

# Analiza prekida prometa na dionici Stinica - Prizna zbog djelovanja bure

---

**Paradžik, Marta**

**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:237:881057>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-23**

*Repository / Repozitorij:*

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





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Marta Paradžik

**Analiza prekida prometa na dionici Stinica –  
Prizna zbog djelovanja bure**

ZAVRŠNI ISPIT

Prof.dr.sc. Goran Lončar

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Marta Paradžik

**Analysis of traffic interruptions on the section  
Stinica – Prizna due to the Bora wind effects**

FINAL EXAM

Prof.dr.sc. Goran Lončar

Zagreb, 2024.

**Sažetak**

Između Stinice i Prizne (dionica državne ceste D8) učestalo dolazi do zatvaranja prometa usljed jakih udara vjetra (bure) za prvu skupinu vozila (autobusi na kat, vozila s kamp-prikolicom i motocikli). Zatvaranje ceste između Stinice i Prizne 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 Stinice i Prizne 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 provedenih proračuna pokazali su da nije potrebno provesti zatvaranje ceste D-8 na dionici Stinica – Prizna ukoliko se na referentnoj anemografskoj postaji za cestu D-8 (Balinski most) registrira premašenje maksimalno dopuštenih brzina vjetra.

## SADRŽAJ

<b>SAŽETAK</b> .....	<b>i</b>
<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>iv</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. podloge – brzine i smjer vjetra iz modela aladin - hr</b> .....	<b>2</b>
<b>3. USPOSTAVA MODELA PROSTORNE RASPODJELE VJETRA U QGIS SUČELJU</b> .....	<b>7</b>
3.1. Početne postavke sučelja i uvlačenje osnovnih podloga.....	7
3.2. PRIMJENA QGIS MODULA “WIND EFFECT” .....	18
<b>4. REZULTATI PROVEDENIH ANALIZA</b> .....	<b>25</b>
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>28</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>29</b>

## 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 cijelokupnu dionicu od Stinice do Prizne 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.

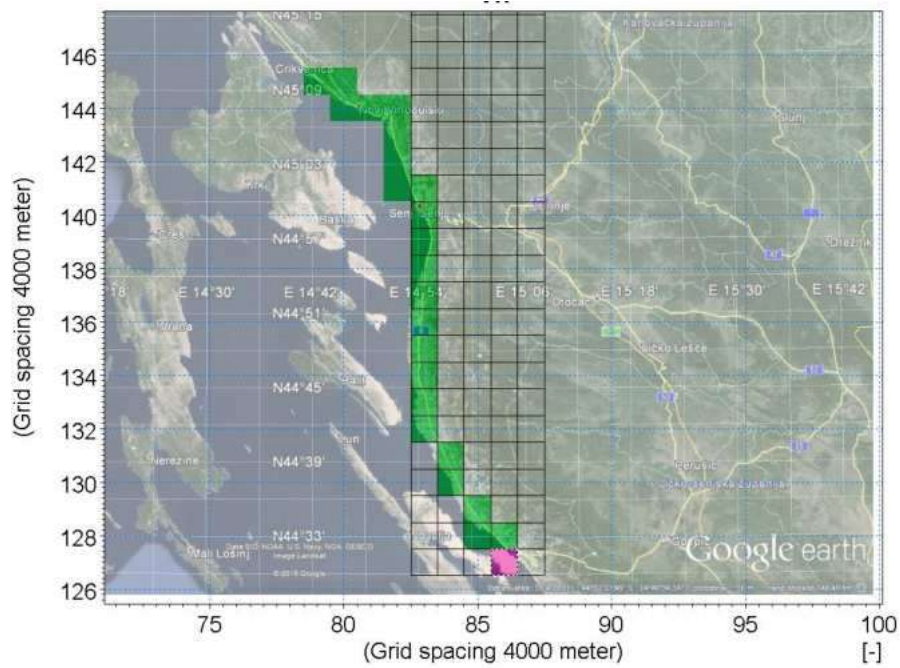
Prema tablici iz *Pravilnika o obavljanja prometa u zimskim uvjetima* donosi se odluka o zatvaranju ceste. Primjerice, za autobuse, teretna i osobna vozila **maksimalni dozvoljeni sekundni udari vjetra** su 110 km/h pri uvjetima suhog kolnika, 90 km/h pri uvjetima mokrog kolnika, te 60 km/h pri uvjetima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

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

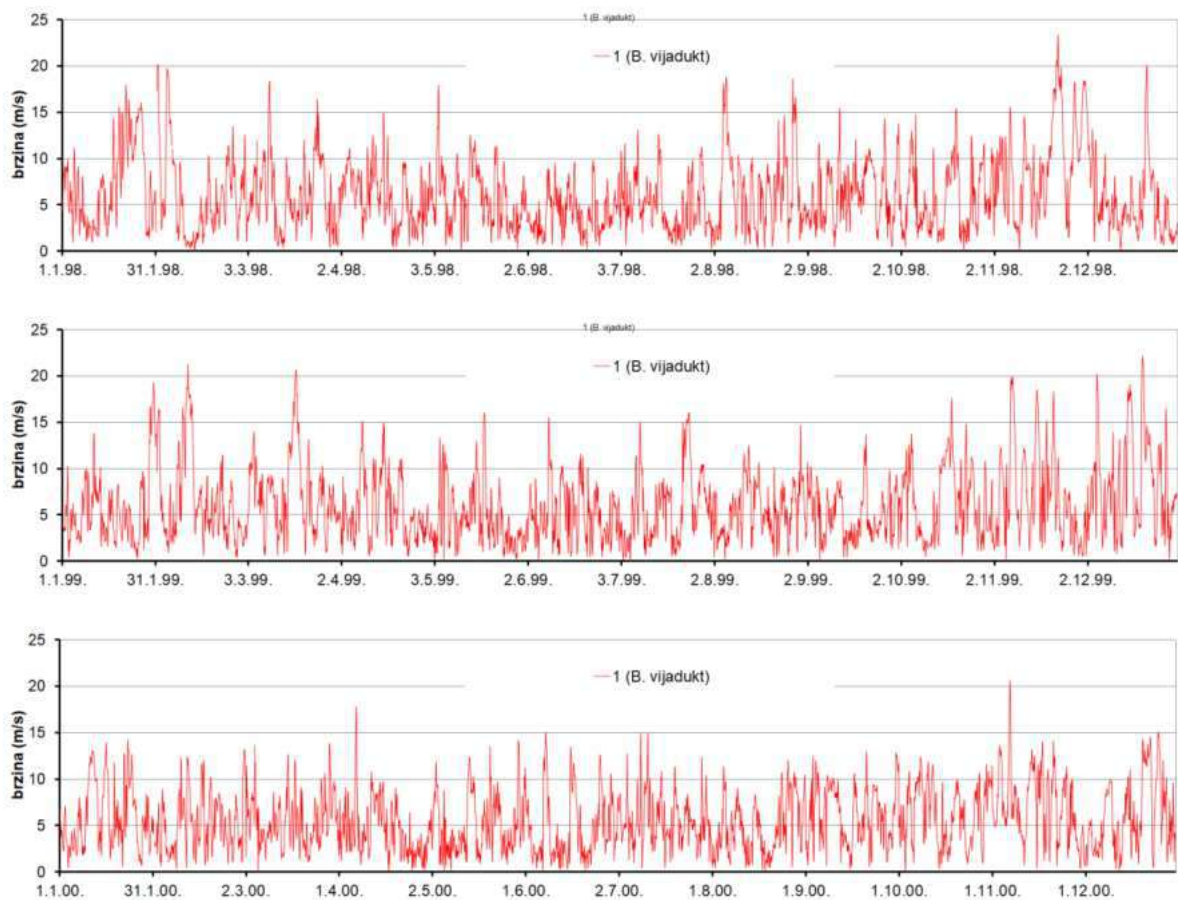
U Državnom hidrometeorološkom zavodu Hrvatske je trenutno operativno funkcionalan atmosferski model Aladin-Hr u hidrostatskoj verziji baziranoj na primitivnim jednadžbama sa numeričkom implementacijom razvijenom u kooperaciji sa nekoliko nacionalnih meteoroloških institucija. Model proizlazi iz globalnog ARPEGE (Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle) modela od Meteo-France (Courtier i sur., 1991.), sa 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.

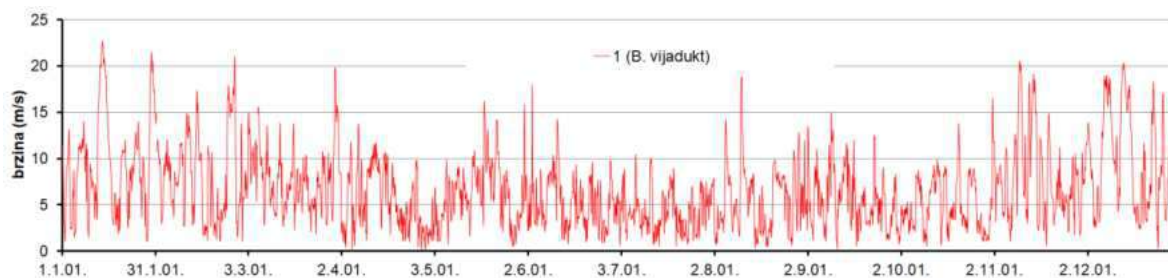
Na slikama 2.2 i 2.3 prikazane su vremenske serije brzine i smjera vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka) za poziciju točke 1 (Balinski most).



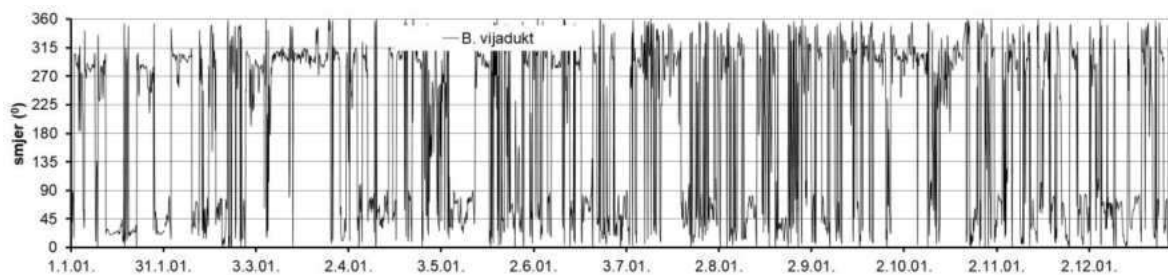
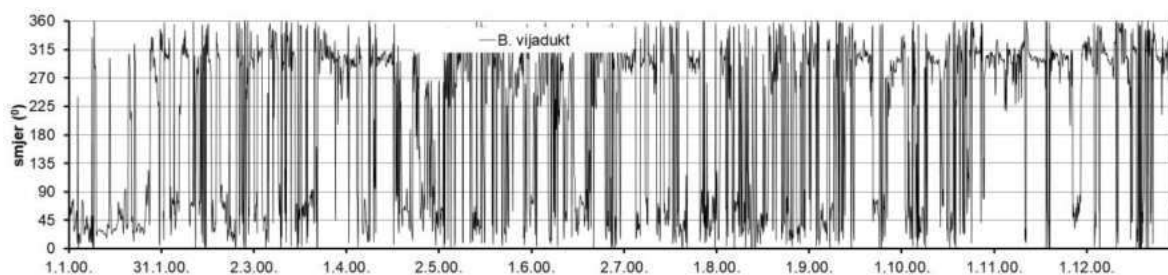
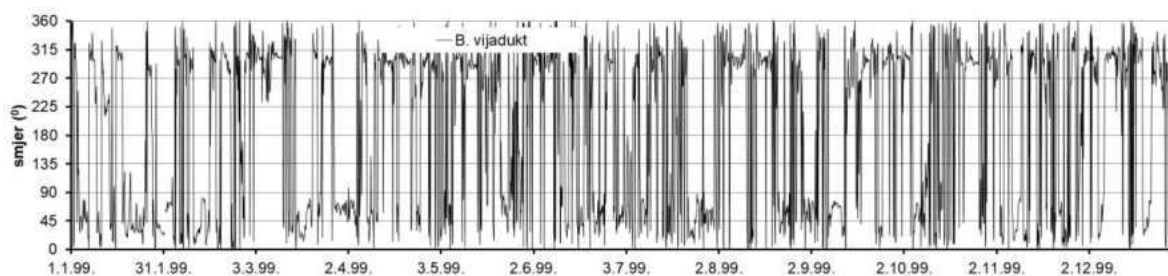
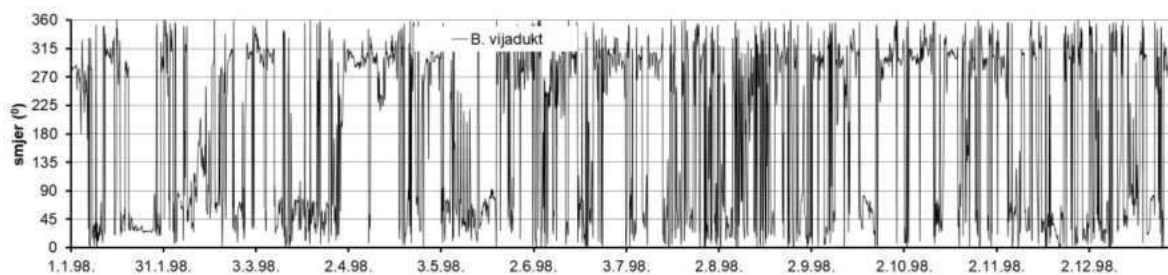
Slika 2.1 Čelije iz proračunske mreže atmosferskog modela Aladin-Hr (prostorna rezolucija 4km) na dionici državne ceste D-8 od Novog Vinodolskog do Karlobaga (u ćeliji 1 nalazi se Balinski vijadukt)







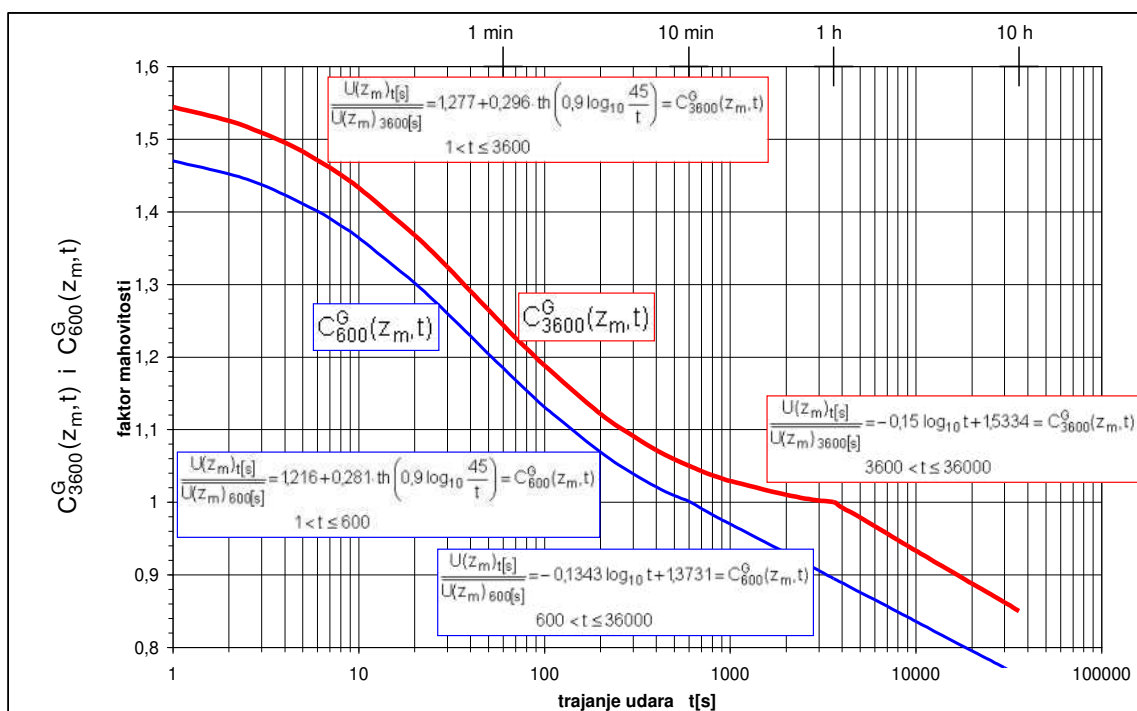
Slika 2.2 Vremenske serije brzine vjetra prema rezultatima numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr za razdoblje 1.1.1998.-1.1.2002. (4 km prostorna rezolucija i 3 satna vremenska rezolucija podataka), za poziciju točke 1 (Balinski vijadukt)



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 Aladin-HR trosatni srednjaci brzine i smjera vjeta (slika 2.2), a udari vjeta 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 ( $V_{2m} = V_{10} * (2/10)^{0,2}$ ;  $V_2$  - brzina vjeta na visini 2m nad terenom za more;  $V_{10}$  - brzina vjeta na 10m nad terenom iz modela Aladin-HR). Prema tome, brzina sekundnog udara vjeta od 25 m/s odgovara trosatnoj brzini vjeta od 19 m/s. Stoga se iz cjelokupnog seta podataka za korelacijske odnose koriste samo oni podaci u kojima trosatna brzina vjeta iz modela Aladin-HR premašuje vrijednost 19 m/s.



Slika 2.4 Faktor mahovitosti vjeta  $C_{3600}^G(z_m, t)$  za t-sekundni udar na visini  $z_m = 10$  m kad je poznata srednja satna brzina vjeta  $\overline{U_{3600}[s]}(z_m)$  na visini  $z_m$  i faktor mahovitosti vjeta  $C_{600}^G(z_m, t)$  za t-sekundni udar na visini  $z_m = 10$  m kad je poznata 10-minutna srednja brzina vjeta  $\overline{U_{600}[s]}(z_m)$  na visini  $z_m$ ; sve za standardni teren na kopnu  $z_0 = 0,05$  m

Iz izdvojenog skupa podataka (slika 2.3) može se zaključiti da se smjerovi vjeta na poziciji Balinskog vijadukta pri postavljenom uvjetu premašenja sekundnog udara vjeta od 25 m/s (19

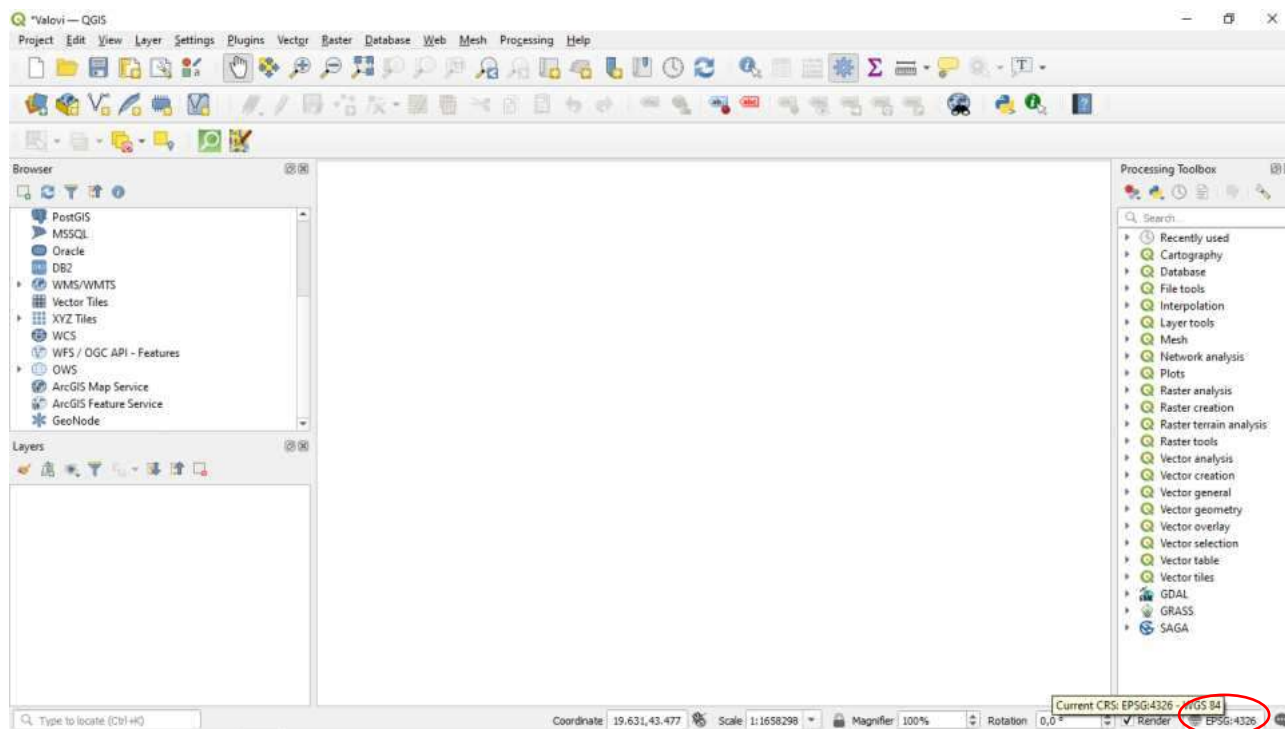
m/s u slučaju trosatnog srednjaka) pojavljuju u rasponu od 18<sup>0</sup> do 29<sup>0</sup>. Stoga se u kasnije korištenom modulu „Wind effect“, u okviru QGIS sučelja, za cijelu prostornu domenu definira homogeni smjer djelovanja vjetra sa smjerom 22,5<sup>0</sup> (NNE).

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

U nastavku su prikazani koraci uspostave modela u QGIS sučelju temeljem kojeg se proračunava prostorna raspodjela brzine vjetra s prostorom rezolucijom podataka od 25m. Proračunom se dobivaju relativni odnosi brzina u odnosu na proizvoljno definiranu referentnu poziciju.

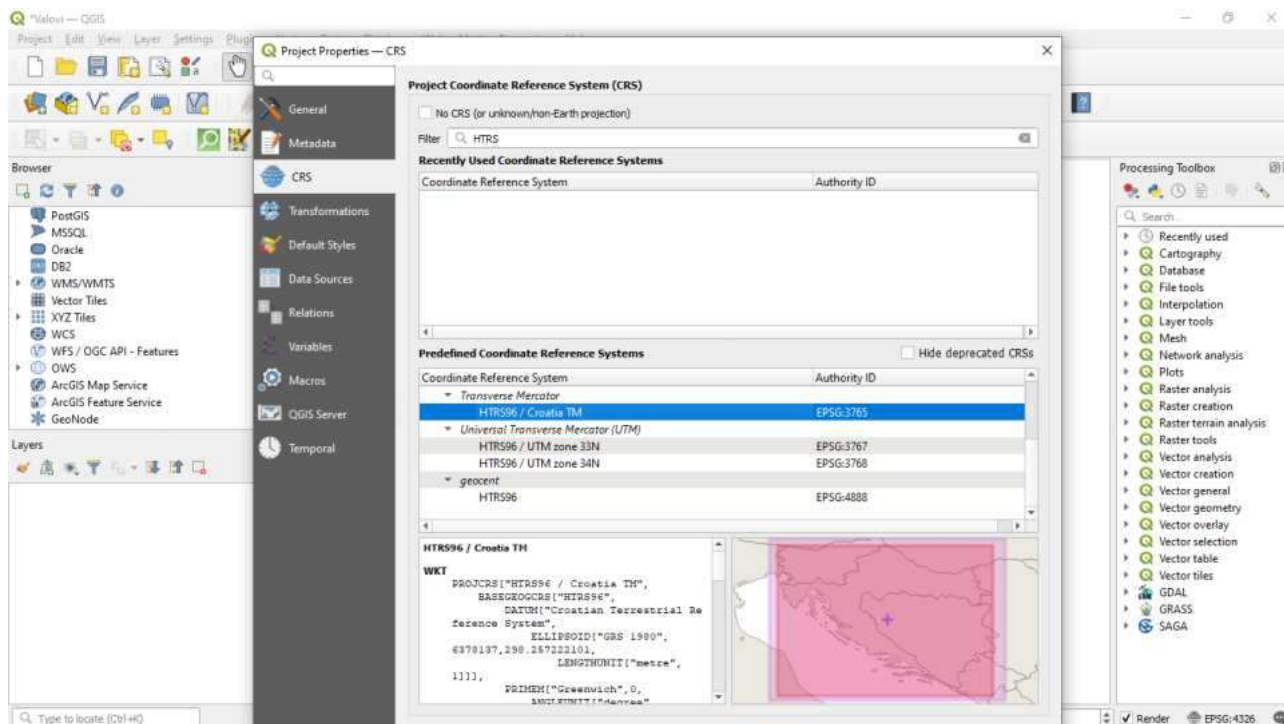
#### 3.1. Početne postavke sučelja i uvlačenje osnovnih podloga

Postavljamo sloj HTRS umjesno difoltnog WGS 84 (EPSG: 4326). Lijevi klik na simbol globusa sa tekstom EPSG: 4326 u donjem desnom dijelu ekrana.



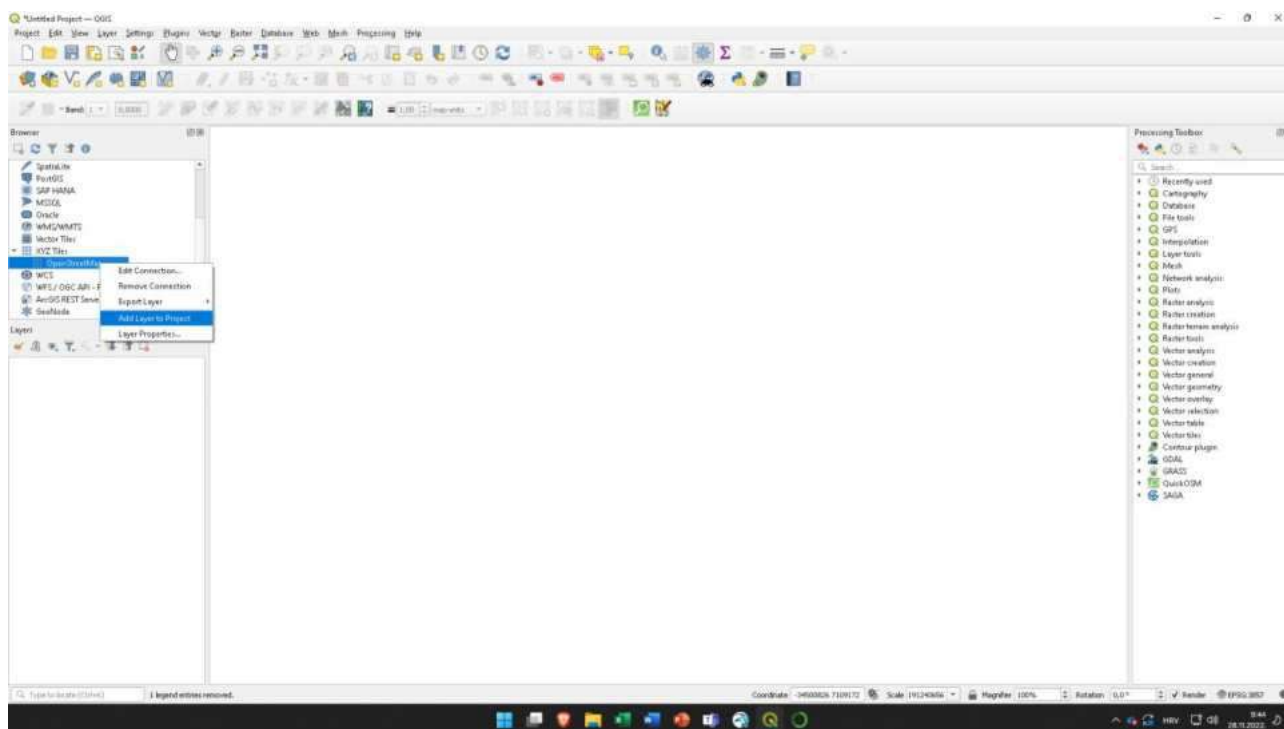
**Slika 3.1** Postavljanje novog referentnog koordinatnog sustava

U novootvoreni prozor u prvo polje „Filter“ upisati HTRS, a iz dolje ponuđenog menija odabrati HTRS / Croatia TM EPSG:3765 → OK.



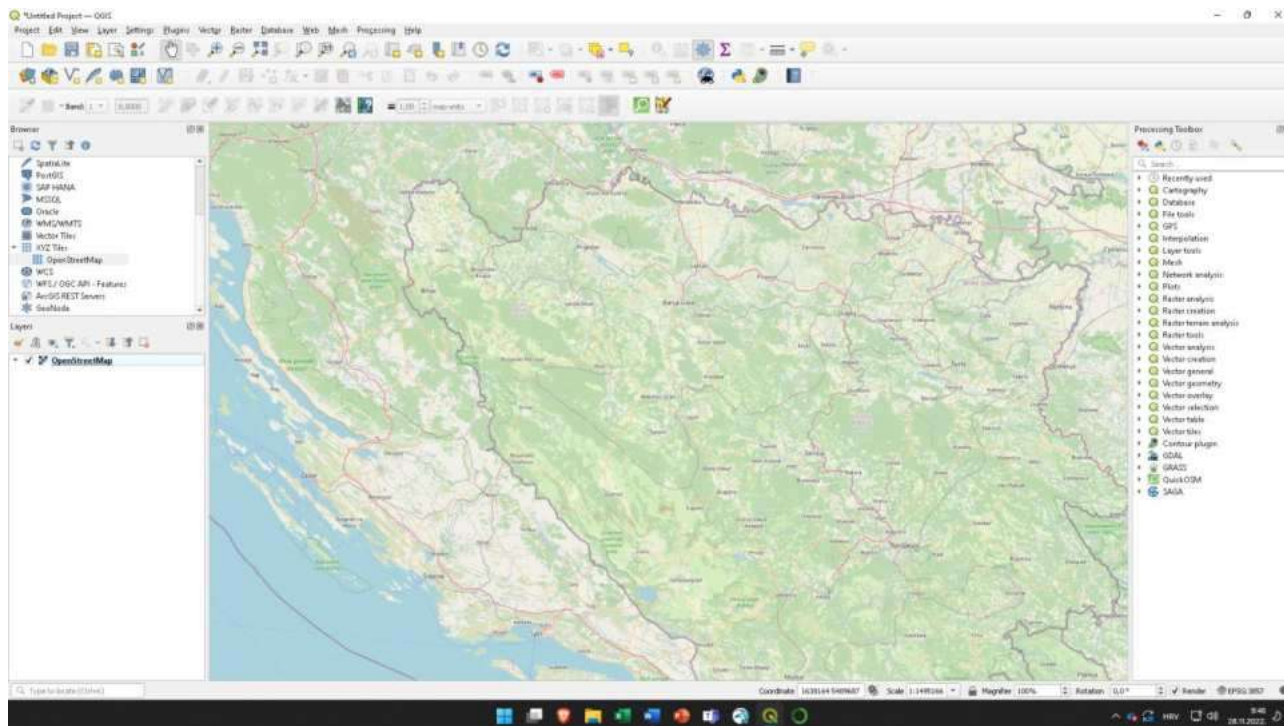
**Slika 3.2** Postavljanje HTRS96 / Croatia TM EPSG 3765 referentnog koordinatnog sustava

Za uvlačenje grafičke podloge „OpenStreetMaps“ u gornjem lijevom prozoru „Browser“ pozicionirati se na XYZ Tiles → OpenStreetMap → desni klik → Add Layer to project



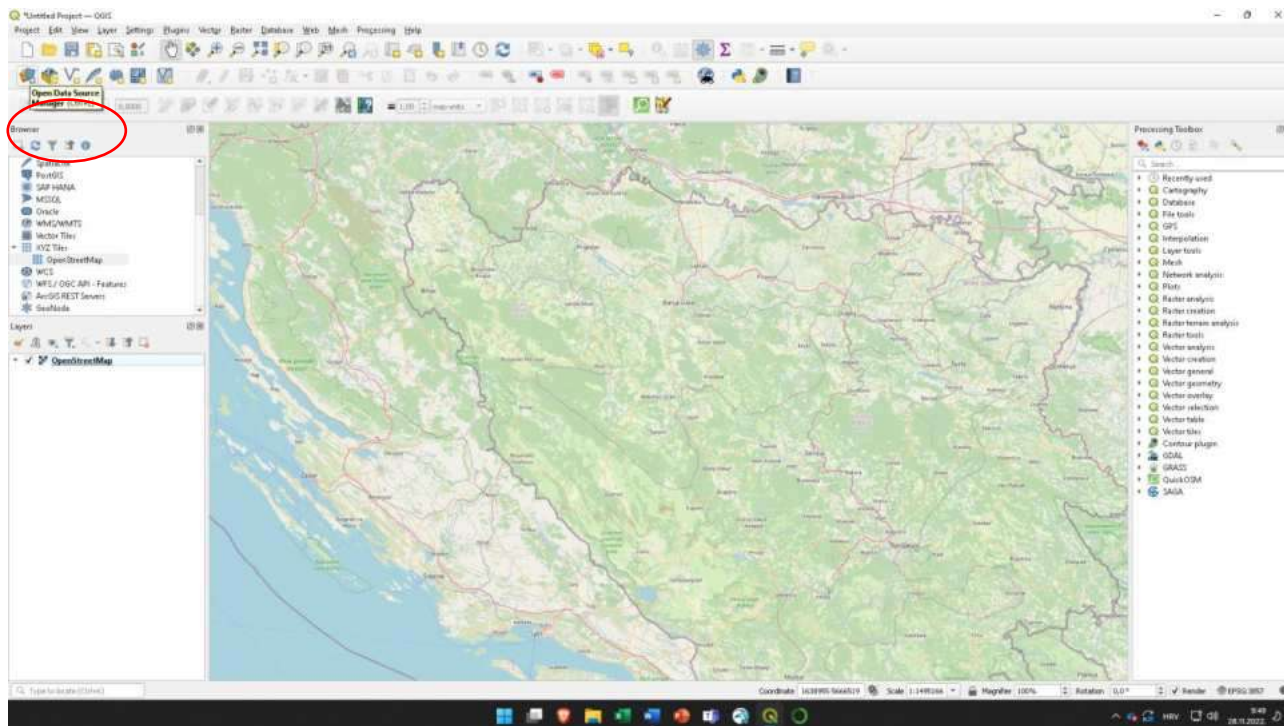
**Slika 3.3** Uvlačenje „OpenStreetMaps“ sloja (layera)

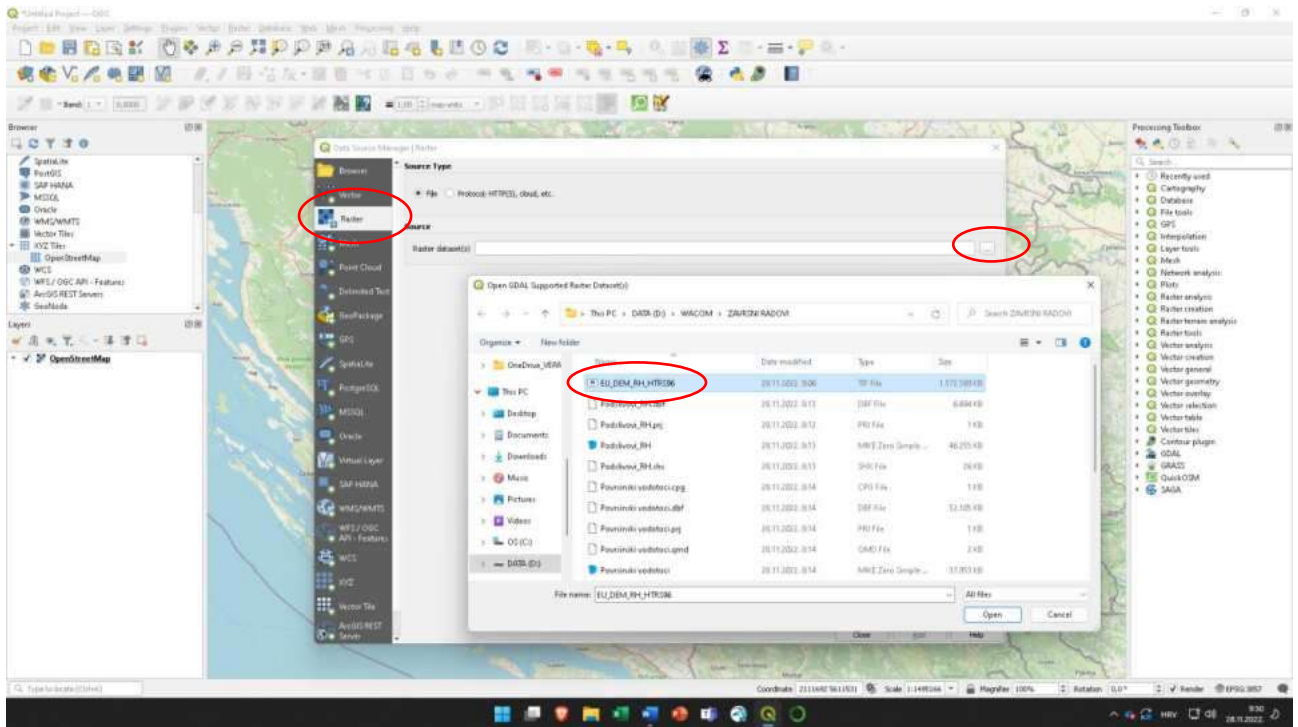
Sada je taj sloj uvučen u donji lijevi prozor „Layers“. Zumiramo na područje RH.



Slika 3.4 Uvećavanje i postavljanje prozora na područje RH

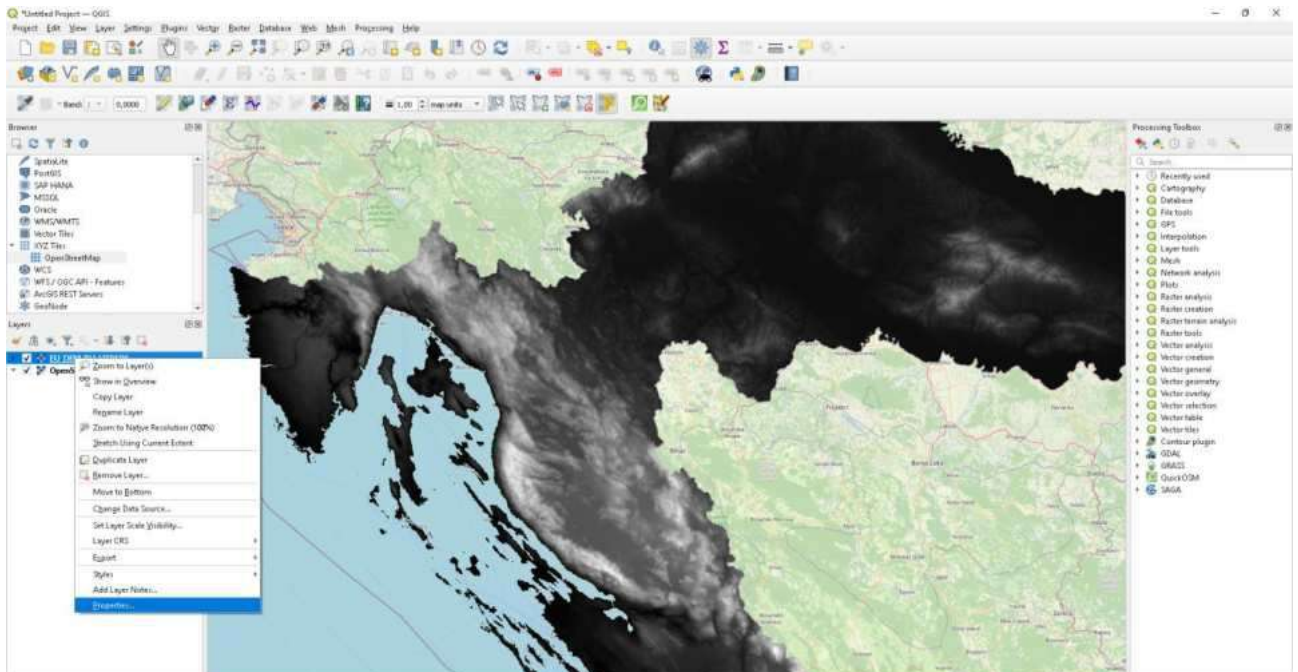
Uvlačenje novog sloja (layera), u ovom slučaju rastera sa geodetskim visinama terena u prostornoj rezoluciji 25m x 25m, obavlja se pritiskom na ikonu „Open data source Manager“, te izborom „Raster“. Nakon toga, pritiskom na gumb sa desne strane pored polja „Source“ otvara se preglednik za dohvaćanje odgovarajuće datoteke. Odabiremo odgovarajuću datoteku „EU\_DEM\_RH\_HTRS96.tiff“. *Open* → *Add* → *Close*.

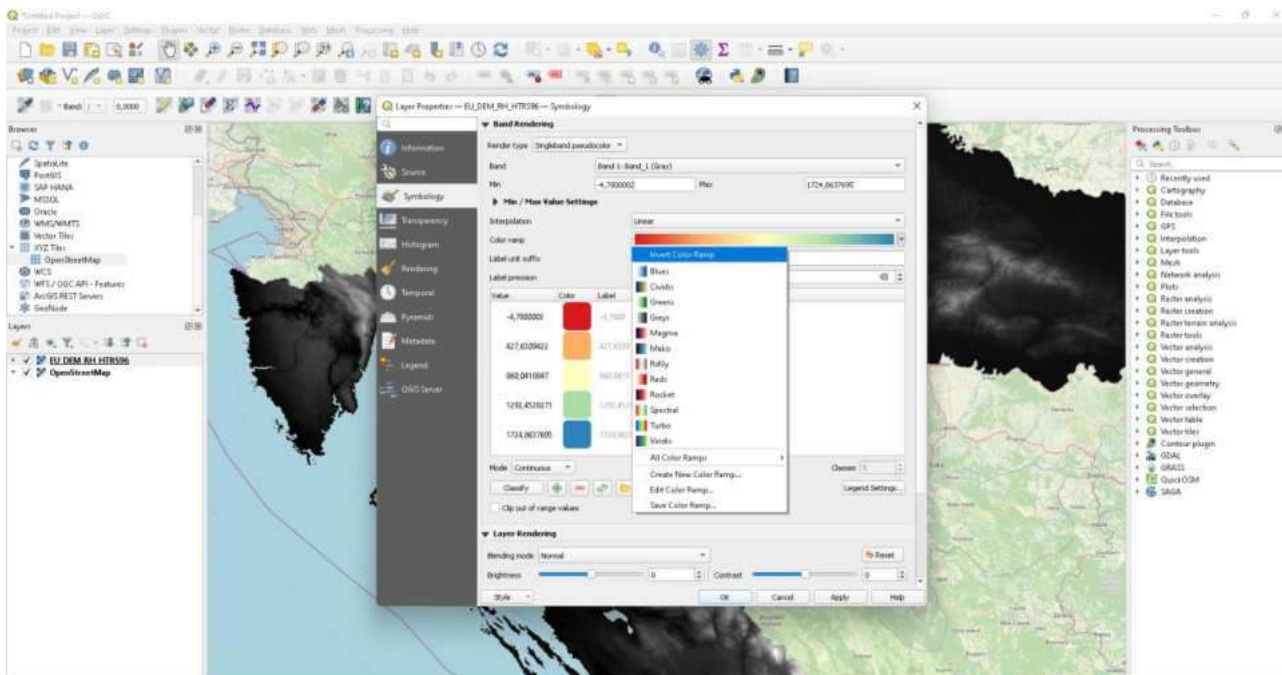




Slika 3.5 i Slika 3.6 Uvlačenje rasterskog sloja RH prostorne rezolucije 25m x 25m

Nakon provedbe navedenog postupka pojavljuje se dodatni rasterski sloj. Ukoliko želimo da se prikazani raster pojavljuje u spektru potrebno je sljedeće: u prozoru „Layers“ desni klik na rasterski sloj → *Properties* → *Symbology*. U polju „Render type“ odabrati „Singleband pseudocolor“, u polju „Color ramp“ odabrati Invert color ramp, *Apply* → *OK*.



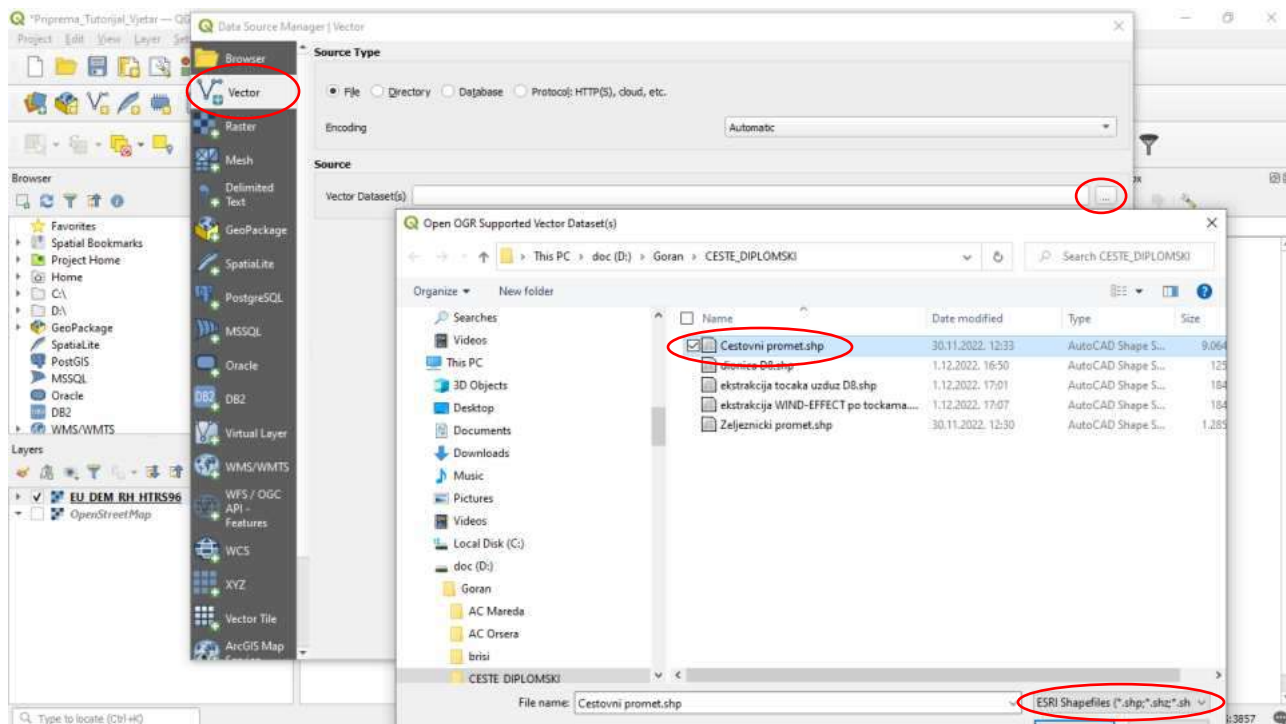


Slika 3.7 i Slika 3.8 Dodavanje spektralnog izgleda rasteru

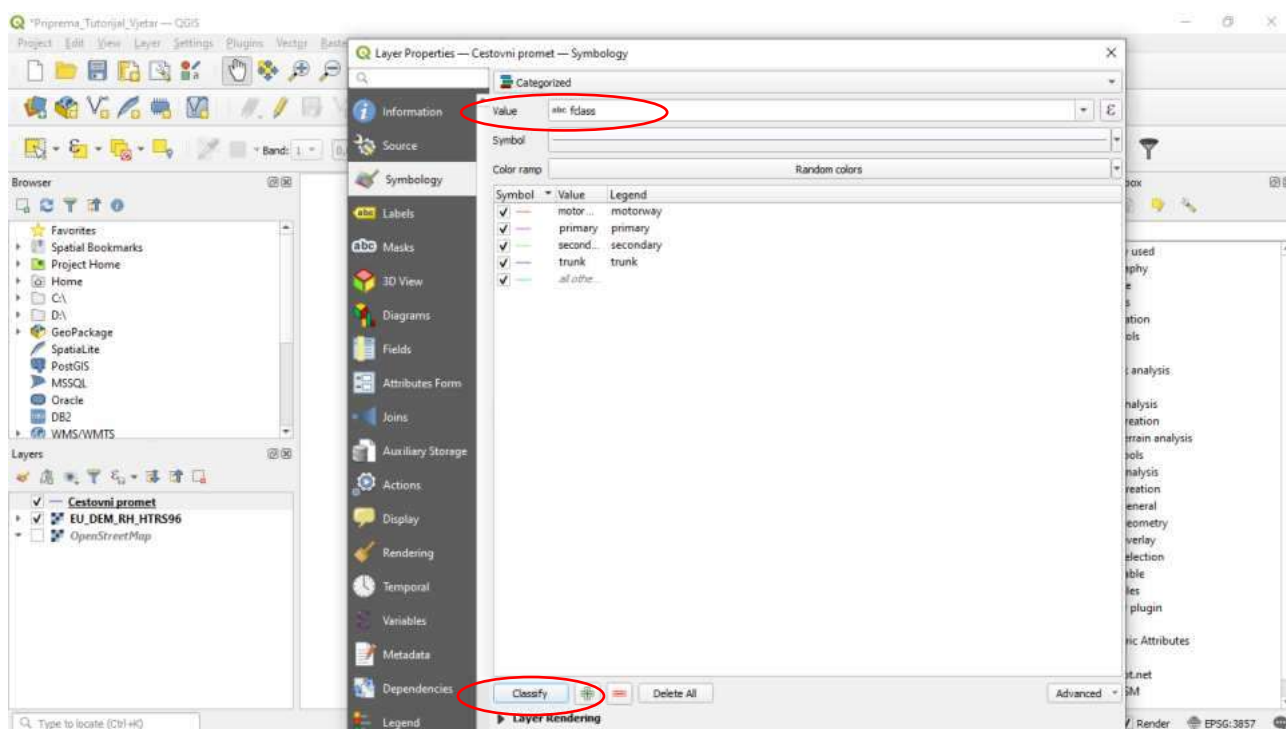
Sada uvlačimo novi sloj (layer), u ovom slučaju vektorski linijski sloj sa kategoriziranim prometnicama u RH. Pritisnemo na ikonu „Open data source Manager“, te izborom „Vector“. Nakon toga, pritiskom na gumb sa desne strane pored polja „Source“ otvara se preglednik za dohvaćanje odgovarajuće datoteke. Odabiremo odgovarajuću datoteku „Cestovni promet.shp“. *Add* → *Close*.

Ponovno se može provesti već prethodno pokazni postupak za prezentaciju elemenata pojedinog sloja u različitim bojama. Desni klik na vektorski sloj sa vodotocima u lijevom donjem prozoru „layers“ → *Properties* → *Symbology*. U prvom polju biramo „Categorized“ a u polju „Value“ biramo „fclas“ (klasa ceste). Stisnemo na donji gumb „Classify“. *Apply* → *OK*. U prooru Layers isključimo kvačice za sve kategorije ceste osim željene. Za prometnicu D8 to je „primary“.





Slika 3.9 Rasterski visinski sloj cijele RH u spektralnom izgledu („DEM“)

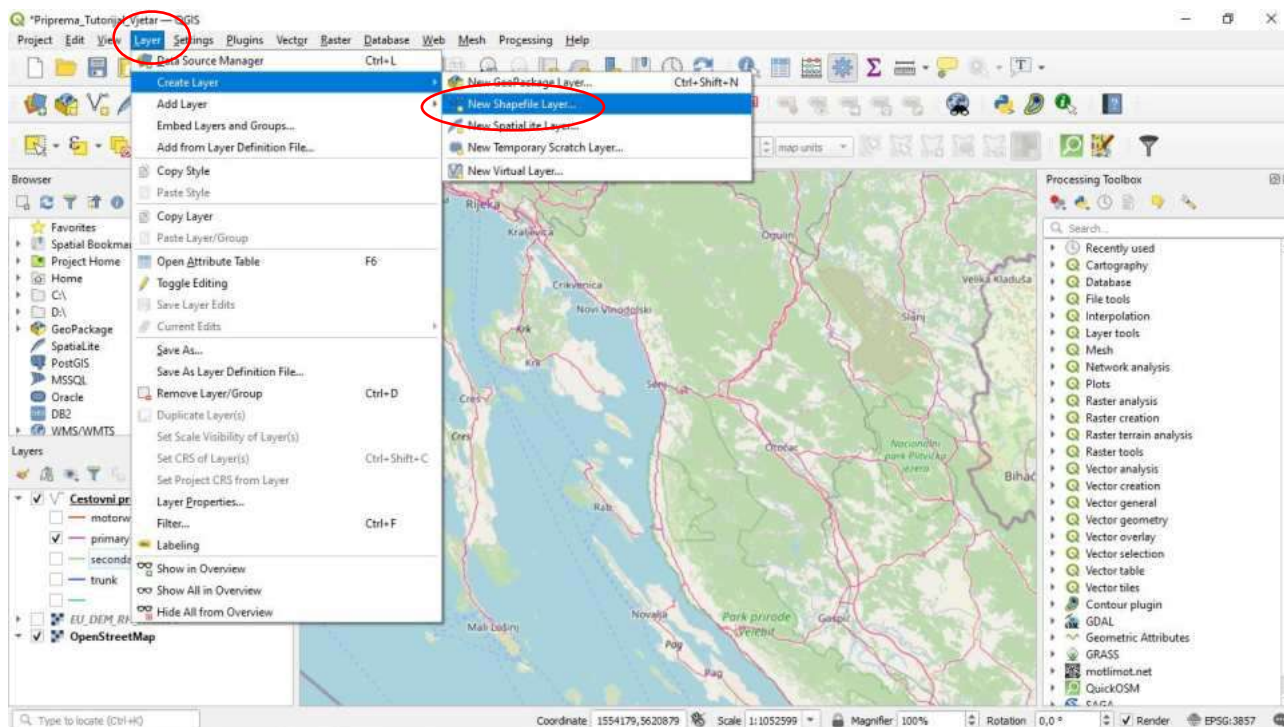


Slika 3.10 Uvlačenje vektorskog linijskog sloja „Cestovni promet“

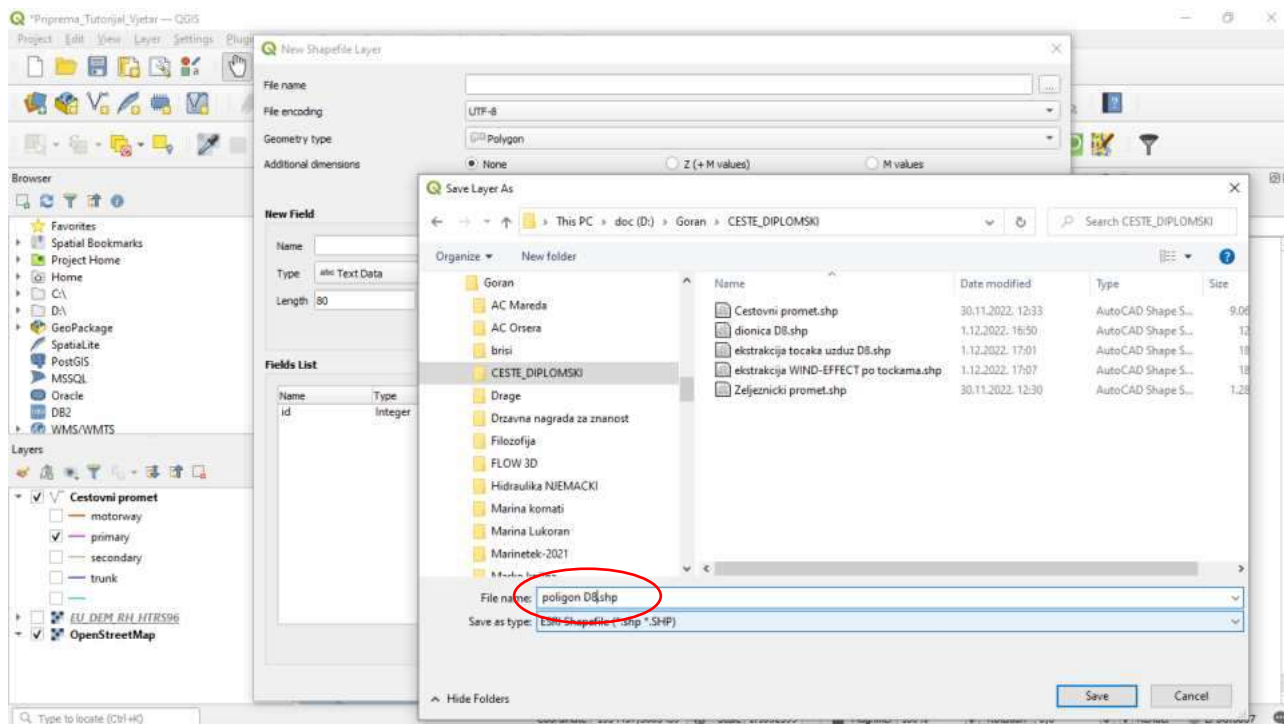
Sada je potrebno napraviti-kreirati vektorski poligonski sloj koji pokriva samo područje na kojem se nalazi dionica ceste D8 od Stinice do Prizne

Layer → Create Layer → New shape file layer

Nakon otvaranja kartice za definiranje novog vektorskog sloja, pritiskom na gumb sa desne strane polja „File Name“ odabiremo lokaciju pohrane datoteke vektorskog sloja i njegovo ime (npr. „Poligon\_D8“). U polju „Geometry type“ odabiremo „Polygon“, a u polju ispod geodetski CSR sloj (u našem slučaju HTRS / Croatia TM). Polja „New Field“ i „Field list“ trenutno nam nisu interesantna. Karticu zatvaramo sa OK. Formiran je novi vektorski poligonski sloj „Poligon\_D8.shp“ (vidljiv sa lijeve strane u prozoru „Layers“).

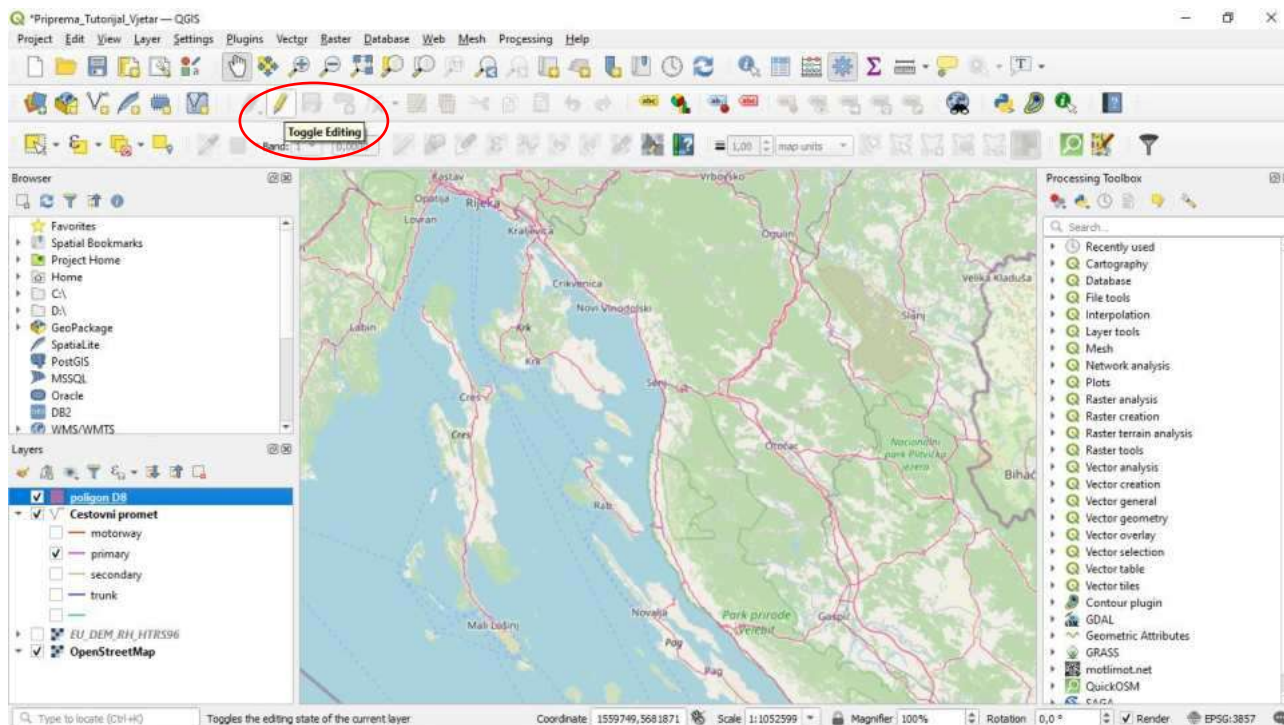


Slika 3.11 Klasifikacija vektorskog sloja „Cestovni promet“ po klasama ceste



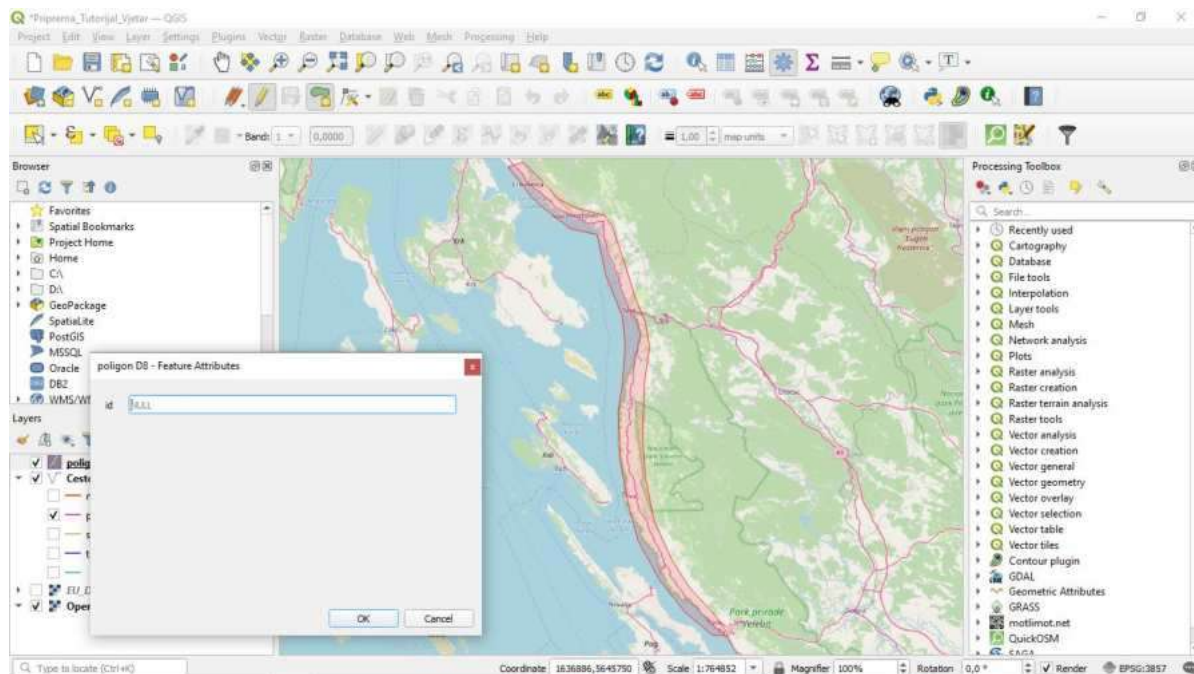
Slika 3.12 Kreiranje vektorskog poligonskog sloja

Pritisnemo gumb „Toggle editing“ kako bi omogućili editiranje novo formiranog vektorskog sloja, te gumb „Add Polygon“ kako bi ucrtali željeni poligon. Za bolju preglednost radnog prozora može se ukinuti vidljivost drugih prethodno napravljenih vektorskih ili rasterskih slojeva (micanje kvačice pored tog sloja u prozoru „Layers“).



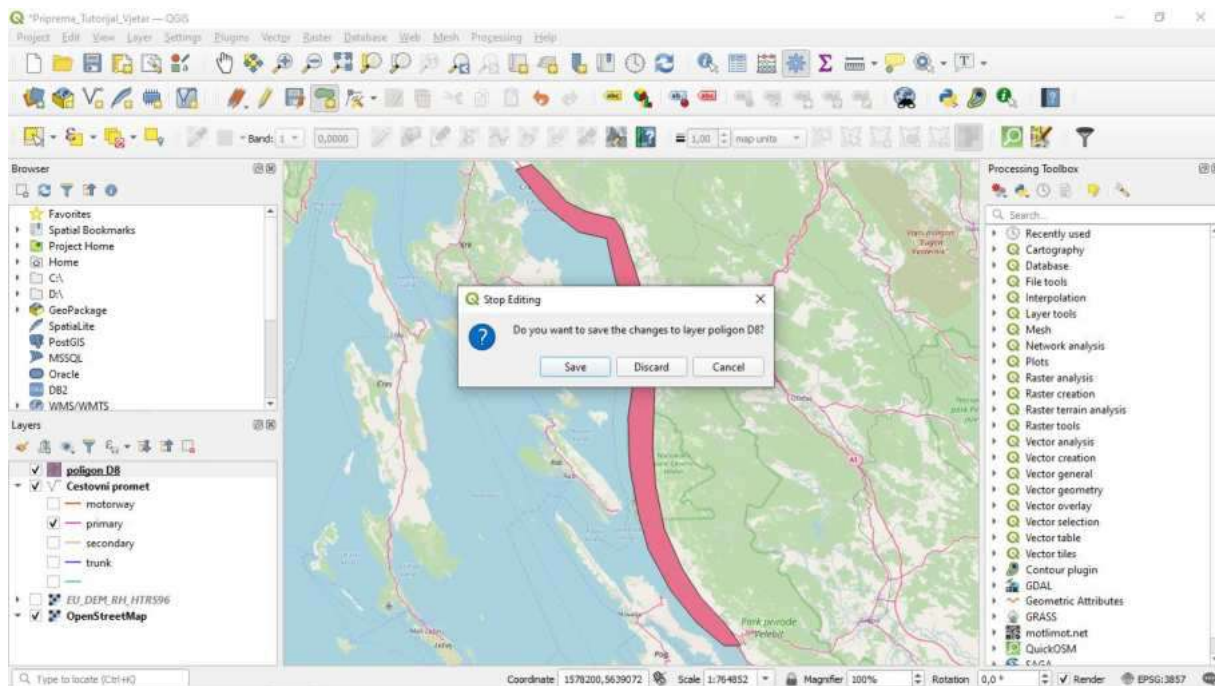
Slika 3.13 Prebacivanje na uređivanje poligona

Lijevim klikom miša i povlačenjem miša pažljivo se iscrtavaju konture poligona na način da se približno obilazi dionica ceste D8 od Stinice do Prizne . Na poziciji zadnje točke poligona dvostruki lijevi klik, a nakon čega se pojavljuje kartica „Poligon D8 – Feature Attributes“. Obzirom da mi nećemo davati nikakve atributne vrijednosti nacrtanom poligonu samo *OK*.



**Slika 3.14** Iscrtavanje poligona oko tražene dionice ceste D8

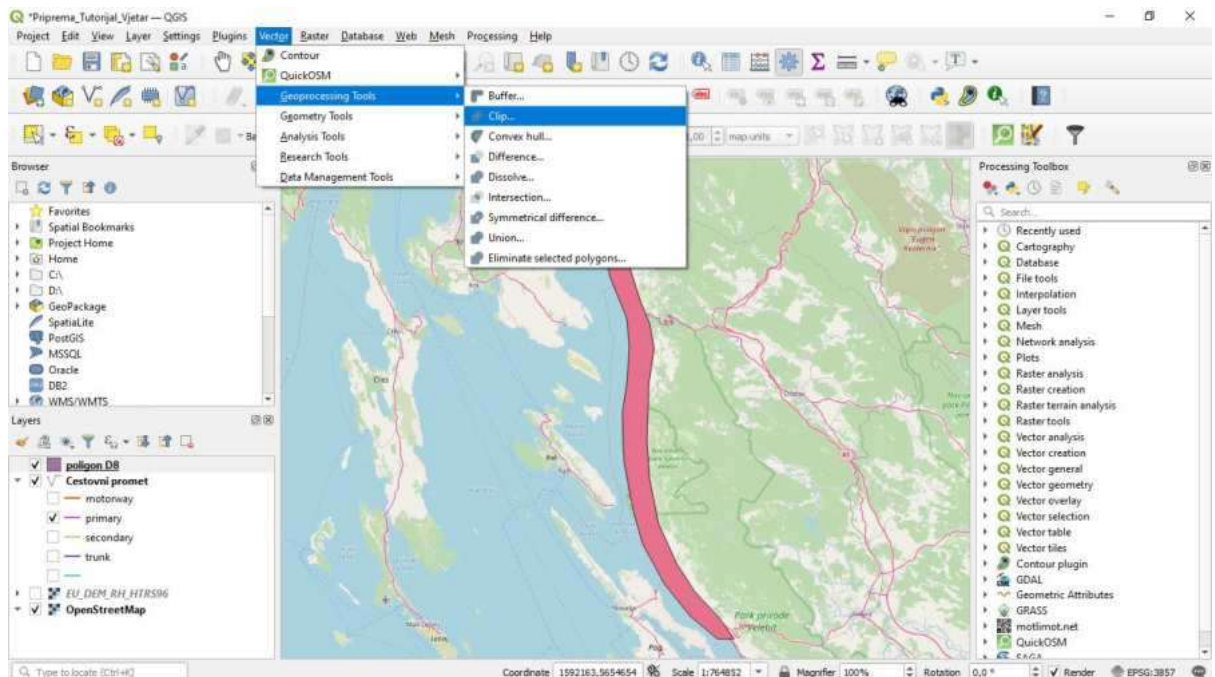
Ponovno stisnemo na ikonu olovke (gumb „Toggle editing“) kako bi naznačili prekid editiranja poligona, a nakon čega potvrđujemo da želimo pohranu unesenih promjena na poligonskom sloju. Ovaj poligonski sloj će nam poslužiti da napravimo ekstrakciju prethodno unesene podloge (vektorski linijski sloj prometnica u RH „Cestovni promet“) samo na području primarnog interesa .



**Slika 3.15** Spremanje poligona „poligon D8“ potrebnog za kreiranje zadanog dijela dionice D8

U nastavku želimo smanjiti („klipati“) područje prometnica u RH samo na područje koje je pokriveno prethodno napravljenim vektorskim poligonom „Poligon\_D8“. To se provodi uz pomoć QGIS rutine „Clip“.

*Vector* → *Geoprocessing Tools* → *Clip*

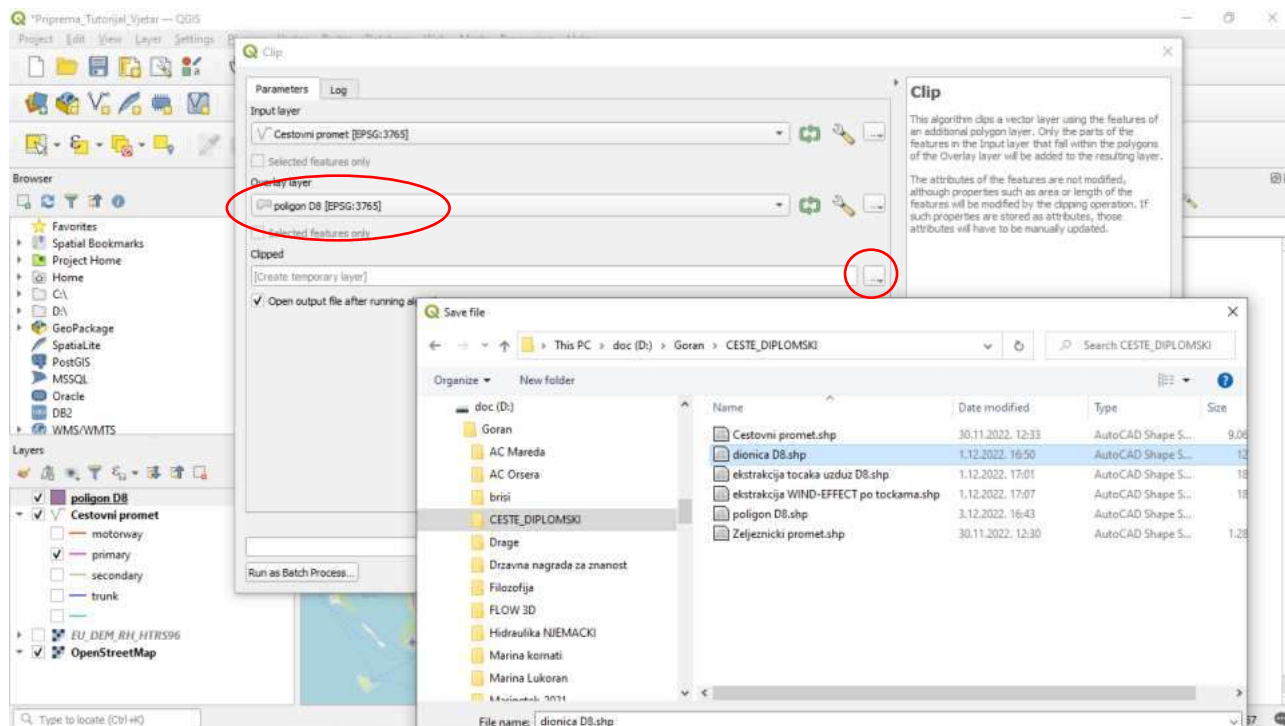


**Slika 3.16** Otvaranje alata „Clip“

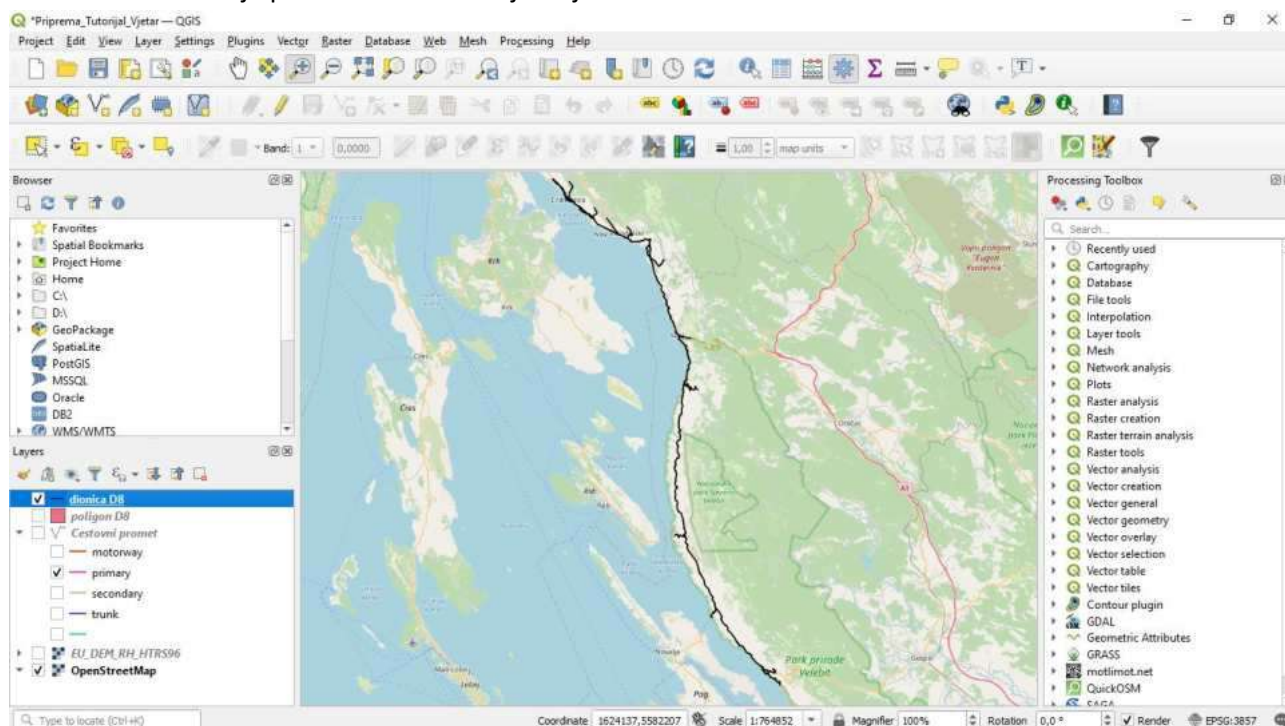
U polju „Input layer“ odaberemo vektorski linijski sloj „Cestovni promet“, a u polju „Overlay layer“ vektorski poligonski sloj „Poligon\_D8“. Nakon toga stisnemo na gumb pored polja „Clipped“, te odaberemo „save to file“ kako bi odabrali naziv (npr „Dionica D8“) i mjesto

pohrane datoteke u koju će se spremili rezultati presjeka ova dva vektorska sloja. Za kraj kliknemo na *Run*.

Za uočljiviji prikaz novoformiranog vektorskog linijskog sloja ponovno možemo promijeniti boju i debljinu sloja na način koji je već prethodno opisan. Također možemo isključiti kvačice nepotrebno vidljivih slojeva (npr poligona „Poligon D8“ i „Cestovni promet“).



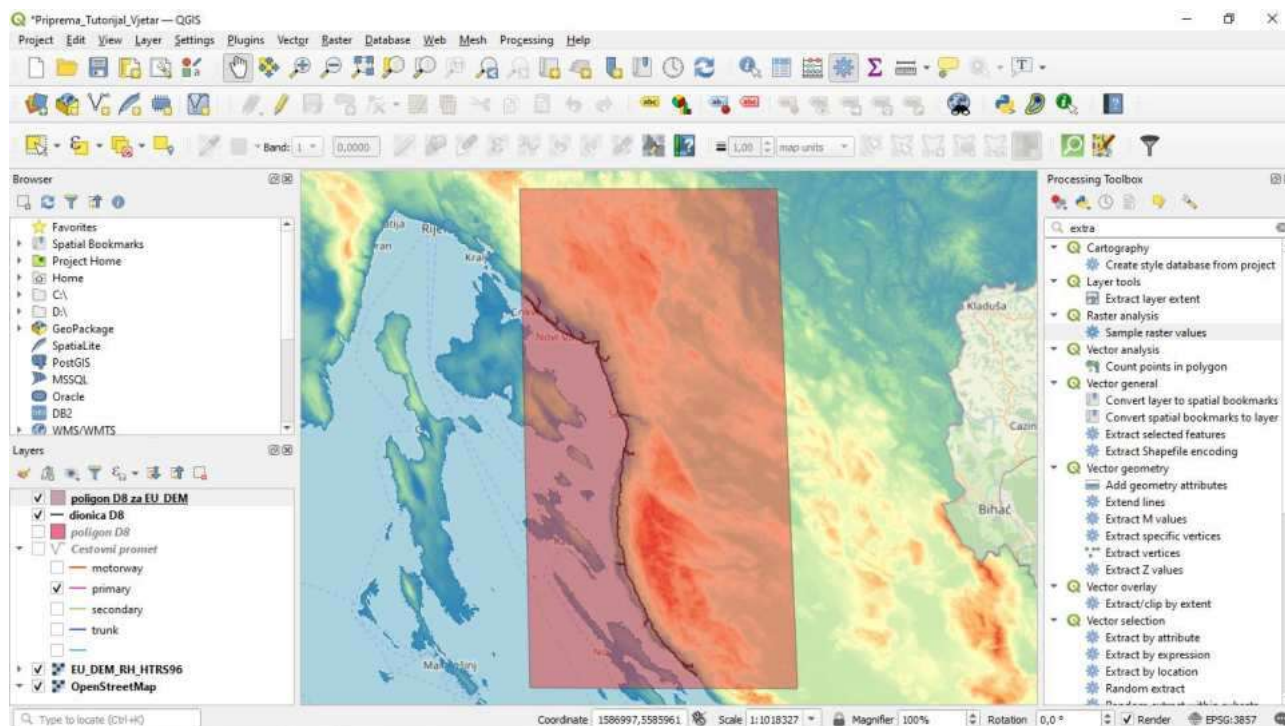
Slika 3.17 Definiranje parametara za rezanje slojeva



Slika 3.18 Uređivanje sloja “dionica D8”

### 3.2. PRIMJENA QGIS MODULA “WIND EFFECT”

U nastavku želimo iskoristiti QGIS simulacijsku rutinu sa kojom se mogu odrediti utjecaju orografije na intenzitet djelovanja vjetra. Rasterski sloj „EU\_DEM\_RH\_HTRS96.tiff“ predstavlja podlogu za provedbu simulacije, ali prethodno želimo definirati samo onaj dio rasterskog sloja „EU\_DEM\_RH\_HTRS96.tiff“ na kojem se odvija relevantni dio razvoja vjetrovnog djelovanja. Dakle, prvo je potrebno kreirati novi vektorski poligonski sloj za narednu ekstrakciju relevantnog podpodručja rasterskog sloja „EU\_DEM\_RH\_HTRS96.tiff“. Rubne točke tog poligona trebaju obuhvatiti planinske lance koji se nalaze u zaobalju (vidi narednu sliku). Procedura kreiranja novog vektorskog poligonskog sloja je već prethodno objašnjena. Ovdje je za taj poligonski sloj dano ime „poligon D8 za EU\_DEM.shp“.



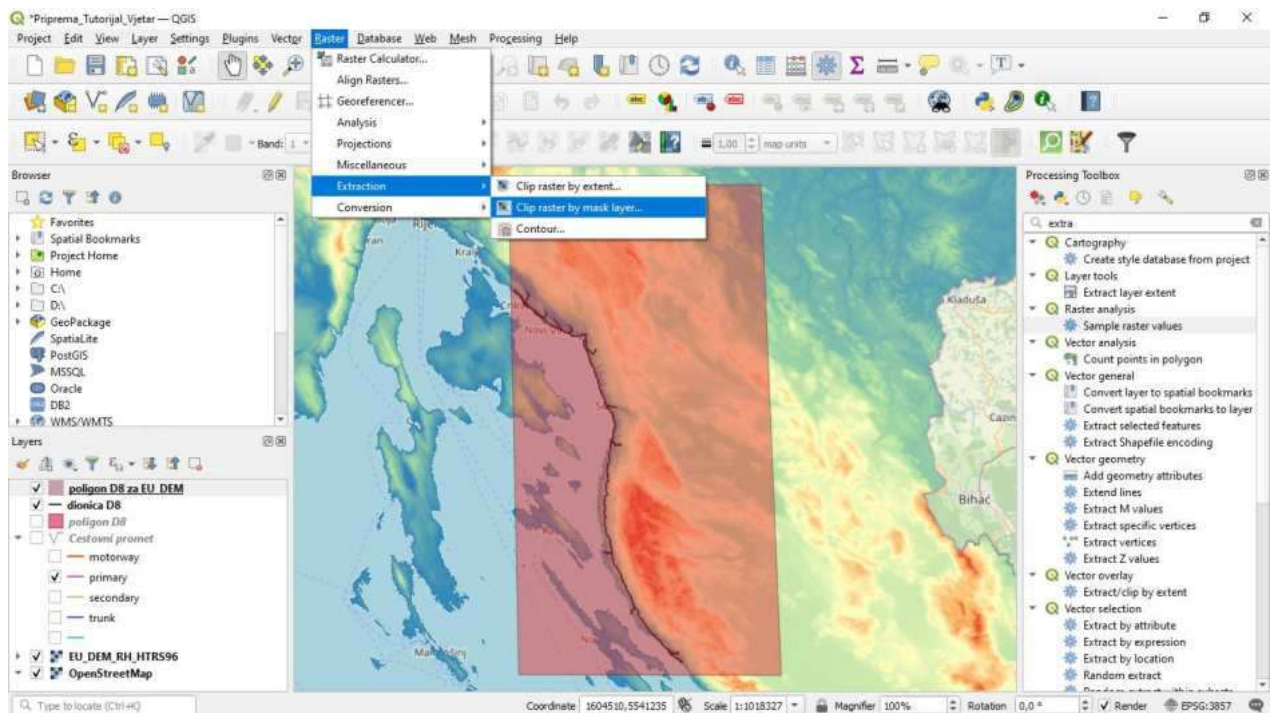
Slika 3.19 Kreiranje poligona za buduće rezanje („klipanje“) rastera

Sada radimo klipanje rastera „EU\_DEM\_RH\_HTRS96.tiff“ sa prethodno kreiranim poligonom „poligon D8 za EU\_DEM.shp“.

*Raster → Extraction → Clip raster by mask layer*

Za „Input Layer“ odabiremo raster „EU\_DEM\_RH\_HTRS96.tiff“, a za „Mask layer“ vektorski poligon „poligon D8 za EU\_DEM.shp“. Pod „Advanced parameters“ pritiskom na gumb pored

kućice „Clipped“ otvara se mogućnost za izbor imena i mjesta pohrane novog „klipanog“ rastera. U ovom primjer dano je ime „EU\_DEM za model vjetra na D8.tif“.



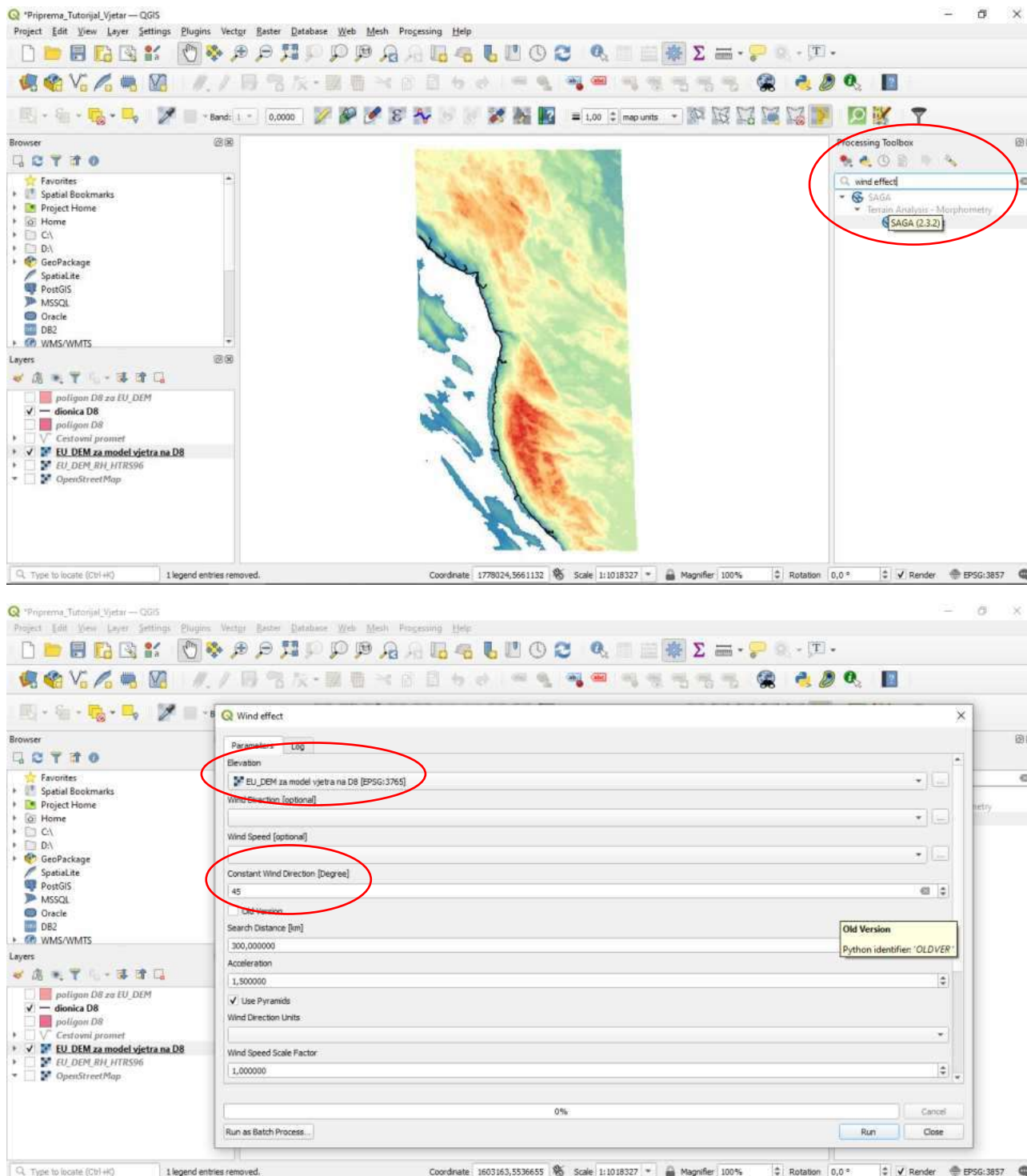
**Slika 3.20** Rezanje („klipanje“) rastera poligonom

Za bolju preglednost nakon ovog možemo isključiti kvačice pored „EU\_DEM\_RH\_HTRS96.tiff“ i promijeniti boje za novi raster „EU\_DEM za model vjetra na D8.tif“.

Sada u desnom prozoru „Processing toolbox“ upišemo naredbu „Wind effect“. Dvostrukim klikom na naredbu se otvara radni prozor za upis podataka. U kućicu „Elevation“ se odabire prethodno kreirani raster visina za analizirano podpodručje „EU\_DEM za model vjetra na D8.tif“, u kućicu „Constant wind direction“ se upisuje vrijednost  $22,5^{\circ}$  a u kućicu „Wind direction units“ se odabire „degree“. Ovime smo dali informaciju da je smjer djelovanja vjetra konstantan po cijelom području, odnosno da je smjer djelovanja vjetra prostorno homogen.

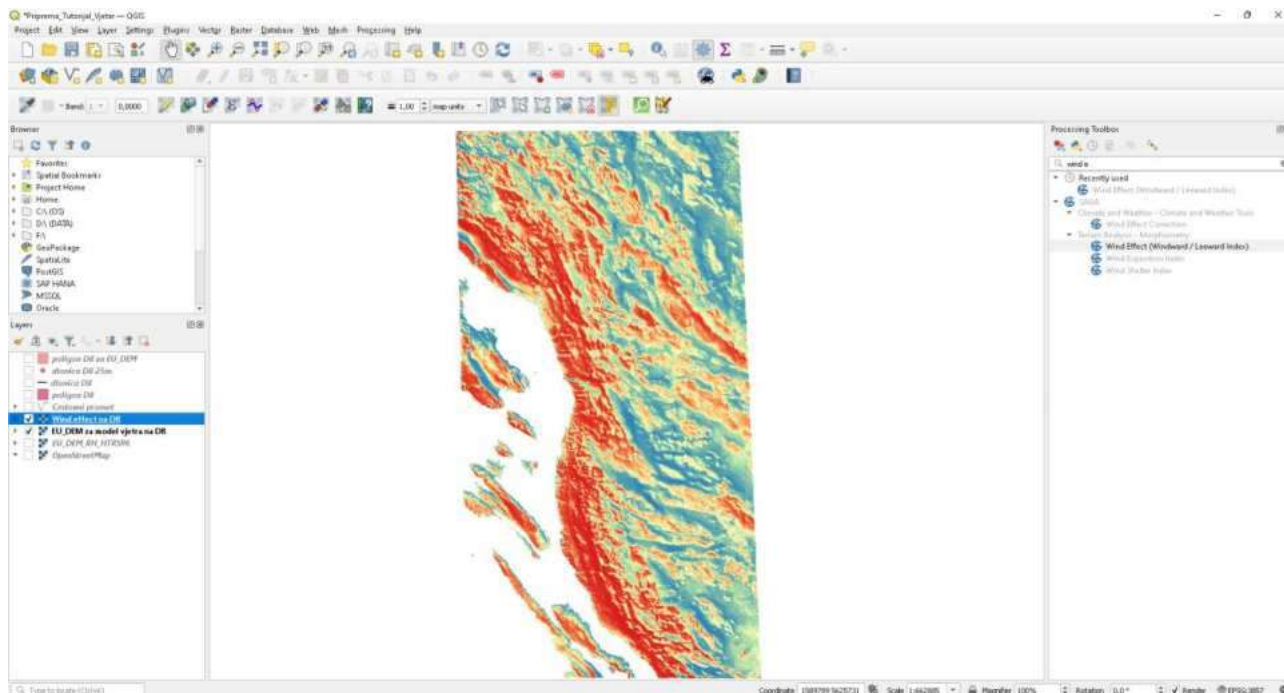
Aktiviranjem gumba pored kućice „Wind effect“ otvara se prozor za izbor mjesta i imena datoteke (ovdje je dano ime „Wind effect na D8.tif“). Završavamo sa *Run*.





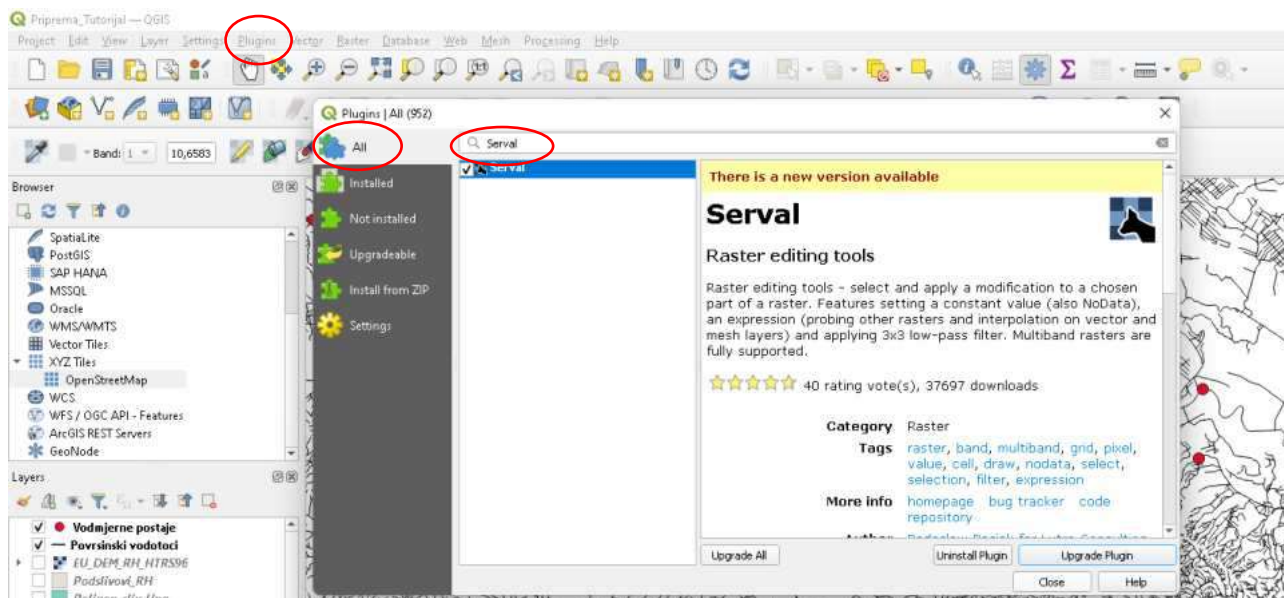
Slika 3.21 Definiranje parametara i kreiranje novog rasterskog sloja „Wind effect na D8“

Dobiveni rezultati u rasteru „Wind effect na D8.tiff“ prikazuju polje u kojem vrijednosti  $>1$  naznačuje pozicije lokalnog povećanja brzine vjetera a vrijednosti  $<1$  naznačuje pozicije lokalnog smanjenja brzine vjetera. Ponovno možemo promijeniti boje u prikazu rezultatnog rastera „Wind effect na D8“ na već prethodno objašnjeni način (naredna slika).



Slika 3.22 Dodavanje spektralnog izgleda „Wind effect“ sloju

Za pregled rasterskih vrijednosti potrebno je instalirati „Plugin“ pod nazivom „Serval“.

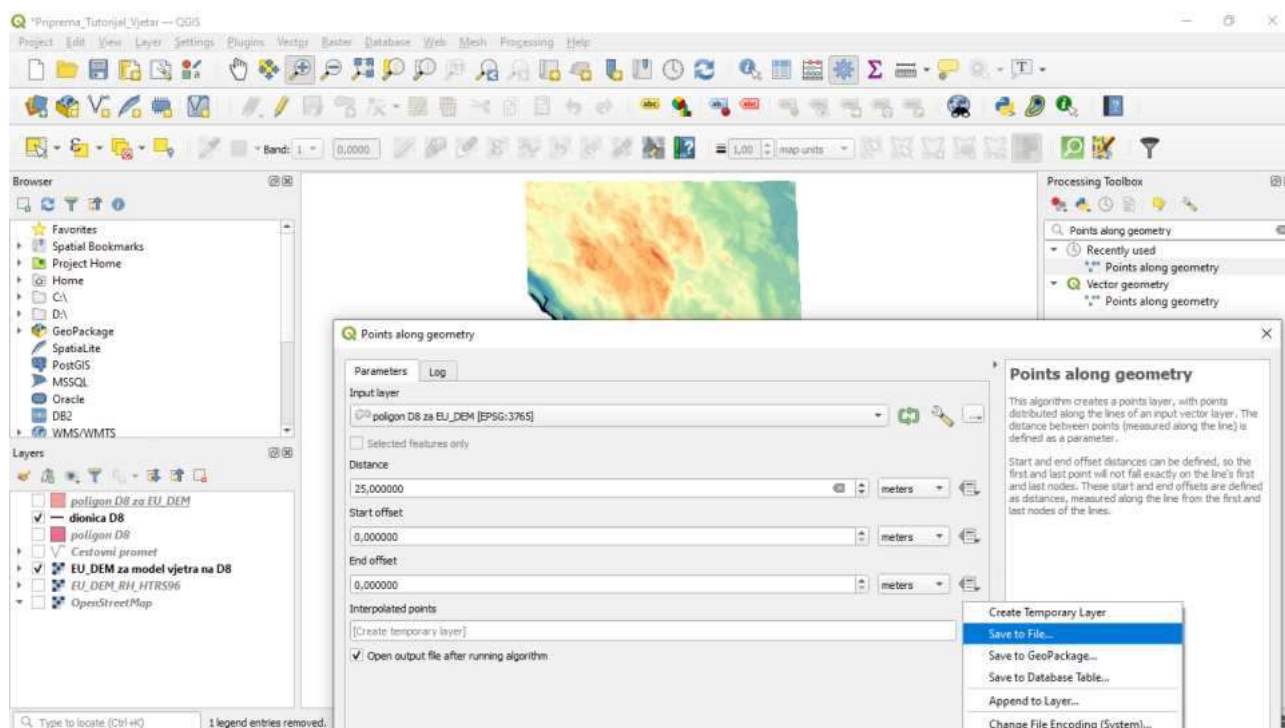


Slika 3.23 Instaliranje dodatka („Plugin-a“) „Serval“

U nastavku trebamo prethodno kreirani vektorski linijski sloj za analiziranu dionicu D8 „dionica D8.shp“ pretvoriti u vektorski točkasti sloj. Problem je u tome što linijski vektorski sloj „dionica D8.shp“ ima vrlo veliki broj točaka loma na različitim međusobnim udaljenostima uzduž linije, od nekoliko metara do nekoliko desetina metara. Mi smo zainteresirani za formiranje vektorskog točkastog sloja uzduž trase dionice D8 sa jednolikom međusobnom udaljenosti

točaka (vertisa). To se može napraviti upisom naredbe „Points along geometry“ u desni prozor „Processing Toolbox“.

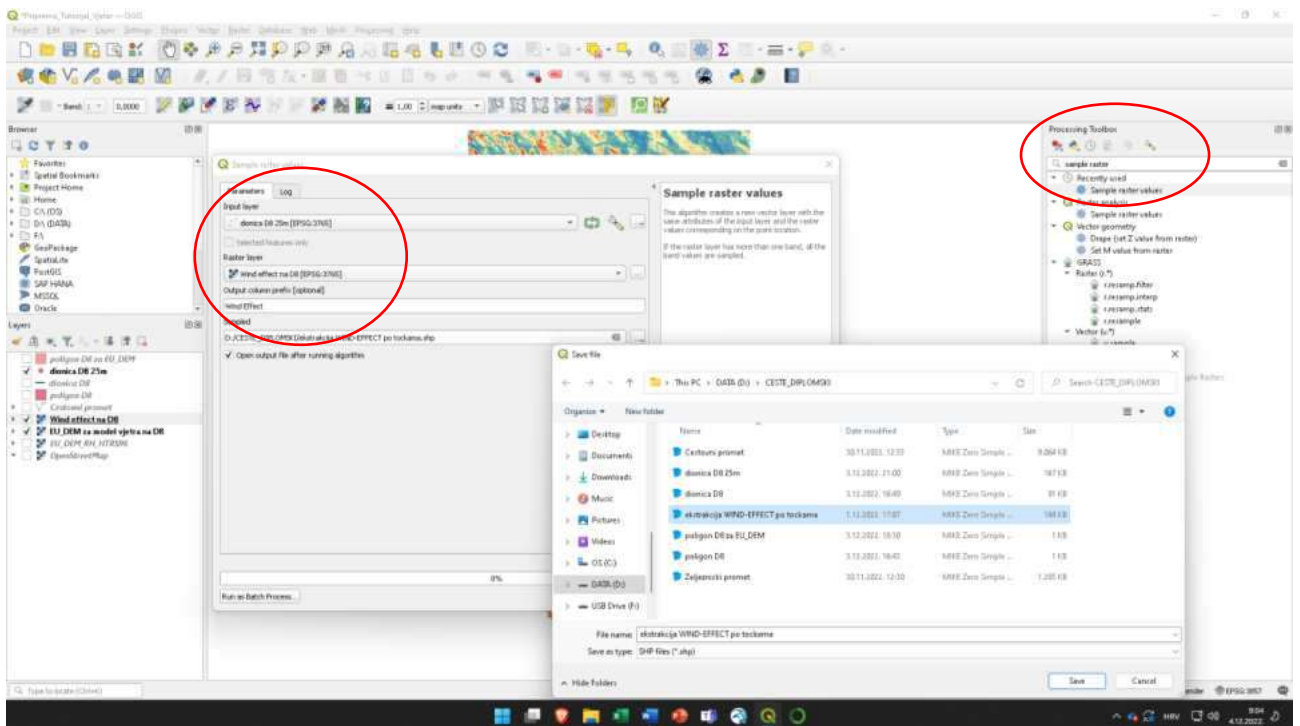
Dvostrukim klikom na naredbu se otvara radni prozor za upis podataka. U kućicu „Elevation“ se odabire vektorski sloj „dionica D8.shp“, u kućicu „Distance“ se upisuje vrijednost 25 (m) jer je to ujedno prostorna rezolucija rastera sa rezultatima „Wind effect na D8.tiff“. Aktiviranjem gumba pored kućice „Interpolated points“ otvara se prozor za izbor mjesta i imena datoteke (ovdje je dano ime „dionica D8 na 25m.shp“). Završavamo sa *Run*.



**Slika 3.24** Generiranje točaka na razmaku od 25 metara duž dionice

Za kraj je još samo potrebno napraviti ekstrakciju podataka iz rastera „Wind effect na D8.tiff“ na mjestu točaka iz prethodno kreiranog vektorskog točkastog sloja „dionica D8 na 25m.shp“. To se može napraviti upisom naredbe „Sample raster values“ u desni prozor „Processing Toolbox“.

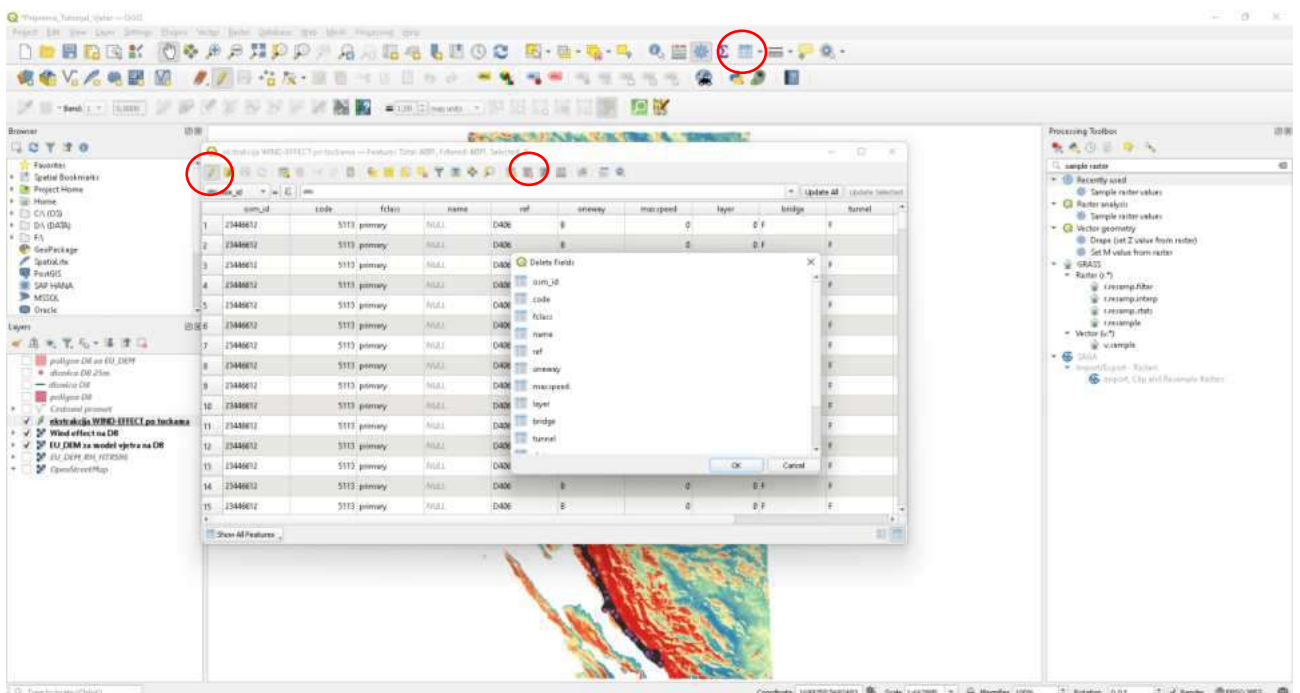
Dvostrukim klikom na naredbu se otvara radni prozor za upis podataka. U kućicu „Input layer“ se odabire točkasti vektorski sloj „dionica D8 na 25m.shp“, a u kućicu „Raster layer“ se odabire „Wind effect na D8.tiff“. Aktiviranjem gumba pored kućice „Sampled“ otvara se prozor za izbor mjesta i imena datoteke (ovdje je dano ime „ekstrakcija WIND-EFFECT po točkama.shp“). Završavamo sa *Run*.



Slika 3.25 Ekstrakcija „Wind Effect“ rastera na mjesto točkica iz sloja „dionica D8 na 25m“

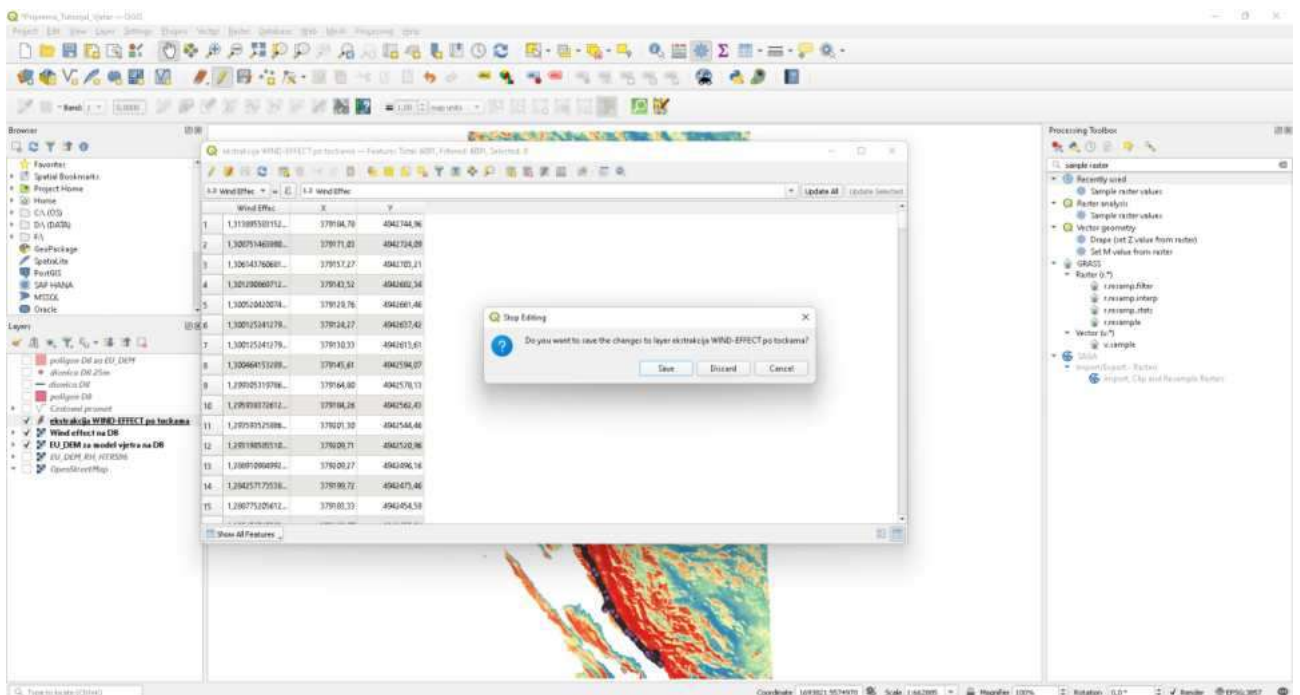
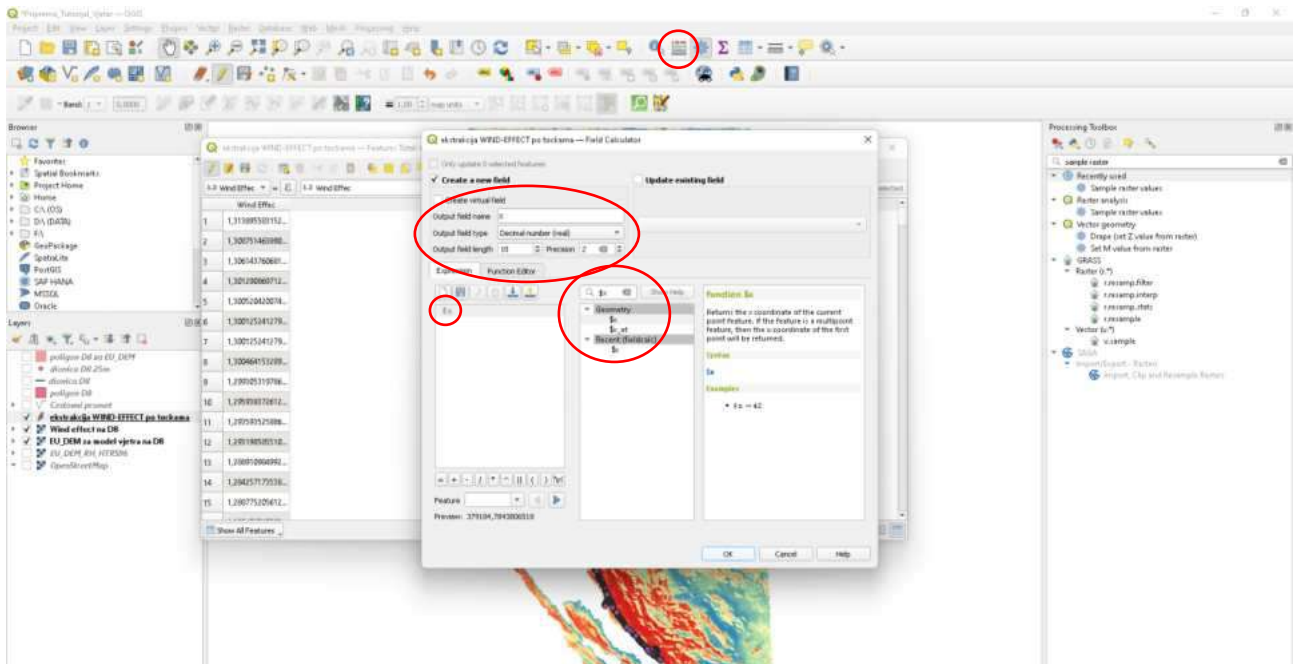
Kreirani točkasti vektorski sloj „ekstrakcija WIND-EFFECT po tockama.shp“ potrebno je dodatno obraditi da se izbrišu nepotrebni atributi-kolone u „Attribute table“ (ostaviti samo kolonu sa vrijednostima Wind effect), te da se dodaju kolone za X i Y koordinatu u HTRS95.

Prvo se aktivira ikona u gornjoj traci sučelja „Attribute table“, nakon toga se u novootvorenom prozoru aktivira ikona „Toggle editing mode“ (olovka), te ikona „delete field“. Odabiru se kolone koje nisu potrebne, te se pritisne OK.



Slika 3.26 Brisanje nepotrebnih atributnih kolona sloju

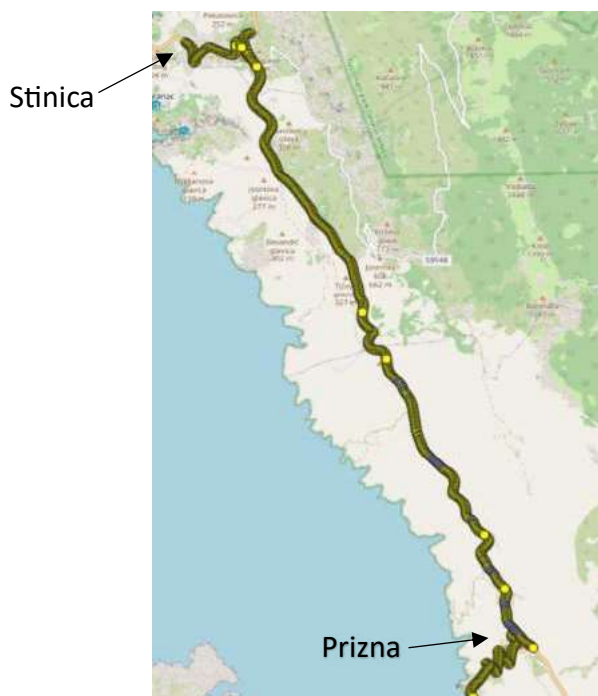
Za kreiranje novih kolona odabrati ikonu „Open field calculator“. U kućicu „Output field name“ upisati „X“, za „Output field type“ odabrati „Decimal number“, a u kućicu koja je u sredini prozora upisati „\$x“. Dvostrukim klikom na „\$x“ ista oznaka „\$x“ se pojavljuje i u lijevom prozoru. Nakon potvrde akcije sa OK dobivena je jedna nova kolona u kojoj se nalaze X koordinate točaka u HTRS95. Ista procedura se ponavlja i za Y koordinatu. Po završetku pritisnemo na ikonu olovke, te potvrđujemo željene promjene sa Yes.



Slika 3.2 i Slika 3.28 Dodavanje novih X i Y koordinata u atributne kolone sloja

#### 4. REZULTATI PROVEDENIH ANALIZA

Nakon što su dobivene točke s pripadajućim koordinatama u prethodnom koraku, dalje se definiraju točke na kojima su vrijednosti "wind effect" veće od najveće vrijednosti brzine vjetra na pozicijama točaka Balinskog vijadukta, te se iskazuju omjeri.



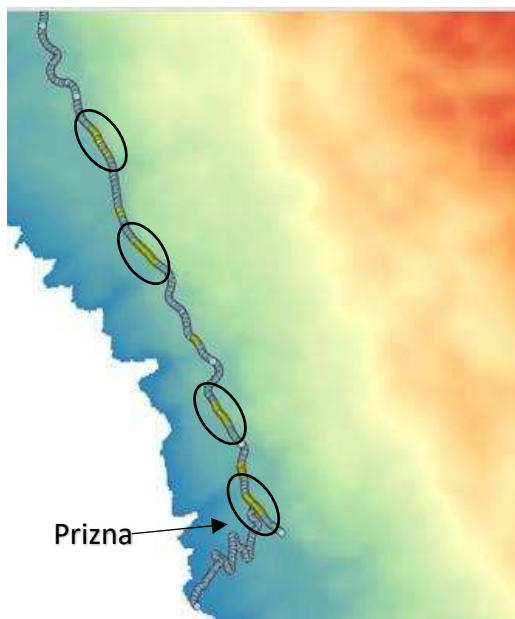
**Slika 4.1** Točke koje imaju brzinu vjetra manju od referentne brzine (žuta boja)



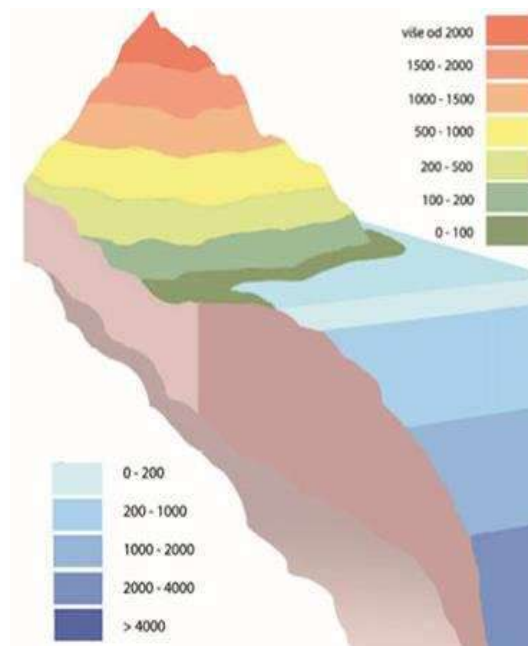
**Slika 4.2** Točke koje imaju brzinu vjetra veću od referentne brzine (crvena boja)

U slučaju smjera vjetra od  $22,5^\circ$  veliki dio točaka na dionici Stinica – Prizna ne prelazi kritičnu brzinu vjetra koja je izmjerena na Balinskom mostu. Broj točaka s većim brzinama od one na Balinskom mostu je 70 od 767 točaka što iznosi 9,13% dionice.

Na segmentima južno od Stinice prema Prizni postoji veći broj točaka kojima je brzina vjetra veća od referentne .



**Slika 4.3** Izdvojena dionica sa točkama brzine veće od referentne



**Slika 4.4** Tumač nadmorskih visina

Na dionici ceste koja se nalazi u području s velikim visinskim razlikama, zabilježeni su uvjeti koji uzrokuju pojačano djelovanje vjetra. Ovi uvjeti rezultat su orografskih učinaka, gdje se zrak, pri prolasku preko brdovitog terena, uspinje i zatim pada, što dovodi do promjena u brzini i smjeru vjetra. Na nekim dionicama, koeficijenti brzine vjetra su veći od referentnih vrijednosti, što dodatno povećava rizik za vozače. Mjerenja su pokazala da brzina vjetra na tim segmentima dionice premašuje uobičajene granice, što zahtijeva posebnu pažnju pri upravljanju vozilima.



**Slika 4.5** 3D prikaz dionice sa točkama brzine veće od brzine izmjerene na Balinskom mostu

Topografski uvjeti na dionici Stinica - Prizna imaju značajnu ulogu u oblikovanju vjetrova. Ova dionica prolazi kroz brdoviti i planinski teren. Promjene u visini i nagibu tla mogu uzrokovati ubrzanje vjetra. Kada zrak prolazi kroz uske prolaze ili se penje uz padine, može se povećati njegova brzina. Preporučuje se dodatna analiza i praćenje uvjeta vjetra, kako bi se osigurala sigurnost svih sudionika u prometu. Iako bi ugradnja vjetrobrana mogla poboljšati sigurnost na ovim rizičnim segmentima, treba uzeti u obzir da je njihova instalacija skupa. Stoga je važno razmotriti alternativne mjere, kao što su redovita upozorenja za vozače, poboljšanje infrastrukture ili druga rješenja koja bi smanjila rizik od utjecaja jakog vjetra



## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu provedena je analiza prostorne raspodjele brzine vjetra na dionici ceste između Stinice i Prizne temeljem modula „Wind effect“, dostupnog u sklopu platforme QGIS, te brzine i smjera vjetra iz numeričkog atmosferskog modela Aladin-Hr u razdoblju 1998.-2001.

Primjena GIS modela ima mnoge prednosti kao što su preglednosti zahvaljujući visokoj rezoluciji, detaljna topografska podloga, jednostavnost, pristupačnost. Prate se mjereni jednosekundni udari vjetra na lokacijama Balinski vijadukt, prati se i temperatura i stanje kolnika.

Primjerice, za 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.

Rezultati provedenih proračuna na spomenutoj dionici državne ceste D8 pokazali su da nije potrebno zatvaranje spomenute dionice budući da je broj točaka s većom brzinom od brzine na Balinskom mostu minimalan. Dionica Stinica – Prizna duga je 19km, a za proračune brzine uzduž analizirane cestovne dionice korištena je prostorna rezolucija podataka od 25m. Na cijelom potezu dionice samo 9,13% dionice ima brzine vjetra veće od referentne brzine na Balinskom mostu. Na segmentima južno od Stinice prema Prizni postoji veći broj točaka kojima je brzina vjetra veća od referentne, te točke nalaze se uz otvoreno more okružene Velebitom te bi bilo dobro napraviti dodatne analize i razmatranja za zaštitu vozila u obliku burobrana ili neki slični oblici vjetrovne zaštite da se ne bi zatvarala cijela dionica. Budući da situacije u kojima je promet zatvoren generiraju značajan društveni trošak, nemogućnost obavljanja poslova koji se provode tom dionicom, izgubljeno vrijeme te negativan utjecaj na turizam.

## 6. LITERATURA

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

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.

Brzović, N. (1999.): Factors affecting the Adriatic cyclone and associated windstorms, *Contributions to Atmospheric Physics*, Vol. 72, str. 51-65.

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.

Ivatek-Sahdan, S., Tudor, M. (2004.): Use of high-resolution dynamical adaptation in operational suite and research impact studies, *Meteorol. Z.*, Vol. 13, str. 99-10