojoj se zrak vrtloži i koja prelazi sa sjevera preko Alpa prema Sredozemlju. U takvoj situaciji dolazi do usporavanja hladnog zraka na sjevernoj strani Alpa te naglog pada tlaka zraka s južne strane Alpa jer visinska dolina prelazeći Alpe dolazi nad relativno topliji i rjeđi zrak nad Genovskim zaljevom, sjevernom Italijom i sjevernim Jadranom. Nakon te početne faze stvaranja zavjetrinske ciklone s južne strane Alpa, energija za njezino produbljivanje dolazi od velikih prostornih promjena prizemne temperature.

Zašto je ova ciklona uzrokovala ekstremno vrijeme?

Proces stvaranja Genovske ciklone odvija se u prosjeku svaka dva tjedna i zato je područje južno od Alpa jedno od područja umjerenih zemljopisnih širina gdje se najčešće stvaraju ciklone. Niti po svojoj dubini određenoj tlakom u minimumu ciklone, ova ciklona nije bila iznimna. Međutim, u ovom slučaju postoje neke posebnosti koje su uzrokovale da ova ciklona bude toliko ekstremna. Jedan razlog je postojanje središta iznimno jakog vrtloženja zraka na visini (> 10 PVU) koje je pridonijelo stvaranju prizemnog ciklonalnog vrtloga. Drugi razlog je izrazito meandriranje mlazne struje što je uzrokovalo da su ciklone na Atlantiku i sjeveru Europe i zavjetrinska ciklona u Jadranu udaljene više nego je uobičajeno. To je omogućilo stvaranje grebena visokog tlaka sjeverno od Alpa između ove dvije ciklone. Prostorna promjena tlaka od sjeverne strane Alpa do središta ciklone u Jadranu tako je iznosila oko 30 hPa što je uzrokovalo izrazito jako strujanje sjevernog hladnog zraka s istočne strane Alpa. Treći je razlog to što se prelaskom preko Medvednice sjeverno strujanje dodatno ubrzalo uz povećanje mahovitosti vjetra. Upravo zbog toga najveće štetu u Zagrebu primijećene su u podsljemenskom području i bliže Medvednice.

Što će biti s ovakvim događajima u budućoj klimi?

Simulacije klimatskim modelima pokazuju dva trenda vezana za ciklone u našim područjima. Prvi je da se općenito smanjuje broj ciklona u Sredozemlju i da će se to smanjenje nastaviti u budućoj klimi. Drugi je da zbog usporavanja zonalnog vjetra jača meandriranje visinske mlazne struje što će omogućiti jače i dugotrajnije prodore hladnog zraka prema jugu i toplog zraka prema sjeveru. Na taj način očekuju se ekstremnije vremenske prilike, kako što se tiče ciklona i ekstremne oborine, tako i suša i požara.

Izuzetno je važno i pravilno interpretirati podatke i o 100-godišnjem povratnom razdoblju udara vjetra u Zagrebu. Naime, povratno razdoblje ne znači da će se takav ekstreman događaj ponavljati točno svakih 100 godina, nego jednom u prosjeku svakih 100 godina. Drugim riječima, postoji vjerojatnost od 1% da se događaj ponovi bilo koje od idućih sto

godina. Također, u klimi koja se mijenja svjedočimo i jačanju ekstrema primjerice konvektivnih oluja poput superćelija što će dovesti do toga da će slučaja olujnog vremena u Zagrebu itekako biti idućih godina.

Što možemo učiniti da smanjimo rizike od olujnog nevremena?

Konačno, unatoč dugom povratnom razdoblju o nemamo mogućnost “opuštanja” od učinaka ovakvih oluja. Sadašnje oluje gotovo svake godine nam pričinjavaju ekonomsku i infrastrukturnu štetu a nažalost ponekad i poneku ljudsku žrtvu. Upozorenja DHMZ-a tu su neizmjerno važna da se sklonimo na sigurno, učinimo neke zaštitne aktivnosti i smanjimo našu izloženost takvim ekstremnim pojavama, a velik je utjecaj ovakvih događaja i na gospodarstvo. Zračni, cestovni i morski promet pod izrazitim su utjecajem vremenskih neprilika. Što se tiče konstrukcija u građevinarstvu i infrastrukture u energetici, nužno je već prilikom planiranja izgradnje osigurati njihovu otpornost na ovakve pojave. Velike štete od olujnog vjetra trpe i naše šume, a poseban rizik predstavlja rušenje stabala pod utjecajem vjetra u gradskim područjima.

U vidu klimatskih promjena i sve češćih vjetrovnih i drugih ekstrema nužno je osvježiti procjene očekivanih ekstremnih vremenskih pojava (ekstremni vjetar, snijeg, minimalna i maksimalna temperatura) za potrebe građevinarstva i energetike kroz nove nacionalne dodatke europskim normama. Također valja razmotriti još jači naglasak na dinamička opterećenja od udara vjetra koji imaju velik učinak na konstrukcije poput nadzemnih vodova prijenosne i distribucijske elektroenergetske mreže, solarnih panela te raznih konstrukcija (krovova, dizalica, fasada, sportskih balona, i drugo).

Umjesto zaključka...

Posljedice smo svi vidjeli: dugotrajan snažan vjetar posebno s olujnim i orkanskim udarima rušio je i lomio stabla, oštećivao krovove i fasade, zajedno sa snijegom otežavao je ili potpuno prekinuo promet te uzrokovao prekid u prijenosu električne energije, a posljedice velike količine oborina vide se malo sa zakašnjenjem kroz nabujale potoke i rijeke koje prijete poplavama.

Ovakav razvoj sinoptičke situacije kolege prognostičari s DHMZ-a pravovremeno su uočili, a kako se sustav približavao u vremenu i prostoru te su prognostički modeli davali pouzdaniju informaciju, izdali su upozorenja visokog stupnja putem različitih medija te su javljali i izmjene kako su se prognoze mijenjale. Smisao ovakvih upozorenja je smanjenje ili izbjegavanje loših posljedica odnosno prilagodba vlastitih planova i aktivnosti atmosferskim prilikama jer one se neće prilagoditi našim.

Mnoge čovjekove aktivnosti i njegova sigurnost ovise o vremenskim prilikama ili one njega bitno utječu. Meteorolozi svojim znanjem doprinose boljitku društva i zaštiti okoliša, proučavajući prirodne zakonitosti i primjenjujući naučeno. Budući da je atmosfera toliko složena, još mnogo toga trebamo istražiti i/ili naučiti učinkovito primjenjivati. Upravo zato potreba za novim meteorološkim snagama postoji! Na našem prijediplomskom i

diplomskom studiju (fizike –)geofizike obrazujemo nove meteorologe koji će pomoći društvu da bude pripremljenije i otpornije.



Slika 3. Srušena stabla i polomljeno granje ispred zgrade Geofizičkog odsjeka PMF-a. (Autor: Krešimir Kuk, 28. ožujka 2026.)

Popis izvora

[1] https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr27032026 (Pristupljeno 28. ožujka 2026. u 18:00.)

[2] https://meteo.hr/podaci.php?section=podaci_vrijeme¶m=snijeg_n (Pristupljeno 28. ožujka 2026. u 18:00.)

[3] https://x.com/DHMZ_HR/status/2037446277747597450 (Pristupljeno 28. ožujka 2026. u 18:00.)

Preporuka za čitanje

DHMZ (2026): Orkanski vjetar 27. 3. 2026. u Zagrebu. Objavljeno 27. ožujka 2026. https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr27032026

DHMZ (2026): Zima se vraća . Objavljeno 24. ožujka 2026. https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr24032026

Pojašnjenje nekih pojmova

duboka ciklona = područje izrazito niskog tlaka zraka koje se proteže kroz cijelu troposferu

dolina niskog tlaka = područje nižeg tlaka zraka izduženog oblika kojem izobare nisu zatvorene (kao što je to kod ciklone) [http://jadran.gfz.hr/pojmovnik_d.html, pristupljeno 28. ožujka 2026. u 18:35]

orkanski vjetar = vjetar brzine 89 – 102 km/h [<https://struna.ihjj.hr/naziv/orkanski-vjetar/21623/#naziv>, pristupljeno 28. ožujka 2026. u 18:35]

PVU = jedinica potencijalne vrtložnosti (engl. *potential vorticity unit*), $1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ K kg}^{-1}$ Potencijalna vrtložnost (engl. *potential vorticity, PV*) temeljni je koncept u dinamičkoj meteorologiji i oceanografiji koji kombinira vrtložnost (rotaciju) fluida (tekućina i plinova) i stabilnost stratifikacije (kako se temperatura mijenja po visini) u jednu očuvanu veličinu. Intenzivno se koristi za razumijevanje i prognozu atmosferskih pojava kao što su ciklogeneze (razvoj ciklona), atmosferski valovi (Rossbyjevi valovi), te za analizu prodora stratosferskog zraka u troposferu (lom tropopauze). [http://jadrangfz.hr/pojmovnik_p.html, pristupljeno 28. ožujka 2026. u 18:30]

sinoptička meteorologija = grana meteorologije koja se bavi analizom i prognozom vremena na temelju prizemnih i visinskih podataka o stanju atmosfere na širem području, koristeći se numeričkim metodama [https://hr.wikipedia.org/wiki/Sinoptička_meteorologija, pristupljeno 28. ožujka 2026. u 18:30]

sinoptika = dio meteorologije, znanost o vremenu i predviđanju vremena [https://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id&id=d19hWBY%3D&keyword=sinoptika, pristupljeno 28. ožujka 2026. u 18:30]

BloGEO

https://www.pmf.unizg.hr/geof/popularizacija_geofizike/bloge