

# Analiza prekida prometa na dionici Klenovica - Senj zbog djelovanja bure

---

Čančar, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:564049>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-19**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ana Čančar

**ANALIZA PREKIDA PROMETA NA DIONICI  
KLENOVICA – SENJ ZBOG DJELOVANJA BURE**

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ana Čančar

**ANALIZA PREKIDA PROMETA NA DIONICI  
KLENOVICA – SENJ ZBOG DJELOVANJA BURE**

ZAVRŠNI ISPIT

Mentor: prof. dr. sc. Goran Lončar

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Ana Čančar

**ANALYSIS OF TRAFFIC INTERRUPTIONS ON THE  
SECTION KLENOVICA – SENJ DUE TO THE BORA  
WIND EFFECTS**

FINAL EXAM

Supervisor: Goran Lončar

Zagreb, 2024.

## ZAHVALE

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Goranu Lončaru na strpljenju, razumijevanju, moralnoj podršci kao i na pristupačnosti i svom vremenu koje je uložio kako bi pomogao.

Zahvaljujem svojim roditeljima, ocu Nikoli i majci Nadi, što su vjerovali u mene i u svemu me bodrili tokom mojih godina studija.

Zahvaljujem bratu Nini i sestri Neli na podršci.

Veliko hvala Jošku koji je vjerovao u mene i svojom ljubavlju i potporom doprinio ovom uspjehu.

## SAŽETAK

Između Klenovice i Senja (dionica državne ceste D8) učestalo dolazi do zatvaranja prometa uslijed jakih udara vjetra (bure) za prvu skupinu vozila (autobusi na kat, vozila s kamp-prikolicom i motocikli). Zatvaranje ceste između Klenovice i Senja dešava se kada izmjereni sekundni udari vjetra na Balinskom vijaduktu premaše 25 m/s u slučaju mokrog kolnika i 30,6 m/s u slučaju suhog kolnika (prema važećem pravilniku Hrvatskih cesta).

U ovom radu provedena je analiza prostorne raspodjele brzine vjetra na dionici ceste između Klenovice i Senja temeljem modula „Wind effect“, dostupnog u sklopu platforme QGIS te brzine i smjera vjetra iz numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr u razdoblju 1998.-2001. U QGIS sučelju je za proračune brzine uzduž analizirane cestovne dionice korištena prostorna rezolucija podataka od 25m, a podaci o brzini i smjeru vjetra iz modela Aladin-Hr imaju prostornu rezoluciju od 4km i vremensku rezoluciju od 3h.

Rezultati provedene analize pokazali su da nije potrebno provesti zatvaranje ceste D-8 na dionici Klenovica - Senj ukoliko se na referentnoj anemografskoj postaji za cestu D-8 (Balinski most) registrira premašenje maksimalno dopuštenih brzina vjetra. Zaključak je kako bi se izgradnjom infrastrukture poput burobrana na kritičnim točkama moglo umanjiti utjecaj vjetra na sigurnost prometa te izbjeći češće zatvaranje prometnice.

**Ključne riječi:** analiza brzine vjetra; sigurnost prometa; bura; Balinski viadukt; maksimalna brzina vjetra; QGIS platforma; Aladin-HR model; državna cesta D8

## SUMMARY

Between Klenovica and Senj (on the D8 state road section), traffic is frequently closed due to strong wind gusts (bura) for the first category of vehicles (double-decker buses, vehicles with caravans, and motorcycles). The road closure between Klenovica and Senj occurs when wind gusts measured at the Balinski Viaduct exceed 25 m/s in wet road conditions and 30.6 m/s in dry road conditions (according to the current regulations of Croatian Roads).

In this study, an analysis of the spatial distribution of wind speed along the road section between Klenovica and Senj was conducted using the "Wind effect" module available in the QGIS platform, along with wind speed and direction data from the Aladin-Hr numerical atmospheric model for the period 1998-2001. In the QGIS interface, a spatial resolution of 25m was used for calculations along the analyzed road section, while the wind speed and direction data from the Aladin-Hr model have a spatial resolution of 4km and a temporal resolution of 3 hours.

The results of the conducted analysis show that it is not necessary to close the D-8 road section between Klenovica and Senj if the reference anemographic station for the D-8 road (Balinski Most) registers a wind speed exceeding the maximum allowed value. The conclusion is that by constructing infrastructure such as windbreaks at critical points, the impact of wind on traffic safety could be reduced, thereby avoiding more frequent road closures.

**Key words:** wind speed analysis; traffic safety; bora; maximum wind speed; QGIS platform; Aladin-HR model; state road D8

---

## SADRŽAJ

ZAHVALE .....	i
SAŽETAK .....	ii
SUMMARY .....	iii
SADRŽAJ .....	iv
1. UVOD .....	1
2. PODLOGE – BRZINE I SMJER VJETRA IZ MODELA ALADIN- HR .....	2
3. <i>USPOSTAVA MODELA PROSTORNE RASPODJELE VJETRA U QGIS SUČELJU</i> .....	7
3.1. Početne postavke sučelja i uvlačenje osnovnih podloga.....	7
3.2. Primjena QGIS modula „Wind effect“ .....	9
4. REZULTATI PROVEDENIH ANALIZA.....	10
5. ZAKLJUČAK .....	16
POPIS LITERATURE .....	17
POPIS SLIKA .....	18



## 1. UVOD

Situacije u kojima je promet zatvoren generiraju neposredni i posredni društveni trošak kroz izgubljeno vrijeme, nemogućnost obavljanja poslova koji zahtijevaju prolazak tom dionicom, negativan utjecaj na turizam i slično. Iz tog razloga potrebno je utvrditi može li se kroz doradu protokola za zatvaranje prometnice na pojedinim dijelovima prometnice smanjiti ukupno vrijeme u godini u kojem je prometnica zatvorena.

Protokol zatvaranja državne ceste D-8 za cjelokupnu dionicu od Novog Vinodolskog do Karlobaga je sljedeći. Dežurni službenik u društvu kapitala (privatne firme) prati prognoze o brzini i smjeru vjetra (model Aladin-Hr za prognozu vjetra +72h). Ukoliko prognoza ukazuje na moguću pojavu vrlo jakog i olujnog vjetra (primarno bure) prate se mjereni jednosekundni udari vjetra na lokacijama Balinski vijadukt (meteo postaja od HC, prati se i temperatura i stanje kolnika, 24km od Senja). Prema potrebi na teren se šalje ophodar koji s ručnim anemometrom mjeri udare vjetra.

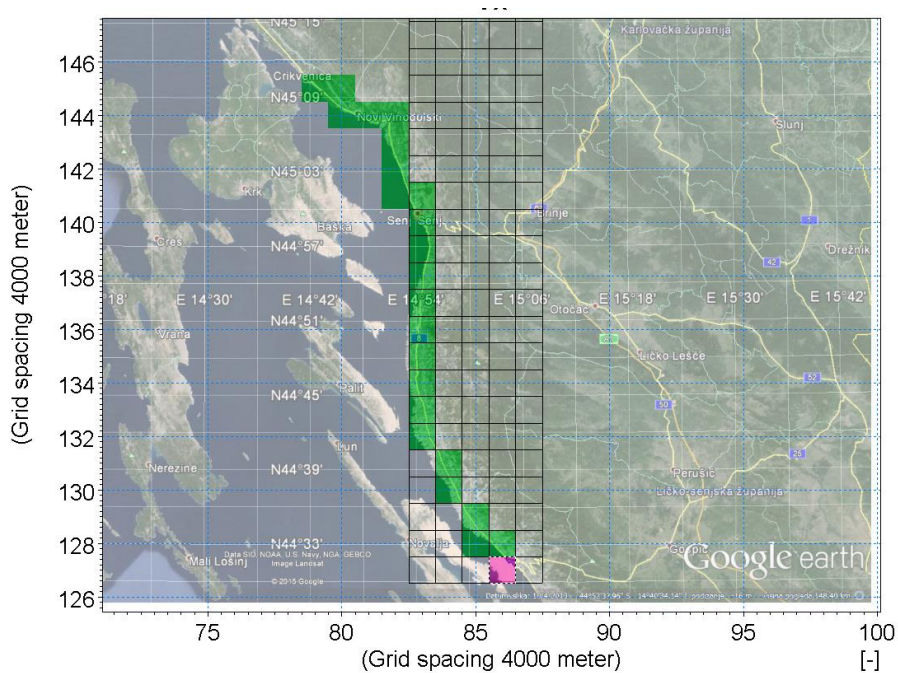
Prema tablici iz *Pravilnika o obavljanja prometa u zimskim uvjetima* donosi se odluka o zatvaranju ceste. Primjerice, za autobuse, teretna i osobna vozila maksimalni dozvoljeni sekundni udari vjetra su 110 km/h pri uvjetima suhog kolnika, 90 km/h pri uvjetima mokrog kolnika, te 60 km/h pri uvjetima zaleđenog kolnika.

## 2. PODLOGE – BRZINE I SMJER VJETRA IZ MODELA ALADIN- HR

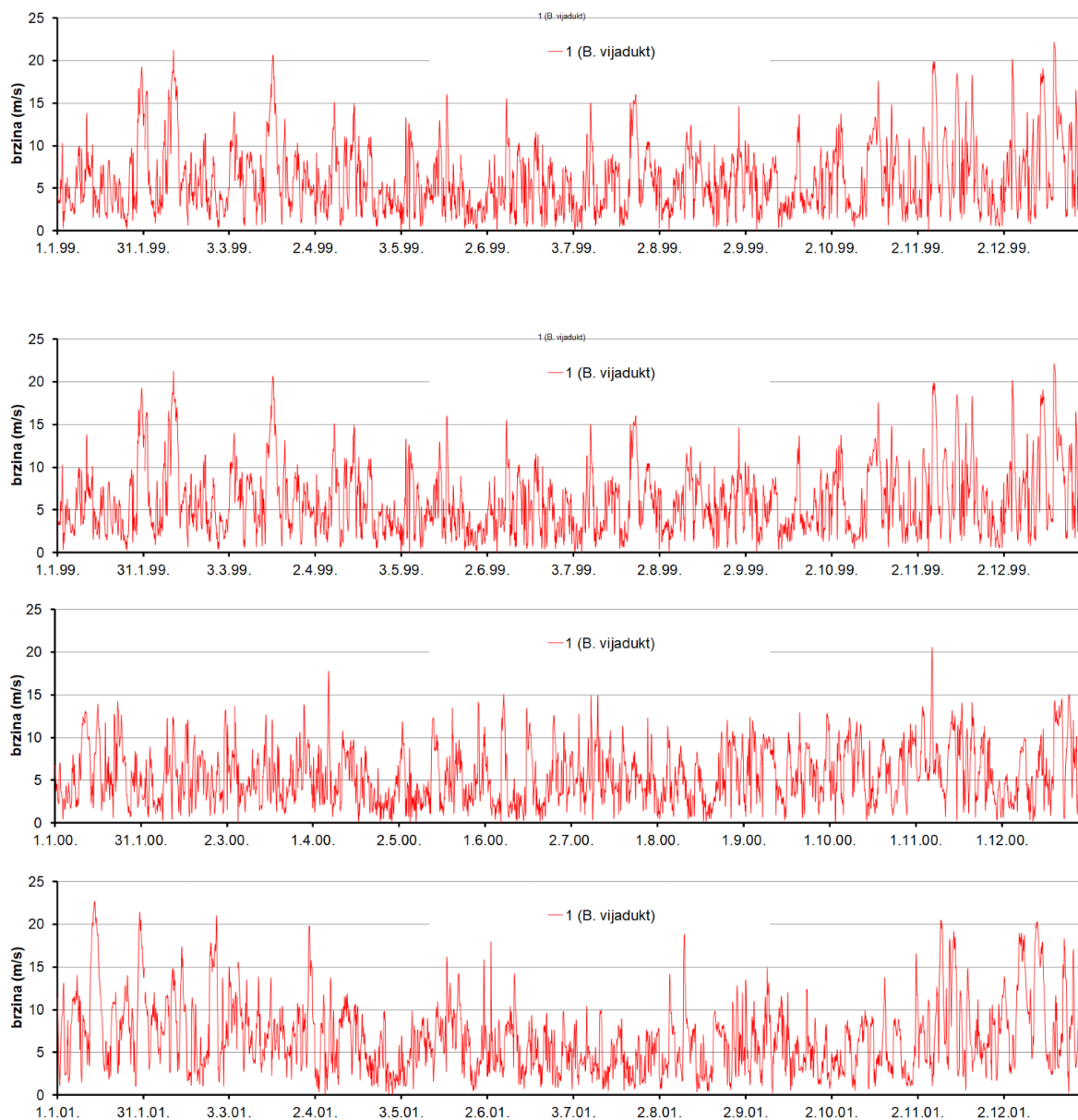
U Državnom hidrometeorološkom zavodu Hrvatske je trenutno operativno funkcionalan atmosferski model Aladin-Hr u hidrostatskoj verziji baziranoj na primitivnim jednadžbama sa numeričkom implementacijom razvijenom u kooperaciji sa nekoliko nacionalnih meteoroloških institucija. Model proizlazi iz globalnog ARPEGE (Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle) modela od Meteo-France (Courtier i sur., 1991.), s kojime izmjenjuje i podatke o većini fizikalnih relevantnih parametara potrebnih za definiranje rubnih uvjeta (Cordoneanu i Geleyn, 1998.). Model Aladin koristi prostornu rezoluciju dostatnu za razlučivanje intenzivnih izmjena u smjerovima i intenzitetima prevladavajućih vjetrova na području Jadrana (Brzović i Strelec-Mahović, 1999.; Ivatek-Sahdan i Tudor, 2004.).

Na slici 2.1 prikazane su točke ekstrakcije rezultata brzine i smjera vjetra iz numeričkog atmosferskog modela Aladin-HR sa prostornom rezolucijom 4km i vremenskom rezolucijom rezultata od 3 sata (za razdoblje 1998.-2001.). Točka 1 predstavlja poziciju proračunske ćelije numeričkog modela Aladin-Hr u kojoj se nalazi i Balinski vijadukt.

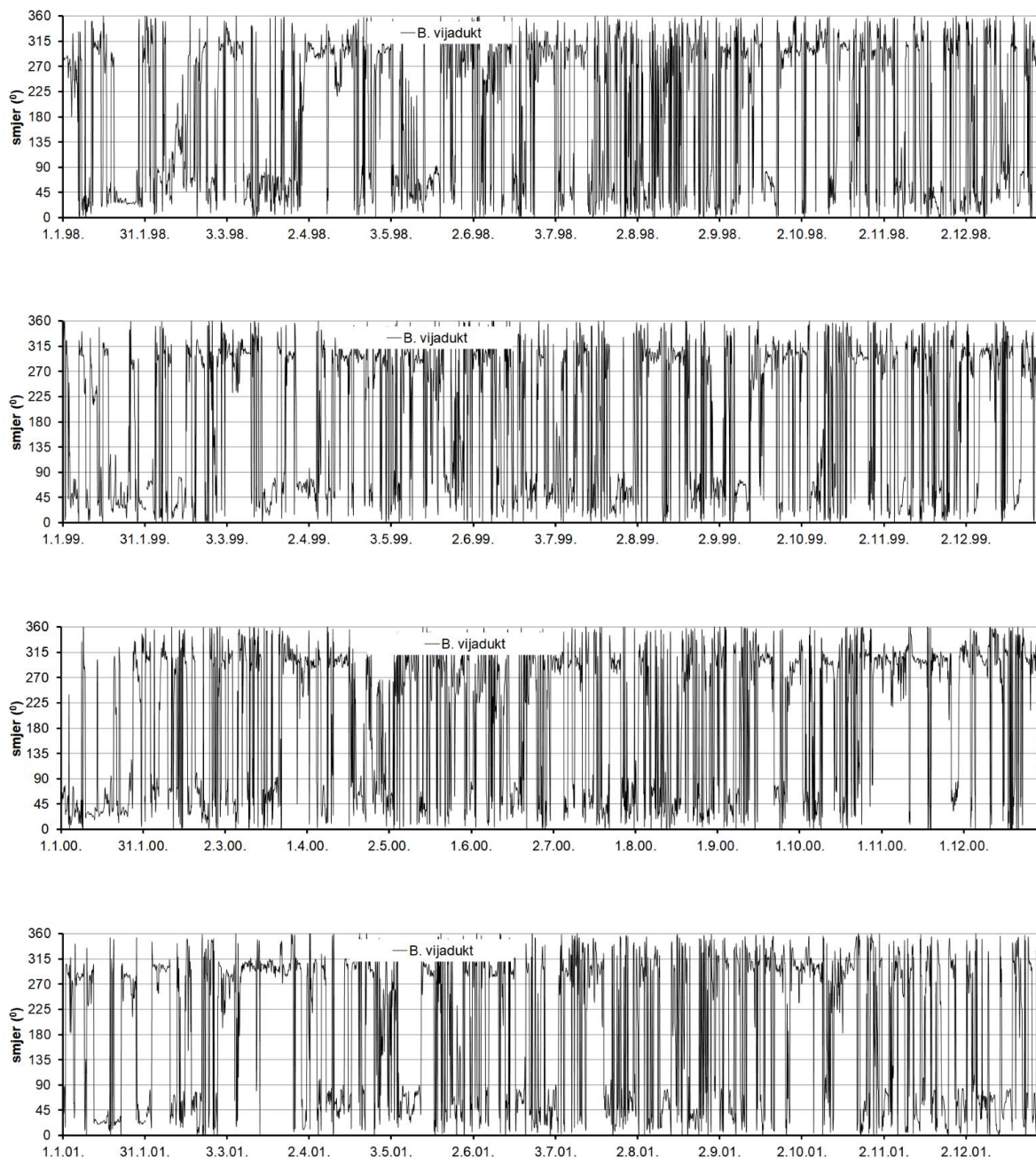
Na slikama 2.2 i 2.3 prikazane su vremenske serije brzine i smjera vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka) za poziciju točke 1 (Balinski most).



**Slika 2.1** Čelije iz proračunske mreže atmosferskog modela Aladin-HR (prostorna rezolucija 4 km) na dionici državne ceste D-8 od Novog Vinodolskog do Karlobaga (u ćeliji 1 nalazi se Balinski viadukt)



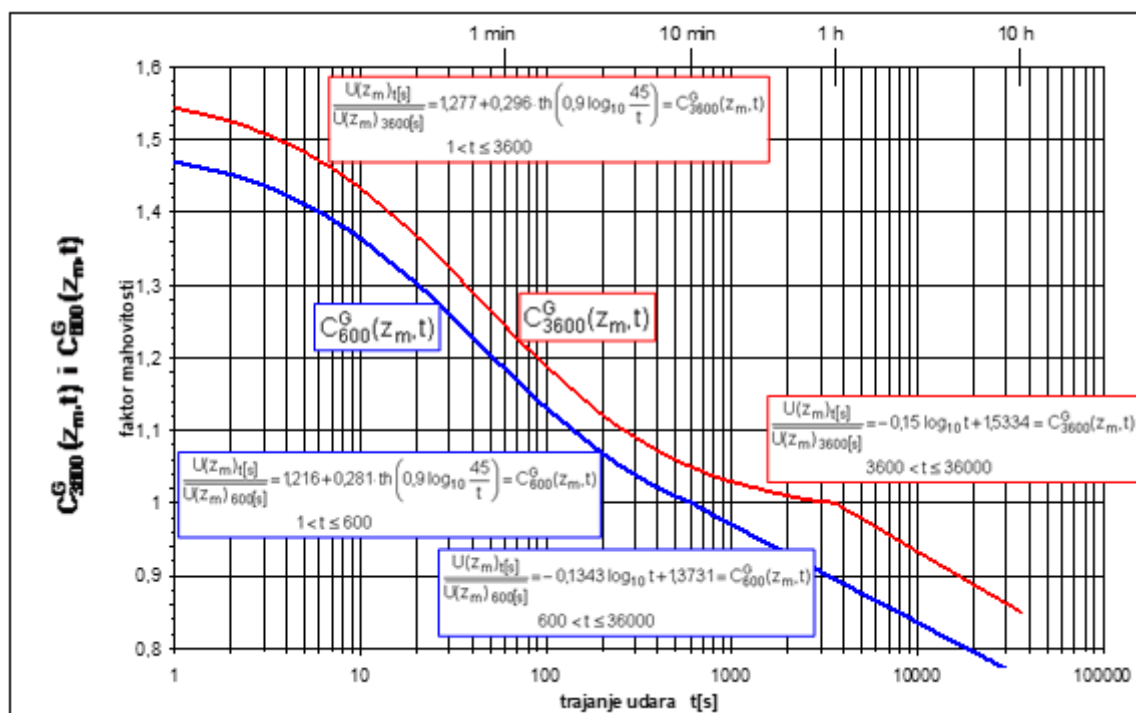
**Slika 2.2** Vremenske serije brzine vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za poziciju točke 1 (Balinski vijadukt)



**Slika 2.3** Vremenska serija smjera vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za poziciju točke 1 (Balinski vijadukt)

Potrebno je napomenuti da su izlazni podaci iz modela Aldin-HR trosatni srednjaci brzine i smjera vjetra (slika 2.2), a udari vjetra su jednosekundne vrijednosti. Iz prikazanog dijagrama sa slike 2.4 mogu se očitati koeficijenti uvećanja, sa trosatnog u jednosatnu vrijednost  $V_{\text{satni}} = 1/0,93 * V_{\text{trosatni}}$ , te nakon toga iz jednosatnog u sekundni  $V_{\text{sekundni}} = 1,55 * V_{\text{satni}}$ .

Nadalje, podaci iz modela Aladin-Hr odnose se na visinu 10 m iznad terena, a što za potrebe daljnjih proračuna treba svesti na razinu na kojoj se kreću vozila (usvojeno 2m iznad terena). Može se koristiti empirička jednadžba raspodjele brzine u površinskom graničnom sloju ( $V_{2m} = V_{10} \cdot (2/10)^{0,2}$ ;  $V_2$  - brzina vjetra na visini 2m nad terenom za more;  $V_{10}$  - brzina vjetra na 10m nad terenom iz modela Aladin-HR). Prema tome, brzina sekundnog udara vjetra od 25 m/s odgovara trosatnoj brzini vjetra od 19 m/s. Stoga se iz cjelokupnog seta podataka za korelacijske odnose koriste samo oni podaci u kojima trosatna brzina vjetra iz modela Aladin-HR premašuje vrijednost 19 m/s.



**Slika 2.4** Faktor mahovitosti vjetra  $C_{3600}^G(z_m, t)$  za  $t$ -sekundni udar na visini  $z_m = 10$  m kad je poznata srednja satna brzina vjetra  $U(z_m)_{3600[s]}$  na visini  $z_m$  i faktor mahovitosti vjetra  $C_{600}^G(z_m, t)$  za  $t$ -sekundni udar na visini  $z_m = 10$  m kad je poznata 10-minutna srednja brzina vjetra  $U(z_m)_{600[s]}$  na visini  $z_m$ ; sve za standardni teren na kopnu  $z_o = 0,05$  m

Iz izdvojenog skupa podataka (slika 2.3) može se zaključiti da se smjerovi vjetra na poziciji Balinskog vijadukta pri postavljenom uvjetu premašenja sekundnog udara vjetra od 25 m/s (19 m/s u slučaju trosatnog srednjaka) pojavljuju u rasponu od  $180^\circ$  do  $290^\circ$ . Stoga se u kasnije korištenom modulu „Wind effect“, u okviru QGIS sučelja, za cijelu prostornu domenu definira homogeni smjer djelovanja vjetra sa smjerom  $22,50^\circ$  (NNE).

### **3. USPOSTAVA MODELA PROSTORNE RASPODJELE VJETRA U QGIS SUČELJU**

QGIS (Quantum Geographic Information System) je slobodan i otvoren izvor GIS (Geografski Informacijski Sustav) softver koji korisnicima omogućuje kreiranje, analizu, vizualizaciju i upravljanje prostornim i geografskim podacima. Podržava širok raspon formata vektora, rastera i baza podataka, što omogućuje izvođenje složenih geoprocenih analiza i stvaranje visokokvalitetnih karata. QGIS je visoko prilagodljiv, nudeći različite dodatke za proširenje funkcionalnosti, što ga čini pogodnim za primjenu u različitim područjima poput urbanog planiranja, upravljanja okolišem, transporta i istraživanja. Njegova otvorena priroda omogućuje kontinuirani razvoj i poboljšanje od strane globalne zajednice suradnika, osiguravajući da ostane pristupačna i svestrana platforma kako za profesionalce, tako i za početnike.

Korištenjem QGIS (Quantum Geographic Information System) sučelja uspostavljen je model temeljem kojeg je proračunata prostorna raspodjela brzine vjetra s prostorom rezolucijom podataka od 25m na dionici Senj-Klenovica. Proračunom su dobiveni relativni odnosi brzina u odnosu na prethodno definiranu referentnu poziciju – Balinski vijadukt. Koraci postupka su opisani u nastavku poglavlja.

#### **3.1. Početne postavke sučelja i uvlačenje osnovnih podloga**

Postavljanje početnih postavki sučelja i učitavanje osnovnih podloga, uključujući odabir odgovarajućeg koordinatnog sustava, ključni su za osiguranje točnosti i preciznosti analize prostornih podataka.

Uspostava modela započinje postavljanjem koordinatnog sustava HTRS/Croatia TM EPSG:3765 (umjesto zadanog WGS 84), koji je u skladu s hrvatskim geodetskim standardima. Ovaj koordinatni sustav pruža veću preciznost i točnost u georeferenciji, što je ključno za rad s lokalnim podacima. Korištenje HTRS/Croatia TM koordinatnog sustava osigurava da se svi podaci ovisno o njihovoj geografskoj lokaciji pravilno mapiraju i interpretiraju. Ovo je važno za izbjegavanje pogrešaka u analizi koje mogu nastati zbog nesklada između različitih koordinatnih sustava.

Uvođenje osnovnih podloga kao što su topografske karte, rasterski slojevi i vektorski slojevi omogućuju vizualizaciju i analizu podataka u kontekstu stvarnog terena. Precizno postavljanje

koordinatnog sustava osigurava da su svi slojevi pravilno usklađeni, što je važno za integraciju i usporedbu podataka.

Kada su svi podaci u pravom koordinatnom sustavu, analiza rezultata (kao što su brzine vjetra ili prometne mreže) bit će točnija i pouzdanija. Kod analize efekta vjetra, točne geografske koordinate osiguravaju da se rezultati pravilno pripisuju specifičnim lokacijama na terenu. Postavljanjem koordinatnog sustava HTRS / Croatia TM EPSG:3765 u QGIS-u određeni su prostorni podatci u skladu s hrvatskim standardima, čime se osigurava točnost i preciznost svih daljnjih analiza.

U narednom koraku dodana je grafička podloga OpenStreetMap vektorskog sloja. OpenStreetMap pruža detaljnu vizualnu podlogu koja pomaže u boljem razumijevanju geografskih značajki analiziranog područja. Ovo uključuje informacije o ulicama, vodotocima, zgradama i drugim značajnim elementima.

Dodavanje OpenStreetMap podloge osigurava detaljnu vizualnu referencu koja poboljšava interpretaciju i analizu prostornih podataka.

U slijedećem koraku postavljen je raster sloj s geodetskim visinama terena (rezolucije 25 m x 25 m). Raster terena omogućuje vizualizaciju terenskih značajki kao što su visine i padine. Korištenjem spektra boja (Singleband pseudocolor), različite visine su prikazane u različitim bojama, što olakšava prepoznavanje i interpretaciju terenskih varijacija.

Nakon postavljanja rasterskog sloja odabran je vektorski sloj cestovnih prometnica čime je ostvarena vizualizacija cijele mreže cesta unutar područja interesa. Ceste se zatim kategoriziraju prema vrsti (fclas) i prikazuju u različitim bojama s obzirom na namjenu i važnosti.

Nadalje, kreiran je poligon kako bi se označilo područje oko dionice ceste D8. Time je područje istraživanja i analize ograničeno samo na relevantnu dionicu, što olakšava detaljnije ispitivanje i razumijevanje specifičnih karakteristika tog područja.

Pomoću "Clip" alata izdvojeni su samo onih dijelovi sloja cestovnih prometnica koji se nalaze unutar definiranog poligona (u ovom slučaju, dionica ceste D8). Time su se uklonili svi podaci koji nisu relevantni za analiziranu dionicu, čime je smanjena količina podataka i pojednostavljena analiza.



### 3.2 Primjena QGIS modula „Wind effect“

Korištenjem modula „Wind effect“ ostvarena je simulacija vjetrovnog učinka za procjenu kako terenski uvjeti utječu na brzinu vjetra. Ovaj postupak omogućuje analizu promjena u brzini vjetra uslijed prisutnosti različitih terenskih značajki, kao što su planinski lanci ili doline.

Kreiran je novi vektorski poligonski sloj koji obuhvaća relevantni dio područja ( planinske lance u okolini dionice) kako bismo definirali područje interesa unutar rasterskog sloja.

Korištenjem „Clip raster by mask layer“ alata za izrezivanje dijela rasterskog sloja prema poligonu dionice D8 stvorena je podloga za provedbu simulacije.

Naredbom „Wind effect“ i postavljanjem parametara kao što su konstantan smjer vjetra simulacija je prilagođena specifičnim uvjetima analize.

Dobiveni rezultati u raster prikazuju polje u kojem vrijednosti  $>1$  naznačuje pozicije lokalnog povećanja brzine vjetra a vrijednosti  $<1$  naznačuje pozicije lokalnog smanjenja brzine vjetra.

U slijedećem koraku linijski sloj dionice D8 pretvoren je u točkasti sloj sa ravnomjernom međusobnom udaljenosti točaka (25m). Svaka točka predstavlja lokaciju na kojoj je analiziran utjecaj vjetra.

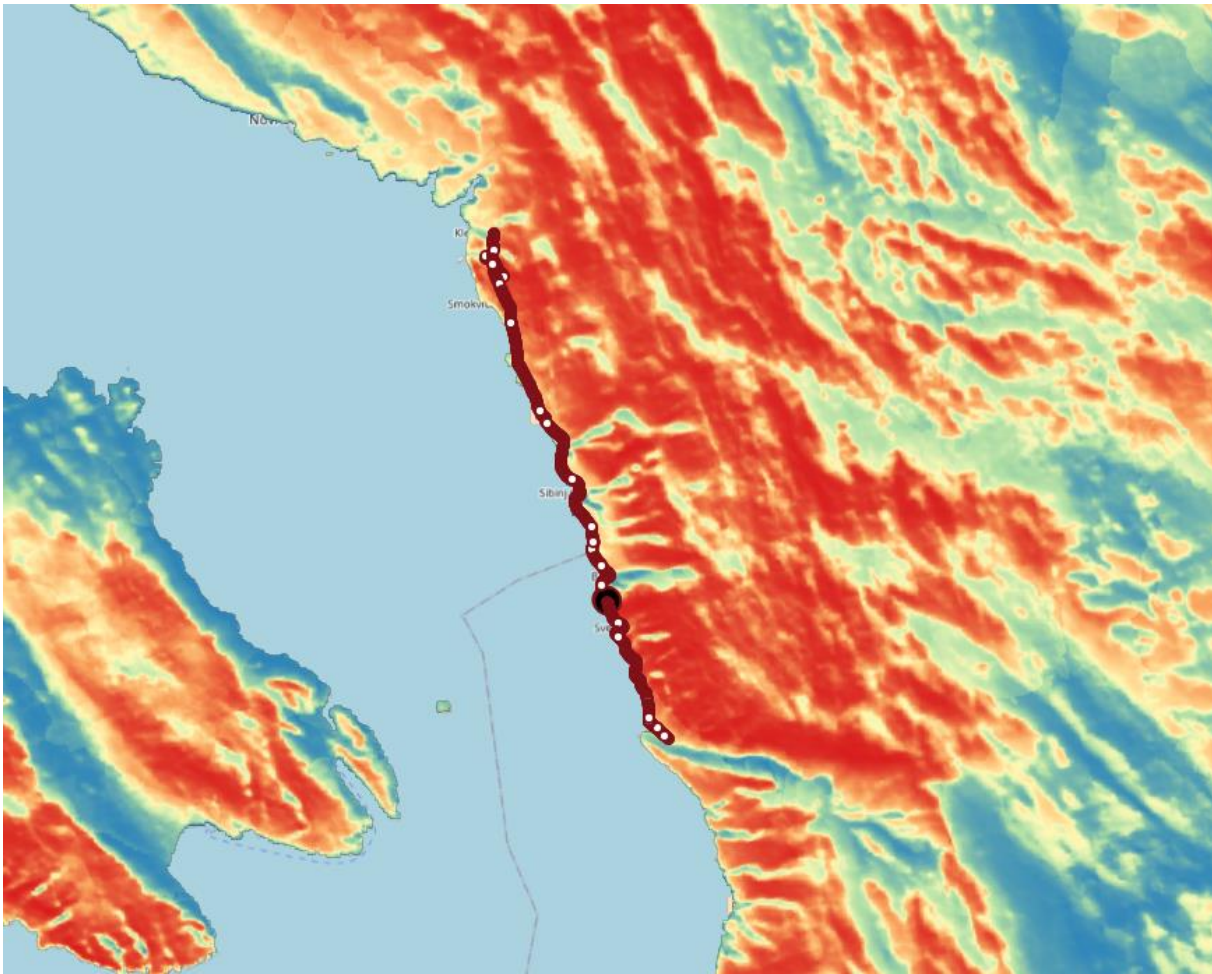
Podatke o utjecaju vjetra kao i točne koordinate točaka prikazani su u atributnoj tablici rezultatnog točkastog sloja.

#### 4. REZULTATI PROVEDENIH ANALIZA

Kako bismo mogli donositi zaključke na temelju provedene analize potrebno je najprije objasniti mehanizme koji dovode do nastanka bure na području predmetne dionice. Pojava bure posljedica je prvenstveno razlike u temperaturi te tlaku između hladnog zraka u primorskom zaleđu na višim nadmorskim visinama i toplog zraka iznad Jadranskog mora. Bura nije sezonalna, ali češća je i snažnija u zimskim mjesecima kada u unutrašnjosti iznad planinskih lanaca poput Velebita ili Kapela dolazi do stvaranja hladne fronte. Zrak u zaleđu se akumulira te zbog razlike u tlakovima ima tendenciju strujanja prema moru gdje se nalazi topli zrak nižeg tlaka, ali planine predstavljaju prepreku. Hladan zrak ne može prijeći preko visokih planina, već pronalazi put kroz planinske prolaze i niže prijevoje i usijeke te počinje ubrzavati pod djelovanjem gravitacije. Bura može dosegnuti brzine i preko 200 km/h, a karakteristična je po naglim udarima i promjenjivosti zbog velikog utjecaja reljefa.

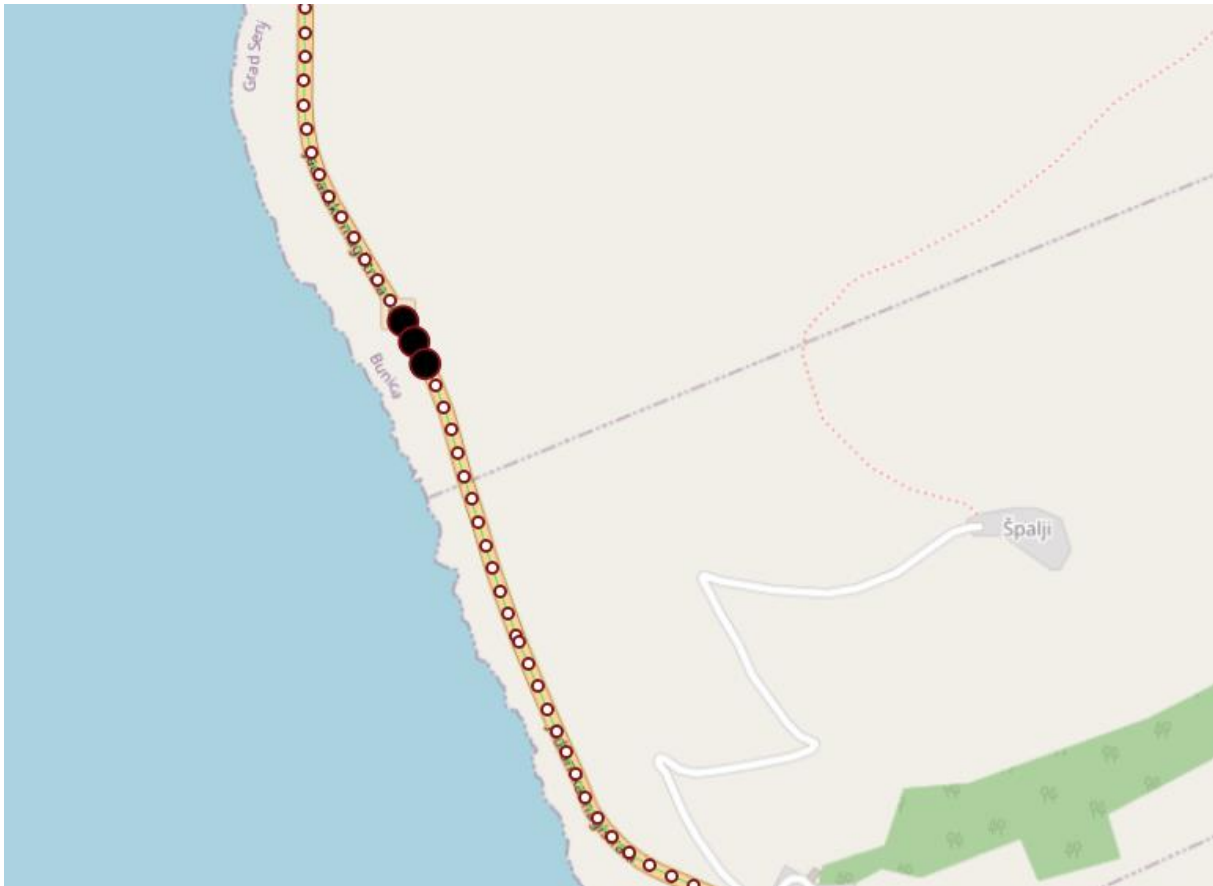
Korištenjem simulacije vjetrovnog učinka modeliran je utjecaj orografije na brzinu vjetra. Rezultati simulacije otkrivaju zone gdje je brzina vjetra iznad prosjeka te prikazuju utjecaj terena na povećanje brzine vjetra na specifičnim lokacijama.

Ekstrakcijom podataka iz atributne tablice rezultantnog točkastog sloja, ustanovljeno je da na državnoj cesti D8, na dionici Klenovica – Senj, postoji ukupno 647 točaka na kojima je analiziran utjecaj vjetra za konstantan smjer djelovanja od 22,5°.



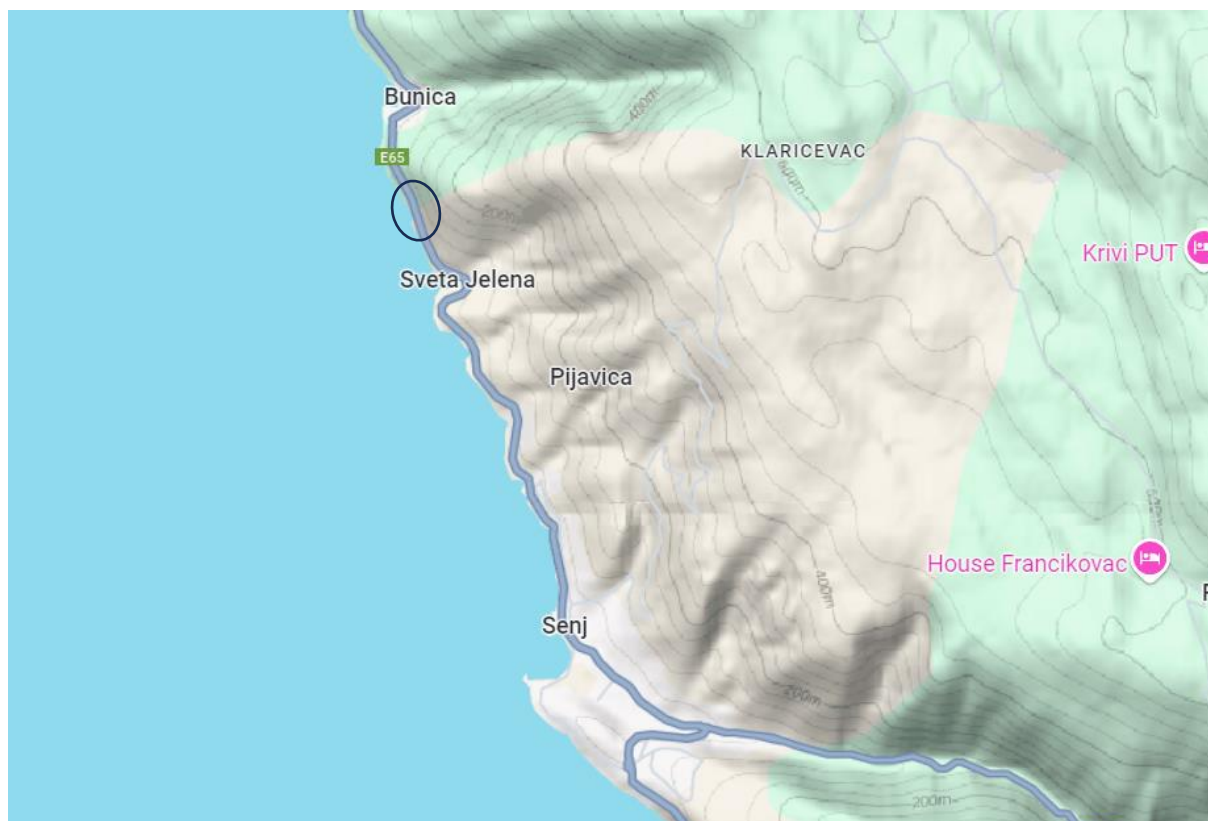
**Slika 4.1** Vektorski točkasti sloj na dionici Klenovica – Senj uz prikaz pozicije točaka kritične vrijednosti (crna boja)

Daljnjom analizom utvrđeno je da na 0,47% promatrane dionice vrijednost utjecaja vjetra prelazi kritičnu vrijednost, a to se događa na području između Bunice i Sv. Jelene, gdje se nalaze 3 kritične točke. Ove točke se nalaze na nižoj nadmorskoj visini u odnosu na okolno područje, što doprinosi specifičnim uvjetima vezanim uz reljef i utjecaj vjetra.

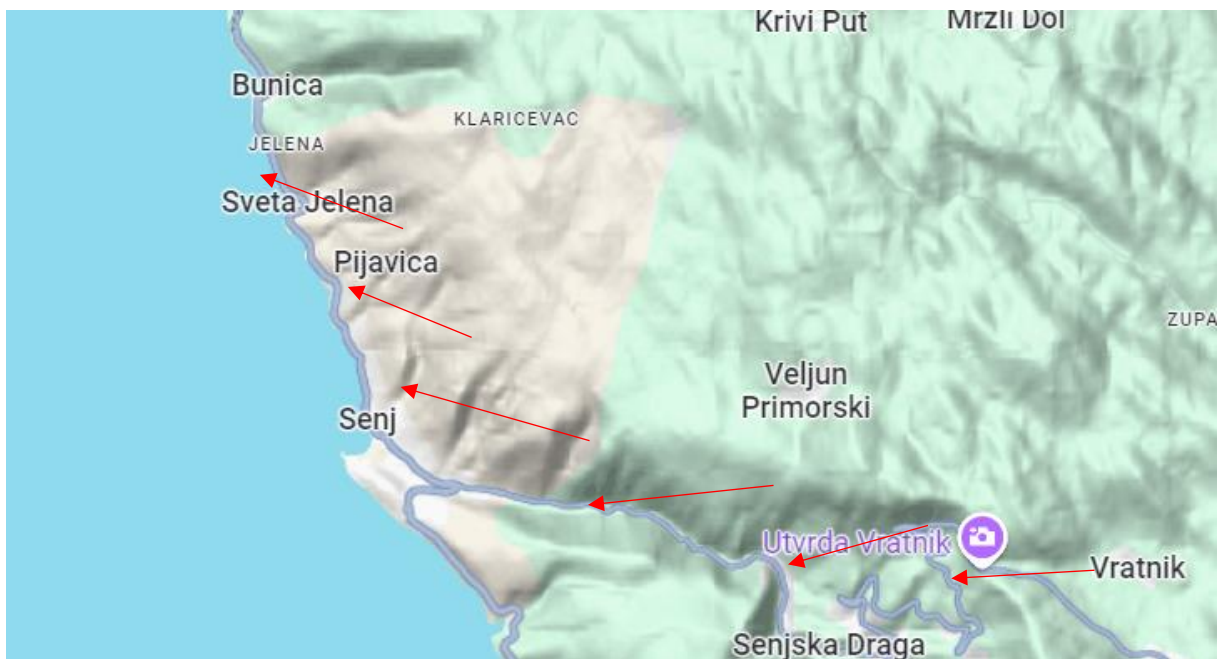


**Slika 4.2** Prikaz kritičnih točaka

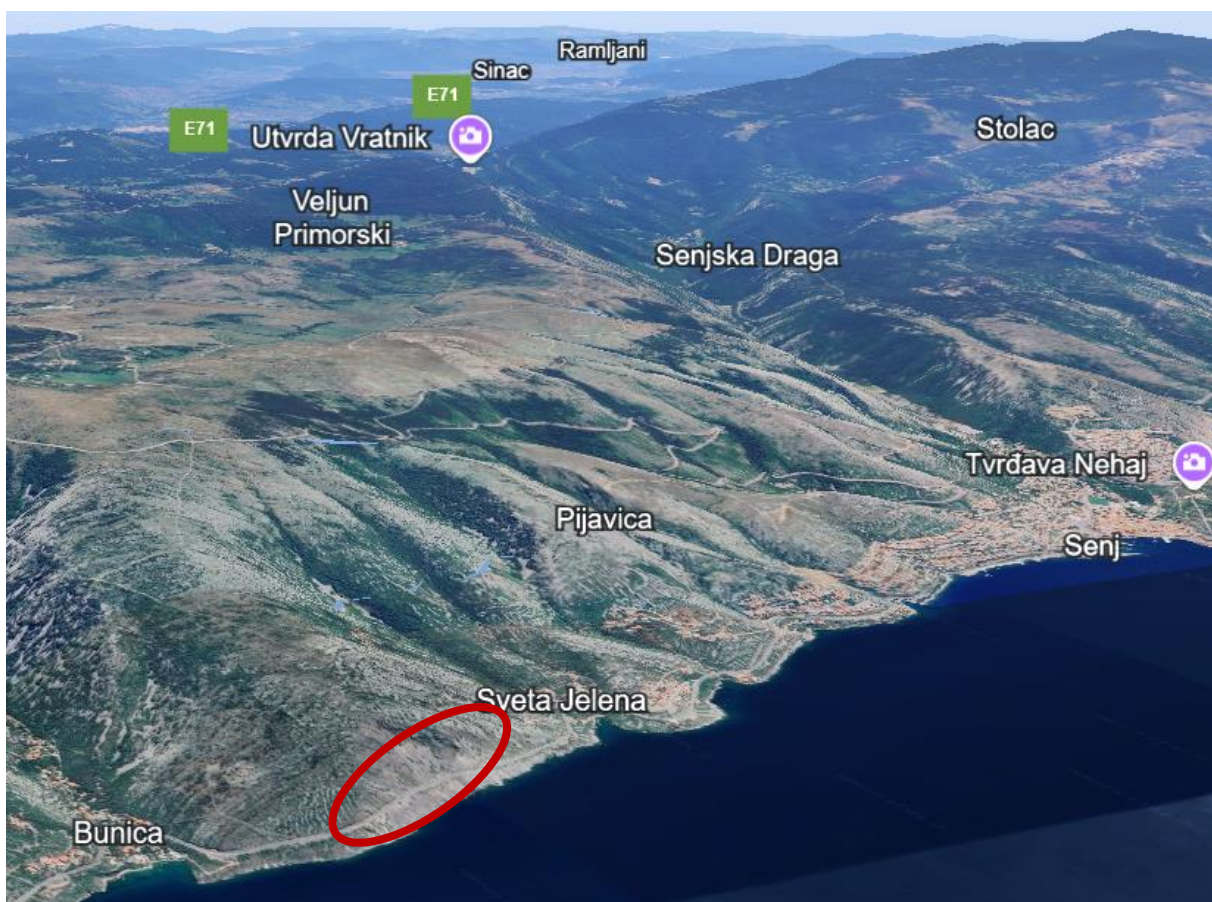
Kritične točke su uzastopne i smještene na nižoj nadmorskoj visini u odnosu na okolno područje. Ovi rezultati ukazuju na značajan utjecaj geografskog položaja, odnosno specifičnog reljefnog oblika koji okružuje područje u kojem su zabilježene povećane vrijednosti. Konkretno, ovo se događa u udolini između Velike Kapele i Velebita, ispod planinskog prijevoja Vratnika.



**Slika 4.3** Kritično područje dionice (zaokruženo) uz reljefni prikaz



**Slika 4.4** Kritično područje dionice (zaokruženo) uz prikaz pružanja prijevoja i pada nadmorske visine



**Slika 4.5** 3D reljefni prikaz kritične točke

Na slici 4.5 vidljiv je reljefni prikaz kritične točke između Svete Jelene i Bunice. Obzirom na prethodno opisane mehanizme nastanka bure može se zaključiti kako upravo na ovom mjestu zbog položaja dionice na južnoj strani padine analiza daje kritične vrijednosti. Smjer strujanja vjetra prati obronke planine te dolazi do točke promjene smjera pada i nagle promjene nadmorske visine što usmjerava vjetar prema moru. Upravo na ovom mjestu nalazi se kritični segment promatrane dionice.

## 5. ZAKLJUČAK

Usljed djelovanja bure na dionici državne ceste D8 između Klenovice i Senja donose se odluke o zabrani prometovanja, a glavni kriteriji su brzina vjetra i stanje kolnika. Zabrane prometovanja češće utječu na veća vozila poput kamiona i autobusa, ali ponekad su vremenske prilike toliko loše da zabrana prometovanja vrijedi i za osobne automobile. Referentna točka za izmjeru brzine vjetra nalazi se na Balinskom vijaduktu. Obzirom na duljinu dionice te promjenjivost bure izmjera u jednoj referentnoj točki može dovesti do zabrane prometovanja čak i u situacijama kada to potencijalno nije potrebno za čitavu dionicu.

U završnom radu analiziran je utjecaj vjetra na sigurnost prometa, odnosno odluku o prekidu prometa na dionici Klenovica - Senj zbog djelovanja bure korištenjem QGIS programskog paketa. Glavni cilj istraživanja bio je utvrditi pod kojim uvjetima i smjerovima vjetra dolazi do prekoračenja sigurnosnih granica koje dovode do zatvaranja dionice te predložiti moguće mjere za smanjenje učestalosti zatvaranja ceste. Korišteni su modeli koji uzimaju u obzir brzinu i smjer bure, kao i relevantni parametri za zatvaranje prometa na ovoj dionici.

Istraživanje je pokazalo kako nije optimalno donositi odluku o zabrani prometovanja na temelju samo jedne točke izmjere brzine vjetra. S druge strane, postavljanje anemografa ili drugih instrumenata za mjerenje vjetra duž cijele dionice bilo bi logistički zahtjevno i skupo. Vjetar se ne ponaša jednako na svim dijelovima ceste. Topografija terena, kao što su planine, doline, i usjeci, može značajno utjecati na lokalne brzine i smjer vjetra. Neki dijelovi dionice mogu biti znatno izloženiji udarima vjetra, dok drugi mogu biti prirodno zaštićeni. Zbog toga, mjerenje vjetra na svakoj točki nije potrebno niti praktično.

Detaljna analiza smjerova i brzina vjetra pomoću QGIS platforme omogućila je proračun duž cijele dionice i određivanje kritičnih točaka na dionici. Utvrđeno je da postoje samo tri točke, odnosno 0,47% dionice gdje dolazi do prekoračenja brzine vjetra iznad propisane granice, što implicira da nije potrebno zatvarati cijelu dionicu, već bi jedno od rješenja mogla biti izgradnja infrastrukture lokalne zaštite od vjetra poput burobrana ili drugih oblika zaštite u kritičnim zonama.

Zaključeno je kako se daljnjim istraživanjem i primjenom preciznijih mjernih sustava može optimizirati sigurnost prometa uz minimalne prekide u prometovanju. te da postoje alternative zatvaranju cijele dionice.



## POPIS LITERATURE

Popis literature treba izraditi u skladu s odabranim stilom navođenja prema [1].

- [1] Courtier, P.C., Freydier, J.F., Geleyn, F., Rochas, M. (1991.): The ARPEGE project at METEO-FRANCE", *Proceedings from the ECMWF workshop on numerical methods in atmospheric models*, Vol. 2, Reading, England, str. 193-231
- [2] Cordoneanu, E., Geleyn, J.F. (1998.): Application to local circulation above the Carpathian-Black Sea area of a NWP-type meso-scale model", *Contributions to Atmospheric Physics*, Vol. 71, str. 191-212.
- [3] Brzović, N. (1999.): Factors affecting the Adriatic cyclone and associated windstorms, *Contributions to Atmospheric Physics*, Vol. 72, str. 51-65.
- [4] Brzović, N., Strelec-Mahović, N. (1999.): Cyclonic activity and severe jugo in the Adriatic, *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, Vol. 24, str. 653-657.
- [5] Ivatek-Sahdan, S., Tudor, M. (2004.): Use of high-resolution dynamical adaptation in operational suite and research impact studies, *Meteorol. Z.*, Vol. 13, str. 99-108.
- [6] Belušić Vozila A., Telišman Prtenjak M., Güttler I. (2021.): A Weather-Type Classification and Its Application to Near-Surface Wind Climate Change Projections over the Adriatic Region, *Atmosphere 2021*, 12(8), 948

## POPIS SLIKA

Slika 2.1 Ćelije iz proračunske mreže atmosferskog modela Aladin-HR (prostorna rezolucija 4 km) na dionici državne ceste D-8 od Novog Vinodolskog do Karlobaga (u ćeliji 1 nalazi se Balinski viadukt) .....	3
Slika 2.2 Vremenske serije brzine vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za poziciju točke 1 (Balinski vijadukt).....	4
Slika 2.3 Vremenska serija smjera vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za poziciju točke 1 (Balinski vijadukt).....	5
Slika 2.4 Faktor mahovitosti vjetra $C_{3600}^G(z_m, t)$ za t-sekundni udar na visini $z_m = 10$ m kad je poznata srednja satna brzina vjetra $U(z_m)_{3600[s]}$ na visini $z_m$ i faktor mahovitosti vjetra $C_{600}^G(z_m, t)$ za t-sekundni udar na visini $z_m = 10$ m kad je poznata 10-minutna srednja brzina vjetra $U(z_m)_{600[s]}$ na visini $z_m$ ; sve za standardni teren na kopnu $z_o = 0,05$ m .....	6
Slika 4.1 Vektorski točkasti sloj na dionici Klenovica – Senj uz prikaz pozicije točaka kritične vrijednosti (crna boja) .....	11
Slika 4.2 Prikaz kritičnih točaka .....	12
Slika 4.3 Kritično područje dionice (zaokruženo) uz reljefni prikaz .....	13
Slika 4.4 Kritično područje dionice (zaokruženo) uz prikaz pružanja prijevoja i pada nadmorske visine.....	14
Slika 4.5 3D reljefni prikaz kritične točke.....	14