

KRATKI SAŽETCI

Meteorološki
izazovi

10

Meteorologija
i promet –
zajedno za
sigurniji put



8. – 9. svibnja 2025.

Fakultet šumarstva i drvne tehnologije,
Svetošimunska cesta 23, 10000 Zagreb



Klimatske promjene i ekstremne vremenske prilike predstavljaju veliki izazov u osiguranju uvjeta za sigurno odvijanje zračnog, kopnenog i pomorskog prometa. Stoga je pravodobna i pouzdana informacija o očekivanim vremenskim prilikama od nekoliko sati do nekoliko dana unaprijed ključna za sve sudionike u prometu.

Ciljevi skupa su: diskutirati načine na koje meteorološka struka može poboljšati svoje produkte s ciljem osiguranja sigurnog odvijanja svih oblika prometa; razmijeniti znanja i najnovije rezultate znanstvenih istraživanja iz meteorologije, klimatologije, sinoptičke meteorologije, numeričkog modeliranja i ostalih srodnih područja; ojačati komunikaciju znanstvene zajednice s korisnicima meteoroloških podataka i produkata, općom javnošću i medijima te promicati i popularizirati meteorologiju.

Očekivani rezultati skupa su bolja interdisciplinarna suradnja meteorologa s korisnicima iz svih područja društvenih i gospodarskih djelatnosti s fokusom na podršku prometnom sektoru te razvijanje svijesti o važnosti jačanja komunikacije među svim relevantnim dionicima.

Pozvani predavači su: Amela Jeričević (EASA, European Union Aviation Safety Agency, Köln, Njemačka), Mathias Rotach (University of Innsbruck, Austria), Ricardo Trigo (Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal).

Skup je otvoren za sve korisnike i pružatelje meteoroloških informacija.

Pokrovitelji: Ministarstvo znanosti, obrazovanja i mladih, Grad Zagreb, Fakultet prometnih znanosti

Sponzor: Fakultet šumarstva i drvne tehnologije

Podržava: Europsko meteorološko društvo



Climate change and extreme weather are a major challenge in ensuring safe journey conditions for air, inland and sea traffic. Therefore, accurate and reliable information about the expected weather conditions in the coming days, weeks and months is extremely important for all participants in all kinds of traffic.

The goals of the conference are: to discuss the ways in which meteorology can improve meteorological products in order to ensure safe traffic and transport of all kind; to exchange the latest scientific achievements in the fields of meteorology, climatology, applied meteorology, environmental protection and sustainable development; to strengthen the communication with users of meteorological data and products, the general public and the media and to promote and popularize meteorology.

The meeting is open to all users and providers of meteorological information.

The expected results of the conference are closer interdisciplinary cooperation between meteorologists and users from all areas of social and economic activities focused on supporting the transport sector, as well as developing awareness of the importance of strengthening communication among all relevant stakeholders.

Invited speakers are Amela Jeričević (EASA, European Union Aviation Safety Agency, Köln, Germany), Mathias Rotach (University of Innsbruck, Austria), Ricardo Trigo (Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal).

Under the auspices of: Ministry of Science, Education and Youth, City of Zagreb and Faculty of Transport and Traffic Sciences.

Sponsor: Faculty of Forestry and Wood Technology

Supported by: European Meteorological Society.

PREDAVANJA PRESENTATIONS

CHALLENGES IN AVIATION METEOROLOGY

AMELA JERIČEVIĆ

European Aviation Safety Agency, EASA
Konrad-Adenauer-Ufer 3, 50668 Cologne, Germany
amela.jericevic@easa.europa.eu

EASA's remit for action in the domain of Research & Innovation has been extended by its Basic Regulation, which aims in its Art. 1(2)(i) to "promote research and innovation, inter alia, in regulatory, certification and oversight processes". In its Art. 86 the Agency is given (among others) the role to "assist the Commission and the Member States in identifying key research themes in the field of civil aviation to contribute to ensuring consistency and coordination between publicly funded research and development and policies falling within the scope of this Regulation. Furthermore, EASA is already and will be more and more faced with societal, environmental, and technological transformations that will need EASA to adapt its strategic competence and business model development needs to accompany those transformations".

In this paper the status and ongoing actions regarding EASA activities in the domain of assessing and evaluating challenges in aviation meteorology coming from the impacts of climate change on aviation through work of EASA Scientific Committee and European Network on Impact of Climate Change on Aviation (EN-ICCA) will be presented.

European Network on Impact of Climate Change on Aviation (EN-ICCA) is a network of selected experts from the aviation industry, national aviation authorities (NAAs), research organisations, and national meteorological services. The main purpose of the EN-ICCA is to assist aviation stakeholders in addressing effects of climate change on safety and interdependent aspects (efficiency, economy), and to help scientists to identify research priorities regarding the impact of climate change on aviation.

Furthermore, challenges in aviation meteorology coming from new perspectives and developments on global (ICAO) and EU level will be presented with the future roadmap on developing technologies and challenges in implementation to achieve harmonisation in operational and regulatory perspective and safety of services.

THE WEATHER FORECASTS AS SUPPORT FOR AIR TRAFFIC MANAGEMENT IN CROATIA

JADRAN JURKOVIĆ, VINKO ŠOLJAN i IGOR KOS

Hrvatska kontrola zračne plovidbe
Rudolfa Fizira 2, 10410 Velika Gorica, Hrvatska
jadrان.jurkovic@crocontrol.hr

Vremensko stanje atmosfere utječe na sve faze leta. Za sustavno odvijanje zračnog prometa potrebno je njegovo planiranje koje se radi na svjetskoj, europskoj i nacionalnoj razini. Govoreći primarno o prometu na rutnim nivoima (10.000 – 12.000 m) u Europi, osim rijetkih događaja vulkanskog pepela, najčešći utjecaj na promet imaju grmljavinske oluje i turbulencija povezana s mlaznom strujom ili planinskim valovima. Prognoza tih pojava, a posebno područja zahvaćenih grmljavinama pomaže kod planiranja tokova prometa, ali i promjenama u planiranim rutama u realnom vremenu zbog zaobilaženja oluja. Prednost HKZP-a je bliskost pružatelja meteorološke usluge (prognoze i upozorenja) i usluge upravljanja zračnim prometom, a suradnja se posebno produbila rastom ukupnog zračnog prometa tijekom zadnjih 15 godina. Hrvatska se nalazi tzv. jugoistočnoj osi (SE-axis) ruta zrakoplova iz središnje i zapadne Europe prema jugoistoku i Aziji, a tijekom toplog dijela godine ima učestalu pojavu grmljavinskih oluja te je stoga precizna prognoza od iznimnog značaja.

Prognostički ured (Meteorological watch office MWO) Zagreb sudjeluje u pružanju meteorološke prognoze na europskoj i nacionalnom nivou. Na europskom nivou u organizaciji EUMETNET-a od 2020.godine sudjeluje u prognozi Cross-border convection forecast (CBCF) za Eurocontrol. Prognostičari za zrakoplovstvo u Europi istodobno izrađuju prognozu za tekući i idući dan od 6 do 21 UTC usklađujući prognozu preko granica na jednoj platformi. Dodatno, na hrvatskom nivou izrađuje se ATMforecast prognoza koja je specijalizirana za Centar oblasne kontrole Zagreb i služi kao pomoć pri upravljanju i planiranju zračnog prometa u Hrvatskoj. Prognoza se izdaje za područje Hrvatske i okolice do 48 sati unaprijed i sadrži poligone u kojima se očekuju grmljavinske oluje. Boja poligona ovisi o očekivanoj rasprostranjenosti i organiziranosti (izolirane ili organizirane oluje) te vjerojatnosti ostvarenja. Prognoza za minimalno prvih 9 sati je u trosatnim intervalima koji se obnavljaju prije početka razdoblja. Dodatna informacija je i prognozirana visina kumulonimbus oblaka koja se očekuje unutar poligona. Prognostičari osim izradom prognoza sudjeluju u tri redovna briefinga uživo te po potrebi i češće u vremenski situacijama s izrazitim utjecajem na promet.

U prezentaciji će se pokazati primjeri uspješnih prognoza kao i onih manje uspješnih. Sustavna numerička verifikacija nije još napravljena, ali iskustveno pokazuje da su najizazovnije prognoze područja visinskih ciklona, slabo izraženih fronti te općenito vrijeme inicijacije. Za razliku maksimuma grmljavinske aktivnosti u lipnja do kolovoza, katkada su teže situacije na prijelazu sezone - u travnja i svibnju te listopadu i rujnu. Također posebno će biti naglašena različitost načina pojavljivanja grmljavinskih oluja u smislu prognožiranja. Neovisno o svim izazovima, pokazat će se da su prognoze većinom vrlo dobro primljene od korisnika te da se očekuje još bolja njihova integracija u budućem procesu planiranja zračnog prometa.

ANALIZA SIGMET UPOZORENJA U ZRAČNOM PROSTORU REPUBLIKE HRVATSKE

NEVIO BABIĆ i JADRAN JURKOVIĆ

Hrvatska kontrola zračne plovidbe
Rudolfa Fizira 2, 10410 Velika Gorica, Hrvatska
nevio.babic@crocontrol.hr

Sa stajališta sigurnosti zrakoplovnog prometa, SIGMET (Significant Meteorological Information) predstavlja najvažniju klasu upozorenja za opasne vremenske pojave. Odjel meteorološkog bdjenja (Meteorological Watch Office, MWO) izdaje ovakav tip upozorenja za niz meteoroloških pojava od značaja za zrakoplovstvo, uključujući grmljavinske oluje, prašinske oluje, pješčane oluje, turbulenciju, planinske valove, zaleđivanje, oblake vulkanskog pepela, radioaktivne oblake te tropske ciklone. Kad se jedna ili više ovih pojava prognoziraju na određenom području, pravovremeno izdavanje SIGMET-a predstavlja važnu informaciju pilotima te kontrolorima zračnog prometa koje dijelove zračnog prostora bi kroz određeno vremensko razdoblje bilo poželjno izbjegavati. Obzirom da meteorološke pojave ne poznaju granice između FIR-eva (Flight Information Region) pojedinih država, često je potrebno provesti koordinaciju izdavanja SIGMET-a sa susjednim FIR-evima. Budući da je FIR Zagreb omeđen s čak šest susjednih FIR-eva, uspješne SIGMET koordinacije zahtijevaju posebnu pažnju kako bi bile što jednostavnije za interpretaciju krajnjim korisnicima.

U ovom izlaganju posvetit ćemo se analizi SIGMET upozorenja izdanih u MWO-u Zagreb u razdoblju od 1. siječnja 2016. do 31. prosinca 2024. godine za sve pojave izuzev tropskih ciklona i prašinskih oluja. Cilj će biti utvrditi glavne prostorno-vremenske karakteristike SIGMET-a po pojavama, s dodatnim naglaskom na SIGMET-e za grmljavinske oluje koji u toplom dijelu godine predstavljaju dominantnu prepreku protoku zračnog prometa te velikom broju kumulativnih minuta kašnjenja letova. Svaki izdani SIGMET pohranjen je u tekstualnoj formi tzv. WS buletina koji ulazi u međunarodnu razmjenu podataka za zrakoplovstvo. Prilikom izdavanja SIGMET-a moguće je istog definirati u smislu da pokriva čitav FIR, da pokriva područje npr. zapadno od određene linije ili da bude definiran poligonom kojeg oblasni prognostičar može nacrtati putem specijaliziranog kompjuterskog sučelja. U ovoj analizi fokusirat ćemo se isključivo na takve SIGMET-e u obliku poligona koji u promatranom razdoblju čine većinu izdanih SIGMET-a. Analizom godišnjeg hoda vidljiva je izrazita sezonalnost SIGMET-a, pokazujući najveću frekvenciju SIGMET-a za grmljavinske oluje ljeti te SIGMET-a za prizemnu turbulenciju i turbulenciju povezanu s pucanjem planinskih valova zimi. Zahvaljujući izrazitoj heterogenosti Dinarida, sezonalnost pojedinih SIGMET-a prikazuje zanimljive odnose ovisno o smjeru visinske mlazne struje poprečno na Dinaride. Prikazat ćemo i nekoliko primjera izvrsno koordiniranih SIGMET upozorenja među državama, no i nekoliko primjera kad ta koordinacija izdavanja SIGMET-a nije bila dobro realizirana. U MWO-u Zagreb se od lipnja 2019. godine vodi arhiva provedene koordinacije svih izdanih SIGMET-a, unutar koje se prate varijable poput ostvarenog telefonskog poziva (je li ostvaren ili se radilo o pasivnoj usuglašenosti) te prostorne rasprostranjenosti i duljine vremena važenja. SIGMET koordinacije najčešće su s FIR-evima Ljubljana i Sarajevo, u skladu s činjenicom što s njima dijelimo neke od najdužih kopnenih granica. Uspješne usuglašenosti se uglavnom kreću između 50 i 70 posto, no u prosjeku su najniže kad je u pitanju usuglašenost oko trajanja pojedinog SIGMET-a. Uloženi naponi na polju međunarodne koordinacije među FIR-evima tijekom posljednjih desetak godina, predvođeni ponajviše Hrvatskom, doprinjeli su poboljšanju kvalitete izdavanja SIGMET upozorenja za šire područje jugoistočne Europe.

AN EFFICIENT APPROXIMATION FOR DIAGNOSING CB TOP HEIGHTS

VINKO ŠOLJAN and JADRAN JURKOVIĆ

Crocontrol
Rudolfa Fizira 2, 10410 Velika Gorica, Croatia
vinko.soljan@crocontrol.hr

To optimise fuel efficiency most air traffic takes place at the top of the troposphere, while avoiding deep convective clouds because of the associated hazards such as severe turbulence, icing, hail, and lightning. When the tops of deep convective clouds are below the tropopause, aircraft can sometimes fly above them, minimizing deviations from their planned flight paths and reducing delays. Consequently, accurately diagnosing the height of deep convection cloud tops is very important in aviation meteorology. One approach to estimating the altitude of existing convective cloud tops involves comparing infrared satellite brightness temperature with a calculated parcel curve temperature. Since deep convective clouds are already present we are not interested in the full vertical temperature profile (sounding). Instead, only the parcel curve and the measured satellite brightness temperature are needed to determine the cloud top pressure (CTP), which is directly related to altitude in the standard atmosphere. Typically, the parcel curve is calculated iteratively from surface temperature and dewpoint, but this can be computationally intensive for large datasets.

In the first part of this study, inspired by previous work on non-iterative calculations of moist adiabats, we evaluate various polynomial approximations and compare them to the classical iterative method to identify which approximation provides an acceptable error margin for estimating cloud top heights from satellite data. We found that the best approximation is 5th-degree polynomial, with variable coefficients which are all functions of the wet bulb potential temperature. These coefficients can also be approximated with 4th-degree polynomials. In this approximation, the total of 6 polynomials have to be evaluated (30 coefficients), which is computationally very efficient. This is a novel approach, since previous non-iterative approximations of moist adiabats used a total of 200 coefficients and different approach to model the change of shape of moist adiabats.

The second phase of the study involves implementing the approximation in an operational environment. Calculating the parcel curve using only surface temperature and dewpoint is realistic only for diurnal deep moist convection. In the case of elevated convection, the temperature and dewpoint of the most unstable layer should be used instead. For this purpose, the layer with the maximum equivalent potential temperature is assumed to be the most unstable layer. Additionally, it is important to note that this method is only valid for convective clouds, as other cloud types lack the updraft necessary for temperatures to follow moist adiabats.

The aim of the third phase of the study is to verify the automated cloud top height (CTH) diagnostic method. This verification can be challenging due to the lack of ground truth CTH data. Since this method was implemented at the end of the convective season, we attempted to verify it for specific convective cases by comparing the calculated CTH with radar vertical cross-sections, which are taken as ground truth. We also compared it with other similar products, such as the NWC SAF CTTH and radar ECHO TOPS products. Based on all analyzed cases, we can conclude that our new method performs very well.

OPERATIVNA UPOTREBA RADARA U ZRAKOPLOVNOJ METEOROLOGIJI

JADRAN JURKOVIĆ, JURICA SUHIN i VINKO ŠOLJAN

Hrvatska kontrola zračne plovidbe
Rudolfa Fizira 2, 10410 Velika Gorica, Hrvatska
jurica.suhin@crocontrol.hr

Podaci radara su jedan od ključnih alata u meteorologiji. Kroz implementaciju DHMZ-ovog projekta METMONIC napravljena je manja revolucija u meteorološkim mjerenjima na području Hrvatske. Jedan od bitnih segmenata bila je uspješna uspostava mreže radar nad područjem cijele Hrvatske. Novi podaci radara dostupni su od 2022. godine i već iste godine postali su i neizostavan alat svakog meteorologa ali i brojnih korisnika u zrakoplovstvu.

Dostupni podaci radarske mreže donijeli su značajne promjene u načinu na koji prognostičari analiziraju vremenske prilike, dijagnosticiraju vremensko stanje i izdaju kratkoročne prognoze. Unatoč tome što smo i prije koristili podatke radara u prognostičkom uredu (Meteorological watch office MWO) Hrvatske kontrole zračne plovidbe, zbog brojnih novosti, prije implementacije imali smo više predavanja na seminarima za prognostičare, motritelje i kontrolore letenja. Osim osnovnih meta podataka i svojstva mjerenja (primjerice područja koja radar ne može izmjeriti - ispod i iznad radara), kolike su minimalne visine odraza iznad zračnih luka (od 300m iznad Zadra do 1500 m iznad Splita) i da radarski odraz iznad postaje ne znači i oborinu pri tlu, učeni su i dodatni pojmovi i svojstva. Neki od primjera su terminalna brzina padanja različitih oborinskih elementa (od tuče, kiše, mokrog i suhog snijega), mogućnosti mjerenja visine maksimalnih odraza koja je važna u zrakoplovstvu itd. Prognostičari koriste podatke radara u realnom vremenu koristeći razne vizualizacije unutar svojih radnih stanica, te koristeći IRIS FOCUS za detaljniji pregled po potrebi. Podaci se koriste i u raznim naknadnim analizama.

U HKZP-u osim prognostičara, i motritelji koriste prikaz radara, fokusirajući se na područje 50 km oko zračne luke. Također od iznimne vrijednosti je i prikaz za kontrolore leta koji također koriste prilagođene radarske slike (preklopljene s podacima sijevanja tzv. MetSandwich). Naravno, podaci su vidljivi i korisnicima na mrežnim stranicama. Dostupnost podataka je naravno bilo značajno i za zrakoplovne korisnike izvan Hrvatske, a dolazak radarskih podataka je bio s promatran od kolega iz susjedne Bosne i Hercegovine kao i u europskoj mreži radara Opera. Obzirom na važnost, svaki prekid radarskih podataka ima utjecaj na korisnika, a pogotovo onih krajnjih u mreži (npr. Uljenje na Pelješcu).

U budućnosti planiramo automatsko određivanje TCU ili CB oblaka iznad zračnih luka analizom radarskog odraza u suradnji s partnerima, te šire korištenje nowcasting prognoza. U mnoštvu komplementarnih alata koje prognostičari dodatno koriste tijekom zadnjih desetak godina (kamere, bolji satelitski podaci, više prizemnih mjerenja, vjetrovni presječnici i dr.), radari se nameću kao neizostavan alat. Napredak tehnologije i mjerenja, popraćen edukacijom stručnih korisnika doprinosi kvalitetnije i pouzdanije prognoze u sadašnjosti i budućnosti.

PROGNOZA VREMENA U CESTOVNOM PROMETU

DUNJA PLAČKO-VRŠNAK i DRAGOSLAV DRAGOJLOVIĆ

Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
dplacko@dhz.hr

U sklopu svakodnevnog operativnog rada, u Službi za vremenske analize i prognoze DHMZ-a (SVAP), s obzirom na prognostičko razdoblje, izrađuju se prognoze za nekoliko sati (vrlo kratkoročna prognoza vremena – „nowcasting“) do nekoliko mjeseci unaprijed (sezonska prognoza). Hrvatska nacionalna meteorološka služba izdaje i upozorenja na opasne vremenske pojave u cilju zaštite života i imovine za tri dana unaprijed što je vidljivo i na mrežnim stranicama DHMZ-a (meteo.hr).

Osobita se pažnja pridaje prognozama za posebne korisnike, među kojima su i prognoze za cestovne organizacije koje brinu o održavanju cesta tijekom cijele godine, a osobito u zimskom dijelu (Hrvatske Ceste (HC), Hrvatske Autoceste (HAC), Egis Road Operation Croatia d.o.o. (EGIS), Zagrebačke ceste (ZC), razne dionice županijskih cesta (ŽC)). Uglavnom su to kratkoročne prognoze za 12 sati unaprijed, dva puta dnevno (za tekući dan te za noć do sljedećeg jutra), za različite dionice (21 dionica diljem Hrvatske), a za neke cestovne organizacije izrađuju se i polutjedne i tjedne prognoze. Prema potrebi, izdaju se i upozorenja na opasne vremenske pojave koje mogu utjecati na sigurno odvijanje cestovnog prometa. Dugogodišnja suradnja između DHMZ-a i službi za održavanje cesta pokazatelj je korisnosti prosljeđenih informacija.

Za vrijeme zimskog održavanja cesta koje traje od 1. studenog do 15. travnja, za različite dionice izrađuju se prognoze u tekstualnom i tabličnom obliku, a posebna se pozornost pridaje prognozi opasnih vremenskih pojava koje mogu utjecati na sigurno odvijanje cestovnog prometa (olujni i orkanski vjetar, magla, jake grmljavinske oluje, tuča, snijeg, poledica...). Tekstualna prognoza je sažeta i jednostavna, s naglaskom na potencijalno opasne pojave i njihovo vrijeme nastanka. Za prognoziranu pojavu daje se vjerojatnost njenog pojavljivanja, a u slučaju poledice određuje se (prognozira se) i vrsta poledice. Korisnici na temelju dobivenih prognoza procijenjuju svoje aktivnosti u cilju osiguravanja nesmetanog i sigurnog odvijanja prometa na dionicama u njihovoj nadležnosti.

U ovom radu daje se pregled operativnih aktivnosti u Sektoru za vremenske analize i prognoze DHMZ-a u hladnom dijelu godine s naglaskom na specifičnost prognoze vremena u cestovnom prometu.

UTJECAJ OLUJNOG I ORKANSKOG VJETRA NA ODVIJANJE PROMETA

DRAGOSLAV DRAGOJLOVIĆ, DOMAGOJ DOLIČKI I DUNJA PLAČKO-VRŠNAK

Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
dragojlovic@dhz.hr

Sigurno odvijanje cestovnog, pomorskog i zračnog prometa uvelike ovisi o vremenskim prilikama. S ciljem pravovremene obavijesti, te između ostalog, prilagodbe sudionika u prometu vremenskim prilikama, Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) od 2009. godine izrađuje upozorenja na opasne vremenske pojave koje mogu ugroziti sigurnost ljudi i imovine. Jedan od meteoroloških parametara na koje se odnose upozorenja je jak, olujan i orkanski vjetar. Upozorenja su vidljiva na mrežnoj stranici DHMZ-a (www.meteo.hr), a također i na platformi Meteoalarm (www.meteoalarm.eu). Najčešće je to upozorenje na vjetar na Jadranu, i to buru, zatim na jugo, a rjeđe na neki drugi vjetar, dok su upozorenja u unutrašnjosti još rjeđa. Tako se na kopnu najčešće upozorava na jak vjetar s olujnim udarima, a smjer ovisi o raspodjeli baričkih sustava, odnosno sinoptičkoj situaciji iznad Hrvatske.

Na sjevernom Jadranu, osobito podno Velebita, vjetar često otežava odvijanje prometa pa su u takvim situacijama na snazi mnoga ograničenja u prometu, a ponekad dolazi i do potpunog prekida prometa za sve skupine vozila. U radu se uspoređuje broj izdanih upozorenja na vjetar (buru), za područje sjevernog Jadrana i to za sve tri razine upozorenja (žuto, narančasto i crveno) sa brojem sati zatvorenosti Krčkog mosta za pojedine skupine vozila (tri skupine), po mjesecima, u razdoblju od 2010 do 2024. Analiza je pokazala da postoji vrlo dobra povezanost između upozorenja i zatvaranja mosta, osobito u određenim mjesecima, odnosno dijelovima godine.

METEOROLOŠKO – OCEANOGRAFSKA MJERENJA NA JADRANU I SIGURNOST POMORSKE PLOVIDBE

DIJANA KLARIĆ, DENIS RAŠIĆ i STJEPAN IVATEK-ŠAHDAN

Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
dijana.klaric@dhz.hr

Hrvatska, kao pomorska zemlja, bilježi značajan porast pomorskih aktivnosti u ovom desetljeću. Prema statističkim podacima za 2023.godinu ostvareno je 374 tisuća dolazaka brodova s 32 milijuna putnika u pomorskim lukama. Osim toga, raste i nautički turizam s 218 tisuća prijavljenih plovila, od toga 53 tisuća pod stranom zastavom, a 85 tisuća plovila je u čarter najmu.

Sigurnost plovidbe na Jadranu osiguravaju brojne službe koje provide bdjenje, obavještanje, prevenciju i uspostavu standarda za obavljanje efikasnog i sigurnog prometa i nautičkog turizma.

Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) obavlja poslove Pomorske meteorološke službe u Republici Hrvatskoj, po Pomorskom zakoniku. Pomorska meteorološka služba obuhvaća: meteorološko-oceanografska mjerenja i motrenja na obali i moru; organizaciju meteoroloških mjerenja i motrenja na pomorskim brodovima i svjetionicima; izrade pomorskih meteoroloških prognoza i upozorenja po standardima i programu rada Internacionalne pomorske organizacije (IMO); sudjelovanje u akcijama zaštite i spašavanja na moru; izrade pomorskih meteoroloških elaborata i klimatskih studija; te skupljanje i stručne obrade povijesne građe motrenja i mjerenja na Jadranu.

DHMZ je 2022. uspostavio Državnu mrežu meteorološko-oceanografskih plutača čiji su glavni ciljevi sigurnost pomorske plovidbe i klimatologija Jadrana. Državna mreža je operativna od studenog 2023. godine, te su produkti mjerenja raspoloživi službama u DHMZ i javnosti. Plutače su uvrštene u Hrvatski registar objekata sigurnosti plovidbe, te u pomorske nautičke karte (ENC) kraticom ODAS.

Državnu mrežu čini 5 meteorološko-oceanografskih plutača na lokacijama između otvorenih i unutarnjih voda teritorijalnog mora RH, uz plovne puteve najgušćeg intenziteta. Na akvatorijima Kvarner, Blitvenica, Viški kanal, Palagruža i Molunat postavljene su plutače s čak 17 osjetnika za: prizemna meteorološka mjerenja; površinska fizikalna i biokemijska oceanografska mjerenja, te profilna mjerenja fizikalno kemijskih karakteristika Jadrana do 150m dubine. Trenutno na svijetu operativno radi samo 19 meteorološko-oceanografskih mreža plutača s tako zahtjevnim programom rada.

Podaci mjerenja se razmjenjuju u tridesetminutnim i u desetminutnim intervalima prema Sabirnom čvorištu DHMZ-a u Splitu, putem GSM mreže i Iridium satelitske telekomunikacije. Plutače imaju AIS AtoN aktivni sustav za radio obavještanje brodovima u prilazu, te emitiraju meteorološko-oceanografskih mjerenja u realnom vremenu brodovima s AIS opremom i aplikacijama.

Posebne značajke mjerenja Državne mreže meteorološko-oceanografskih plutača važnih za sigurnost pomorskog prometa su: dvostruki sustav meteoroloških osjetnika (on-line back-up sustav), koji osigurava kontinuirana mjerenja meteoroloških uvjeta na Jadranu tijekom cijele godine; specifična mjerenja horizontalne vidljivosti na moru, na lokacijama plutača, podaci su

nezamjenljivi za obavještanje o sumaglici i magli na moru; unaprijeđeni sustav mjerenja površinskih morskih valova valomjerom velike preciznosti i pouzdanosti.

U kratkom dvogodišnjem periodu rada državne meteorološko-oceanografske mreže plutača izmjereni su brze i intenzivne, a povremeno i jako kratkotrajne pojave olujnog i orkanskog vjetrova nad morem, te nagle promjene površinskih morskih valova. Pomorski prognostičari ukazuju na važnost podataka iz Državne mreže za pravovremena upozorenja na promjene vremenskih prilika, prije nego pojave na moru dosegnu istočne obale Jadrana, gdje tradicionalno postoje obalna meteorološka mjerenja i motrenja.

DHMZ surađuje s Centrom za istraživanje mora u Rovinju, koji je po standardima DHMZ državne mreže uspostavio mjerenja plutača na zapadnoj obali Istre, pred Rovinjem. DHMZ surađuje na meteorološkim mjerenjima i motrenjima u obalnom području s Plovput d.o.o, koji održavaju mrežu svjetionika s ljudskom posadom.

Tijekom METMONIC projekta DHMZ je uspostavio: državnu mrežu meteorološko-oceanografskih plutača, novu mrežu meteoroloških radara, te je obnovio sustave mjerenja na glavnim meteorološkim postajama i uspostavio gustu mrežu automatskih meteoroloških postaja.

Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture posebnom je Zahvalnicom, u kolovozu 2022., pohvalilo DHMZ za izuzetne napore u uspostavi prve mreže meteoroloških radara na Jadranu, te organiziranju tehničko složenih akcija postavljanja Državne mreže meteorološko-oceanografskih plutača, važnih za povećanje sigurnosti pomorske plovidbe.

WEATHER'S HIDDEN IMPACT ON ROAD SAFETY

TANJA CEGNAR

Slovensko meteorološko društvo
Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenia
tanja.cegnar@gmail.com

Many factors influence traffic safety, but in this article, we will focus solely on weather-related ones. Weather affects traffic safety in many ways, some of which are very obvious, such as reduced visibility due to fog, heavy rain, strong wind gusts, and poor traction on wet or icy roads. Obvious factors such as wet or snowy roads tend to increase the number of minor road accidents. The sudden appearance of patches of dense fog, when drivers suddenly drive into dense fog, has also been the cause of the major car traffic accident in our country.

Often the oppressive effect occurs before there are any visible signs of weather change, so that many are not even aware of it, making warnings particularly important. Warnings can also be useful for some road users who do not feel the oppressive effect themselves, but who can contribute to improved road safety by being more aware of the reactions and actions of others. Under oppressive biometeorological conditions, some drivers may experience a rapid loss of concentration, a slight increase in reaction times and a faster onset of fatigue. In some cases, particularly during periods of high heat stress, reduced tolerance and earlier onset of fatigue may occur, despite the fact that most vehicles are equipped with air conditioning.

In previous studies, we have also observed that a rapid transition from oppressive to stimulating conditions can lead to a slightly increased rate of serious road accidents. These findings were based on data from serious road accidents.

We tested subjective observations by professional drivers of the responsiveness of road users in the wider Ljubljana area. Interestingly, the effect of the biometeorological factor was observed in areas outside the city centre, while in the city centre itself, where traffic is already very dense and stressful, this additional factor was not observed.

For a while, we also prepared a special biometeorological forecast for drivers for Radio Slovenia, which was later discontinued and replaced by a general biometeorological forecast available on the website of the National Meteorological Service, which is prepared daily by the weather forecaster on duty.

METEOALARM 19. STOLJEĆA

MARKO VUČETIĆ

Hrvatsko agrometeorološko društvo
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Hrvatska
m.vucetic.vodnjak@gmail.com

Duž obale za obavijesti pomorcima na brodovima ili njihov prijenos podataka na kopno, a isto tako i brzi prijenos podatak na kopnu, služile su već u 19. st. posebne naprave sastavljene od više greda čiji se međusobni položaj mogao mijenjati. Te naprave su nazvane semafori. Prvi semafor konstruirao je 1792. francuski izumitelj Claude Chappe (1763. – 1805.). Uspjeh semafora je bio toliki da su počeli nicati diljem Europe. Već 1796. duž obale Velike Britanije postoji sustav takvih semafora koje je osmislio lord George Murray. Semafori su služili za prijenos podataka i raznih obavijesti prema unaprijed osmišljenom kodu. Svaki brod je imao knjigu šifri, čije su korice bile ispunjene olovom, ne bi li dospjela u krive ruke. Postaje su bile jedna od druge udaljene tako da se dobrim durbinom moglo pratiti njene znakove. Danas nije pouzdano poznato je su li se ovako prenosile i obavijesti o vremenu.

Nema detaljnijih istraživanja kako je semafor funkcionirao na istočnoj obali Jadrana, ali iz posrednih podataka iz ostavštine Grgura Bučića, može se nešto i zaključiti. U Hvaru je 3. kolovoza 1862. započeo rad telegrafskog ureda s Morseovim telegrafom koji je bio smješten u kući Gugurovog brata Luje Bučića. Međutim, Grgur Bučić je zaposlen kao telegrafist 1. ožujka 1858. prije upotrebe Morseovog telegrafa, što znači da se koristio sustavom s gredama – semaforom. Tu činjenicu potvrđuje i upućivanje Grgura Bučića i Ivana Krstitelja Novaka kao motritelje na otok Korčulu na vrh Go(r)ća glava (554 m) za vrijeme Viškog boja (pomorska bitka 20. srpnja 1866.). Odatle su trebali pratiti kretanje brodova i dojaviti o zbivanjima na moru. Jasno da je sustav semafora i Morseovog telegrafa neko vrijeme usporedno funkcionirao.

Nakon Viškog boja, ali i nakon Krimskog rata (1853. – 1856.) i opsežene meteorološke analize francuskog astronom Leverrieria, na meteorologiju i dojavu vremenskog stanja posvećuje se sve veća pažnja. Po uzoru na englesko, francusko, njemačko i talijansko rješenje i Habsburška Monarhija prilično kasno 1866. godine, uvodi sustav dojave nailaska nevremena, ali ne samo pomoću telegrafa, već i semafora.

Naredbu o uspostavi duž Jadranske meteorološke obavještajne službe izdao je u Trstu 26. listopada 1866. Gödel-Lannoy predsjednik k. k. Središnje pomorske uprave. Mjesto gdje će se postaviti upozoravajući signali u Hvaru je na tvrđavi Napoljun (Fort Napoleon). Uz Hvar (Lesina) u sustav su uključeni Trst (Triest), Piran (Pirano), Rovinj (Rovigno), Cres (Cherso), Rijeka (Fiume), Senj (Zengg), Mali Lošinj (Lussinpiccolo), Zadar (Zara) i Dubrovnik (Ragusa). Sustav dojave danju sastojao se od cilindra (košara) spleten od vrbovih grana obojan u crno, visine 3 stope i promjera 3 stope koji bio je podignut na jarbol visok oko 20 stopa. Noću i pri slaboj vidljivosti podizale su se četiri brodske lampe koje emitiraju bijelu svjetlost i postavljene su kao krajnje točke kvadrata sa stranicom od 3 stope. Postavljane su u sumrak, ostale su tijekom noći sve do podneva sljedećeg dana. Ti znakovi su namijenjeni prvenstveno sigurnosti plovidbe brodova. Znakovi se podižu na jarbol prema meteorološkim obavijestima dobivenih putem Morseovog telegrafa iz Središnjeg opservatorija u Parizu.

VAŽNOST AŽURIRANJA METEOROLOŠKIH PODLOGA U PROJEKTIMA IZGRADNJE I REKONSTRUKCIJE SUSTAVA CESTOVNE ODVODNJE

MARIN PALADIN¹, DIJANA OSKORUŠ², KSENIJA CINDRIĆ KALIN³ i ANA STARČEVIĆ³

¹ Institut za elektroprivredu d.d.
Kupska 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin, Hrvatska

³ Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
marin.paladin@ie-zagreb.hr

Jedna od temeljnih sastavnica projektiranja, gradnje i održavanja cestovne infrastrukture je oborinska odvodnja. Glavna zadaća odvodnje je uklanjanje oborinskih voda s kolnika kako bi se omogućilo sigurno prometovanje. Neadekvatno odvođenje viška vode s prometnice predstavlja dugoročni strukturni rizik za prometnicu kao građevinu, ali i trenutni sigurnosni rizik za vozače i vozila.

Pregledom dostupnih recentnih projekata oborinske odvodnje prometnica, utvrđeno je da se za dimenzioniranje elemenata odvodnje, u pravilu koristi tzv. racionalna metoda za izračun maksimalnog protoka koji je glavna veličina za dimenzioniranje sustava odvodnje. Za mjerodavni intenzitet oborine u racionalnoj formuli većinom se uzima intenzitet 15 – 30 minutnog trajanja i 1 – 5 godišnjeg povratnog perioda.

U građevinskim projektima izgradnje/rekonstrukcije prometnica i sustava odvodnje, kao izvor informacije za intenzitet oborine obično se koriste ITP krivulje (Intenzitet-Trajanje-Povratni period). Prometnice koje su projektirane i građene prije 30, 50 ili više godina, u projektima oborinske odvodnje su koristile meteorološke podatke koji su tada bili aktualni. Prometnice koje se rekonstruiraju zajedno sa sustavima odvodnje danas, možda koriste podatke o intenzitetima oborina koji nisu ažurirani. Budući da posljednjih godina svjedočimo sve učestalijoj pojavi kiša velikih intenziteta zbog klimatskih promjena, nužno je te promjene integrirati u projektiranje novih i rekonstrukciju starih prometnica, zajedno s njihovim sustavima odvodnje. Odvodnja prometnica se uglavnom projektira ili rekonstruira kao cijevna odvodnja ispod ili pored prometnice, ali ima i dosta slučajeva gdje se odvodnja vrši otvorenim kanalima, odnosno cestovnim jarcima.

U ovom radu se analiziraju podaci o intenzitetima kiše na tri meteorološke postaje reprezentativne za kontinentalno područje Hrvatske: Varaždin, Bjelovar i Osijek. Analizirane su ITP krivulje izrađene od setova podataka u različitim vremenskim razdobljima (1961. – 1981., 1961. – 2001., 1961. – 2023. i 2000. – 2023.) kako bi se utvrdile moguće promjene u intenzitetu oborine za različita trajanja i povratne periode. Uvrštavajući mjerodavne intenzitete iz različitih razdoblja u iste hidrauličke proračune za dimenzioniranje oborinske odvodnje, dobivaju su različiti mjerodavni protoci i posljedično, različite karakteristične veličine građevinskih elemenata u sustavu oborinske odvodnje. Razdoblja su odabrana na način da se mogu analizirati razlike u ulaznim meteorološkim podacima za ceste projektirane

1981., 2001. i 2023., a da su se pri tom koristili svi dostupni meteorološki podatci. Zadnje razdoblje je odabrano da bi se dodatno analizirao doprinos klimatskih promjena u zadnja dva desetljeća. U slučaju kada se zbog povećanih intenziteta kiše utvrdi poddimenzioniranost sustava oborinske odvodnje na već izgrađenim prometnicama, to upućuje na povećan rizik za sigurnost prometa.

PATENTNI KRAJOLIK TEHNOLOGIJA ZA UBLAŽAVANJE KLIMATSKIH PROMJENA VEZANIH UZ PROMET

IVO MIŠUR

Državni zavod za intelektualno vlasništvo
Stjepana Ladiša 15, 10090 Zagreb, Hrvatska
ivo.misur@gmail.com

Razvoj prometa ima važnu ulogu u društvenom i gospodarskom razvoju društva, počevši od izuma kotača preko parnog stroja do zrakoplova te osvajanja svemira. Klimatske promjene će u budućnosti povećati intenzitet, učestalost i trajanje ekstremnih vremenskih događaja što će negativno utjecati na logističke i prometne tokove. Ovo će imati posljedice na poslovanje prijevoznih kompanija čija se strategija za suočavanje s rastućim rizicima klimatskih promjena svodi na razvoj i/ili nabavu zelenih tehnologija. Fokus novih zelenih izuma je na održivosti odnosno ublažavanju klimatskih promjena. Tehnologijske promjene u ovom području su nužne za opstanak civilizacije. Tehnologijski razvoj temelji se na izumima koje je potrebno zaštititi od konkurencije patentom. Izumitelji svoj izum učine dostupnim javnosti u prijavi patentnom uredu, a zauzvrat im je priznanjem patenta osiguran monopol nad njihovom proizvodnjom, distribucijom i korištenjem. Iterativnom pretragom globalne baze patentnih dokumenata koju vodi Europski patentni ured moguće je dobiti skup podataka o izumima koji se odnose na tehnologije ublažavanja klimatskih promjena vezane uz promet koje se prema kooperativnoj, zajedničkoj klasifikaciji patenata europskog i američkog patentnog ureda svrstavaju u podrazred Y02T. Analizom patentnog krajolika odnosno statističkom obradom patentnih prijava klasificiranih u ovom podrazredu utvrđeni su zeleni trendovi prometnih tehnologija. S obzirom na brojne financijske poticaje zelenim tehnologijama izvještaj također daje uvid u razvojne politike najutjecajnijih zemalja s najvećim brojem izuma kao što su SAD, Kina i Europska Unija. Provedena je zasebna analiza izuma u cestovnom prometu putnika i tereta, željezničkom, zrakoplovnom te pomorskom prometu. Posebna pažnja je dana tehnologijama koje izravno ili neizravno doprinose, ili pak mogu doprinijeti smanjenju emisija stakleničkih plinova kao što su pogonski sustavi, električna vozila, alternativna goriva, tehnologije kojima se smanjuje masa vozila itd. Izdvojeni su glavni akteri odnosno prijavitelji u svakom području te su identificirane aktualne grane tehnologija, odnosno skupine prema međunarodnoj klasifikaciji patenata, koje se najčešće patentiraju. Predmetno razdoblje analize je zadnjih deset relevantnih godina.

Kako bi se postigli ciljevi Pariškog sporazuma iz 2015. godine, izumi per se nisu dovoljni. Iako su zelene tehnologije izumljene i dane na uvid javnosti objavom patentnih prijava, potreban je veći angažman u prevođenju tih ideja u rješenja u realnom sektoru odnosno olakšavanje puta od priznatih patenata do gotovog proizvoda. Odvažne ideje moraju tek doći do tržišta i biti prihvaćene od društva ako žele ispuniti svoj potencijal i pokrenuti promjenu u stvarnom svijetu. U postizanju ovog cilja ključna je komercijalizacija patentom štićenih izuma.

DEEP LEARNING FORECAST MODEL FOR HIGH-FREQUENCY SEA-LEVEL OSCILLATIONS IN BAKAR, ADRIATIC SEA

IVA MEDUGORAC¹, NIKOLA METLIČIĆ², MARKO RUS³, ANJA FETTICH³,
JADRANKA ŠEPIĆ², MATEJ KRISTAN⁴ and MATJAŽ LIČER³

¹ University of Nova Gorica
Vipavska cesta 13, 5000 Nova Gorica, Slovenia

² Faculty of Science, University of Split
Ruđer Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

³ Slovenian Environment Agency
Vojkova 1b, 1000 Ljubljana, Slovenia

⁴ Faculty of Computer and Information Science, University of Ljubljana
Vecna pot 113, 1000 Ljubljana, Slovenia
iva.medugorac@ung.si

Atmospherically triggered high-frequency sea-level oscillations (HFOs, $T < 1h$) of extreme amplitudes, known as meteotsunamis, are rare events but occur more frequently in certain Mediterranean ports and harbors, where they can cause significant damage. These oscillations are triggered by spatially limited atmospheric disturbances (of 10s to 100s of km) and occur only when atmospheric forcing aligns with the bathymetric features of the shelf in front of bays and harbors. This explains why several Croatian harbors (e.g., Vela Luka, Stari Grad, Široka, Vrboska) are particularly vulnerable to such events. Due to their sensitivity to multiple factors, meteotsunamis remain difficult to predict with hydrodynamic models.

We present the first attempt to forecast HFOs using deep learning methodologies at the Bakar tide-gauge station. Although Bakar is not particularly prone to meteotsunamis, it was selected due to its long measurement record (1-min sea level data available from 2003 to the present). The pretrained model developed for Bakar can be transferred and fine-tuned for other Adriatic stations with shorter time series. The forecasting model involved training of deep convolutional neural networks using measured sea levels and 3D meteorological fields (ERA5 reanalysis). Model testing was carried out with both ERA5 and ECMWF forecasts (50-member ensemble). A series of experiments, exploring different model architectures, input data, and target values, was conducted to identify the best-performing configuration.

The initial results are summarized as follows: (i) the model can reasonably predict the daily maximum HFO amplitude up to three days in advance; (ii) it performs better for small-amplitude HFOs across all experiments; (iii) large-amplitude HFOs are systematically underestimated; (iv) increasing the dataset size or extending the time window (e.g., training on the last 24 hours vs. the last 72 hours; using only high-frequency sea levels vs. incorporating additional sea-level components) did not improve performance; (v) forecasts using the ECMWF ensemble showed greater spread for large-amplitude HFOs but still failed to encompass the expected values.

The underestimation of large-amplitude HFOs and potential solutions, such as incorporating additional datasets (e.g., measured air pressures at different locations) or alternative approaches (e.g., rectified flows), will be discussed.

ENHANCING CROATIA'S WEATHER FORECASTING: INTEGRATION OF INCA NOWCASTING SYSTEM

ENA KOŽUL RAJČIĆ and IRIS ODAK

Croatian Meteorological and Hydrological Service
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia

kozul@dhz.hr

Through collaboration with GeoSphere Austria, supported by EUMETNET–Weather Forecasting Cooperation, the Croatian Meteorological and Hydrological Service (DHMZ) implemented INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis). This project established a comprehensive nowcasting framework within a 530 km x 551 km domain at fine 1 km resolution. The system seamlessly integrates radar observations, ground sensor networks, and NWP data to generate detailed analyses and nowcasts. At the DHMZ, the operational weather forecast is produced by the NWP ALADIN model, with two horizontal resolutions of 2 km and 4 km. The observations used as input are gathered from automatic weather stations (AWS), major meteorological stations (MMS) that provide data every ten minutes or hour and precipitation stations (PS) which measure 24-hour precipitation at 7 hours local time.

To demonstrate the potential of the system, several high-impact weather events were analyzed, with a primary focus on precipitation. We set three configurations for precipitation analysis: 15-minute, 1-hour, and 24-hour. Nowcasting is performed in 15-minute and 1-hour configurations using the optical flow method, which analyzes a series of previous images to determine how the edges of precipitation areas shift over time in grayscale images, tracking movement at the pixel level. In these case studies, optical flow outperforms NWP in terms of predicting onset and intensity of precipitation.

Results for temperature analysis highlight the advantages of real-time ground sensor data and the INCA system's high resolution, as it combines NWP field downscaling to the INCA grid with observation integration. In our domain, the mountainous Dinaric Alps region benefits from the INCA's high level of optimization for complex terrain. However, implementing nowcasting in areas characterized by a highly indented coastline and sea surface remains challenging, as these geographical features introduce complexities in temperature analysis. Overall, results show that integrating the INCA system into Croatia's operational weather forecasting brings substantial advantages. It will improve the accuracy of short-term forecasting, strengthening the reliability of weather warnings and helping to effectively reduce potential damage from severe weather.

OVERVIEW OF RECENT POST-PROCESSING ENHANCEMENTS AT DHMZ USING MACHINE LEARNING AND STATISTICAL METHODS

JAKOV LOZUK, IVAN VUJEC and IRIS ODAK

Croatian Meteorological and Hydrological Service
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia
jlozuk@dhz.hr

Machine Learning (ML) tools have become integral to various aspects of modern life, providing innovative solutions, enhancing efficiency, and significantly reducing the time required to achieve complex tasks. ML methods have applications in various fields, and meteorology is no exception. Their application in weather forecasting holds great potential for improving forecast accuracy and efficiency, addressing some of the challenges inherent to traditional approaches. In this study, we examined the application of various post-processing methods, focusing on three meteorological variables: wind speed, temperature, and visibility. These variables are especially important for the transportation sector, where accurate forecasts are crucial in ensuring safety and efficiency. For instance, high wind speed episodes can significantly disrupt maritime, aviation and road transport, while accurate temperature forecasts are essential for managing road safety during freezing conditions. On the other hand, visibility, particularly in the context of fog and poor weather, directly impacts the transportation sector, causing delays, disruptions, or even accidents.

In the Croatian Meteorological and Hydrological Service (DHMZ), post-processing techniques are operationally used to enhance Numerical Weather Prediction (NWP) model performance, e.g. by reducing systematic errors in raw forecasts. Currently, the analog method, a statistical approach based on historical observations that identifies the most similar forecasts within a training dataset, is in operational use. Additionally, the Adaptive Analog Ensemble Sizing Algorithm (ADANESA) has been implemented to enhance the traditional analog method by dynamically adjusting the analog method ensemble size. This approach has proven especially effective in improving extreme wind speed forecasting. By optimizing the ensemble size, ADANESA provides more reliable predictions for strong winds, mitigating risks caused by unexpected high wind speed episodes, which can be beneficial for both transportation and energy sectors. Although the analog method contributes to notable improvements in forecast accuracy, we decided to employ state-of-the-art Machine Learning techniques to assess their potential for further enhancements. In this study, we examined the application of various ML tools, including Neural Networks, Random Forest, and Extreme Gradient Boosting (XGB).

Our preliminary findings suggest that these novel Machine Learning approaches demonstrate notable potential in reducing systematic errors of raw NWP. Furthermore, similar to analog-based methods, Machine Learning methods can provide probabilistic forecasts, offering more informative outputs for end users. The Machine Learning methods can outperform the classical analog method in some cases, providing a promising alternative. With further refinement and optimization, these methods have the potential to enhance forecast post-processing even more, leading to more accurate forecasting, and consequently better planning capabilities, as well as safer and more reliable transportation services.

THE MOUNTAIN BOUNDARY LAYER (MOBL) – CHALLENGES FOR TRAFFIC SAFETY

MATHIAS W. ROTACH

Department of Atmospheric and Cryospheric Sciences, University of Innsbruck
Innrain 52f, 6020 Innsbruck, Austria
Mathias.Rotach@uibk.ac.at

Over complex, mountainous terrain, the lowest layer of the atmosphere has to be considered as the 'Mountain Boundary Layer' (MoBL). Different to its counterpart over flat terrain, the MoBL is characterized by intrinsic horizontal heterogeneity, three-dimensionality and failure of many of the well-known boundary layer parameterizations. For applications in, for example, traffic safety modeling, there is therefore a fundamental problem: the available input information stems from atmospheric (mostly NWP) modeling output, which in turn is based on horizontally homogeneous and flat conditions. In more general terms: as long as output from NWP is used for traditional weather prediction purposes (temperature, precipitation and wind), it may be not so important whether the boundary layer parameterization is physically sound or only well tuned. If it is used as input for application models (such as for traffic safety – but also for hydro power (renewable energy), agricultural applications, health, pollutant dispersion, ...), the MoBL forecast must be 'right for the right reason'.

In this contribution, the MoBL is introduced, as well as the largest challenges we face in its description, physical characterization and modeling. TEAMx (Multi-scale Transport and Exchange processes in the Atmosphere over Mountains – programme and experiment) is furthermore introduced as a large international research program, that seeks to advance or understanding of MoBL and meso-scale atmospheric processes over mountains.

DYNAMIC FEATURES OF BORA WIND VORTICES

PETAR GOLEM¹, HRVOJE KOZMAR¹, ŽELJKO VEČENAJ² and BRANKO GRISOGONO²

¹ Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb
Ivana Lučića 5, 10002 Zagreb, Croatia

² Faculty of Science, University of Zagreb
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Croatia
petar.golem@fsb.unizg.hr

Wind speed in bora events at the northern Adriatic Coast is often found to be pulsating in a quasi-periodic manner with a period of a few minutes. The characteristic horizontal rotational motion of these pulsations at the town of Senj, Croatia was previously studied using tower measurements. In the present work, this analysis is extended to a larger domain using a hectometer-scale numerical simulation (WRF-ARW) of a summer bora event. The model successfully reproduced the rotational motion at the position of the tower. The near-ground wind velocity vector within the band of periods between 3 and 11 min traces out a highly elongated ellipse in the counterclockwise direction, with its major axis aligned with the shear vector at the top of the leeside low-level jet. The pulsations are associated with the Kelvin-Helmholtz instability between the low-level jet and the stagnation zone. The most interesting finding is that the predominant rotation direction over the rest of the domain, especially over the sea, depends strongly on the directional shear within the low-level jet, i.e., which direction the wind turns with height. It is argued that the predominant rotation direction is caused by the deformation of the laterally unstable Kelvin-Helmholtz billows by the directional shear.

KELVIN-HELMHOLTZ WAVES ABOVE DUBROVNIK AND NEAR SENJ

BRANKO GRISOGONO¹, IVAN TOMAN², PETAR GOLEM³, BORIS BAŠIĆ¹,
NIKOLA VIKIĆ-TOPIĆ⁴, ŽELJKO VEČENAJ⁵ and HRVOJE KOZMAR³

¹ Croatian Meteorological Society
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia

² Maritime Department, University of Zadar
Mihovila Pavlinovića 1, 23000 Zadar, Croatia

³ Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Department of Fluid Mechanics
Ivana Lučića 5, 10002 Zagreb, Croatia

⁴ Crocontrol
Rudolfa Fizira 2, 10410 Velika Gorica, Croatia

⁵ Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Croatia
branko.grisogono@gfz.hr

Ubiquitous features of astro-and-geophysical flows are Kelvin-Helmholtz waves, KHW, and their instabilities. Hence, KHW may affect overall traffic while exchanging energy, momentum, sometimes even heat and mass through turbulent processes and cascade of various quantities between meso-and-microscale. Necessary criterion for KHW instability can be obtained from linear wave theory pertaining to critical Richardson gradient number, Ri , and critical horizontal wave length including the instability layer thickness. However, KHW steepening, overturning and eventual breaking can be quantitatively tackled only by laboratory and numerical simulations.

We show some details of KHW in their spectacular appearances in two situations. The focus is on those nearby the old town of Dubrovnik in autumn 2015 where the simulated Ri suggested strongly the KHW instability and overturning. The second set of KHW appeared between Senj town and Krk island in spring 2005 and it will be shown in passing since it is the subject of another presentation at this conference. These KHW are simulated with WRF model using sub-kilometer quasi-horizontal grid spacing. Some of the results and related consequences will be discussed.

COMPOUND EXTREME EVENTS IN THE MEDITERRANEAN

RICARDO TRIGO

Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia
Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal
rmtrigo@ciencias.ulisboa.pt

In the last decade a growing number of authors have stressed that some of the most extreme weather driven natural hazard events result from a combination of extremes, in what has become known as compound extreme events. The interaction between different physical processes at multiple temporal and spatial scales can lead to the exacerbation of the impacts compared to when hazards occur individually.

I will provide evidence of this interplay between different co-occurring drivers or cascading events in the Mediterranean region, namely on soil moisture–temperature feedback that amplify the relation between dry and hot extremes (Russo et al., 2019), as well as between weather and fires (Ruffault et al., 2020). This type of framework can be particularly relevant within the scope of climate change as, under the projected warming and drier conditions, the occurrence of more extreme compound events is expected to be enhanced namely over semi-arid susceptible areas like the Mediterranean (Ruffault et al., 2020). An example of a summer compound extreme event is the one that led to the catastrophic fires of October 2017 in Portugal, as shown by the maximum values obtained with the different components of the Fire Weather Index (Ramos et al., 2023). A different kind of compound event took place during the summer of 2020, i.e. during the first year of the Covid-19 pandemic, when a substantially higher-than-expected number of people died in Portugal during the June – July heatwaves (Sousa et al., 2022).

Ramos, A.M., A. Russo, C.C. DaCamara, S. Nunes, P. Sousa, P.M.M. Soares, M.M. Lima, A. Hurduc and R.M. Trigo, 2023: The compound event that triggered the destructive fires of October 2017 in Portugal. *iScience*, **26(3)**, p.106141. doi.org/10.1016/j.isci.2023.106141

Ruffault, J., T. Curt, V. Moron, R.M. Trigo, F. Mouillot, N. Koutsias, F. Pimont, N. Martin-StPaul, R. Barbero, J.-L. Dupuy, A. Russo and C. Belhadj-Khedher, 2020: Increased likelihood of heat-induced large wildfires in the Mediterranean Basin. *Scientific Reports*, **10**, 13790, doi: 10.1038/s41598-020-70069-z

Russo, A., C.M. Gouveia, E. Dutra, P.M.M. Soares and R.M. Trigo, 2019: The synergy between drought and extremely hot summers in the Mediterranean. *Environmental Research Letters*, **14(1)**, 014011, DOI: 10.1088/1748-9326/aaf09e

Sousa, P.M., R.M. Trigo, A. Russo, J.L. Geirinhas, A. Rodrigues, S. Silva and A. Torres, 2022: Heat-related mortality amplified during the COVID-19 pandemic. *International journal of biometeorology*, **66**, 457–468. doi.org/10.1007/s00484-021-02192-z.

CHARACTERISTICS OF COMPOUND DRY AND HOT EXTREME EVENTS IN CROATIA

MARIJANA BORAS, IVANA HERCEG BULIĆ and ZORAN PASARIĆ

Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Croatia

marijana.boras@gfz.hr

Compound extreme events have recently received more attention in climate science because their effects can be more severe than those of univariate extremes. Additionally, it is not uncommon for several variables to be extreme at the same time (e.g. drought and heat waves, heavy precipitation and wind, etc.). In this study, the characteristics of compound dry and hot (DH) extreme events in Croatia are analysed.

The analysis covers the period from 1963 to 2021, with a focus on the summer season (JJA). The compound DH extreme event is defined as the simultaneous exceeding of two thresholds determined by the two variables, maximum daily maximum temperature and duration of dry days (determined by precipitation data) of the DH event. The data used in the study were measured and collected at local meteorological stations (maintained by the Croatian Hydrological and Meteorological Service) throughout Croatia. In the study temporal and spatial characteristics of compound DH extreme events are examined.

As in many parts of the world, such events have increased in frequency and intensity in Croatia in recent decades. The results show an increase in the frequency of compound DH extreme events at all stations considered, although the increase is somewhat more pronounced at the continental stations. The scatter plots of the univariate characteristics (maximum daily maximum temperature and duration) of compound DH extreme events indicate specific distribution patterns depending on the location of the stations (continental vs. coastal). In addition, an estimate of the severity of the compound DH event was calculated using cumulative heat. This measure also shows that the characteristics of the compound DH extreme events are changing and that these events are becoming more intense. At the same time, there is no clear evidence of changes in the duration of such events, suggesting that temperature is likely to be the main driver of changes in the characteristics of DH extreme events.

The change in the characteristics of compound extremes in terms of their intensification and increasing frequency can cause significant damage to agriculture, the energy sector, forest fires and others. Considering Croatia's complex geographical position and the great importance of agriculture and tourism for the economy, which are very vulnerable to such events, research into these phenomena is extremely important. It is necessary to continue research on DH events in order to better understand the mechanisms of their occurrence and the atmospheric conditions that favour them. With better preparation and adaptation, it may be possible to improve the risk assessment of extreme events and reduce their harmful consequences.

KLIMATOLOŠKA ANALIZA SATNIH INDEKSA OBORINSKIH EKSTREMA U HRVATSKOJ

ANA STARČEVIĆ¹, KSENIJA CINDRIĆ KALIN¹ i ZORAN PASARIĆ²

¹ Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Hrvatska
ana.starcevic@dhz.hr

U ovom radu analizirani su intenziteti i učestalosti kratkotrajne jake oborine pomoću indeksa ekstrema temeljenih na satnim vrijednostima oborine u trajanju od 1, 3 i 6 sati. Analiza je provedena prema satnim podacima ombrografskih postaja iz mreže DHMZ-a na cijelom području Hrvatske u razdoblju od 1961. do 2020., te uključuje osnovnu klimatologiju mjesečnih, sezonskih i godišnjih satnih maksimuma oborine. Rezultati pokazuju da se najviši intenziteti i učestalosti satnih oborinskih ekstrema u Hrvatskoj javljaju na sjevernom i južnom Jadranu te u Gorskom kotaru. Maksimalne vrijednosti indeksa intenziteta i učestalosti za svaku regiju zapažene su u isto doba godine, što sugerira zajednički uzrok povezan s vrhuncem konvektivne i grmljavinske aktivnosti. Na kontinentu su maksimalne satne oborine opažene tijekom ljeta, dok su u gorskim predjelima i duž Jadrana primijećene nešto kasnije, krajem ljeta i početkom jeseni. Također, uočeni su značajni udjeli satnih ekstrema u dnevnoj oborini na kontinentu, što upućuje na to da ove pojave mogu biti rezultat izoliranih događaja kratkog trajanja ili dijelom dužih oluja s izraženim vrhuncem. Analiza pokazuje da se satni maksimumi oborine najčešće pojavljuju oko ponoći, dok se tijekom toplijeg dijela godine zapažaju i u popodnevnim satima na kontinentu te u noćnim satima na jadranskoj obali i otocima. Provedena je i analiza trendova godišnjih maksimuma satne oborine na postajama gdje su raspoloživi dugi i gotovo potpuni nizovi tijekom cijelog analiziranog razdoblja. Većina postaja pokazuje trend intenzifikacije kratkotrajne jake oborine u analiziranom razdoblju, statistički značajan samo na nekoliko postaja. Dodatno su uspoređeni srednjaci indeksa intenziteta i trajanja u dva klimatološka razdoblja, 1961. – 1990. i 1991. – 2020. te je u posljednjem 30-godišnjem razdoblju primijećen porast broja kišnih sati, intenziteta satne oborine i prosječnog trajanja kišnih epizoda. Ovaj rad predstavlja prvu klimatološku analizu kratkotrajne oborine u Hrvatskoj, a rezultati mogu poslužiti kao podloga za procjenu rizika od bujičnih poplava, kao i za klimatsko modeliranje i prilagodbu na klimatske promjene. Također, rezultati mogu biti osnova za izradu kriterija upozorenja na jake kiše, koji bi se zbog klimatskih promjena trebali redovito pratiti i revidirati.

UTJECAJ ENSO DOGAĐAJA I KLIMATSKIH PROMJENA NA PUTANJE OLUJA U SJEVERNOM ATLANTIKU

IVANA HERCEG BULIĆ¹ i SARA IVASIĆ²

¹ Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
sara.ivasic@dhz.hr

Daljinska veza (engl. teleconnection) između tropskog Pacifika i područja sjevernog Atlantika i Europe uspostavlja se putem Rossbyjevih valova te utječe na meridionalni transport topline i položaj putanja oluja preko Atlantika (engl. storm tracks). Dosadašnja istraživanja ukazuju na to da se pod utjecajem zimskih ENSO događaja (engl. El Niño-Southern Oscillation) putanje sjevernoatlantskih oluja pomiču prema ekvatoru. Kako bi se istražio utjecaj klimatskih promjena u ovom kontekstu, osmišljene su ciljane simulacije atmosferskim modelom srednje složenosti ICTP AGCM (Speedy) u kojima je zadana dvostruko veća koncentracija ugljikovog dioksida u odnosu na sadašnju klimu (2xCO₂). Istovremeno su u modelu zadane klimatološke vrijednosti površinske temperature mora i morskog leda prilagođene uvjetima toplije klime, kako bi se simulirao i indirektni utjecaj globalnog zatopljenja.

U ranijim je istraživanjima pokazano jačanje signala povezanog s El Niño i La Niña događajima nad područjem sjevernog Atlantika i Europe u toplijoj klimi, dok je ovdje cilj procijeniti doprinos pojedinih oceana toj promjeni. Stoga su s modelom Speedy provedeni dodatni eksperimenti u kojima je prinudno je djelovanje oceana na atmosferu predstavljeno u obliku mjesečnih anomalija površinske temperature mora koje su zadane samo u određenim područjima od interesa, kao što su sjeverni Atlantik (NAtl), tropski Pacifik (TroPac), cijeli tropski pojas (Tropics), te sva mora i oceani bez sjevernog Atlantika (NoNAtl). Istovremeno je u preostalim dijelovima oceana površinska temperatura postavljena na vrijednosti pripadajućeg klimatološkog srednjaka. Također su razmatrani rezultati ansambla Speedy simulacija s prinudnim djelovanjem oceana uključenim u svim oceanima (Glob) te ansambla simulacija s posvuda zadanim klimatološkim vrijednostima površinske temperature mora (Clim). Pritom je svaki ansambl simulacija sastavljen od 35 članova koji se razlikuju po početnim uvjetima unutar prve godine integracije modela.

Usporedba Speedy simulacija u uvjetima sadašnje i toplije klime ukazuje na to da se u toplijoj klimi može očekivati promijenjeni utjecaj El Niño i La Niña događaja na putanje oluja u Atlantiku i na meridionalni transport topline u zimskoj sezoni. Istovremeno u obzir treba uzeti i lokalne utjecaje, kao što je površinska temperatura mora u Atlantiku, koji mogu pojačavati ili prigušivati efekt promatrane daljinske veze.

THE DEEP ADRIATIC TRANSIENT

ELENA TERZIĆ¹, VANESSA CARDIN², JULIEN LE MEUR², NATALIJA DUNIĆ³,
MARTIN VODOPIVEC⁴ and IVICA VILIBIĆ¹

¹ Ruđer Bošković Institute
Bijenička 54, 10000 Zagreb, Croatia

² National Institute of Oceanography and Applied Geophysics – OGS
Borgo Grotta Gigante 42/C, 34010 – Sgonico (TS), Italy

³ Institute of Oceanography and Fisheries
Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, Croatia

⁴ National Institute of Biology, Marine Biology Station Piran
Fornače 41, 6330 Piran, Slovenia
ivilibic@irb.hr

The deep Southern Adriatic Pit is a Mediterranean region highly sensitive to climate change, influenced by dense water cascading from the northern Adriatic and heat/salt transport from the Eastern Mediterranean. Historical (since 1957) and modern (permanent and opportunistic CTD sampling, Argo floats, fixed moorings) measurements reveal a mid-2000s transition in the Southern Adriatic Pit thermohaline properties. Previously marked by steady increases in temperature, salinity, and density, with substantial saw-tooth decadal variability, the deep Southern Adriatic Pit has experienced unprecedented warming (0.8°C) and salinization (0.2) over the past decade, accelerating in time and reversing density trends. The inflow of much more saline waters reduced Southern Adriatic Pit stratification and altered dense water properties at its source in the northern Adriatic. This at least fivefold acceleration of the high-emission regional climate projections may have substantial effects on the Adriatic biogeochemistry and living organisms, increasing sea level rise trends and more.

USPJEŠNOST I USPOREDBA STATISTIČKIH FENOLOŠKIH MODELA PRIMJENOM DNEVNIH I SATNIH VRIJEDNOSTI TEMPERATURE ZRAKA

JOSIP MEŠTRIĆ

Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
josip.mestric@dhz.hr

Biljna fenologija je znanost koja proučava nastupe razvojnih faza biljaka kao što su pupanje, cvatnja ili zrelost plodova. Fenološka mjerenja izrazito su korisna u promatranju klimatskih promjena jer je svaka biljka vezana za točno određeno mjesto te se tako teže prilagođava svakoj promjeni i posljedično prva reagira. Za rast i razvoj biljke važni su meteorološki parametri poput Sunčeva zračenja, svjetlosti, topline te količine vlage u tlu. Od njih, najznačajnija se pokazala toplina koja se očituje preko mjerenja temperature zraka. Akumulirana toplina izražava se zbrojem efektivnih temperatura iznad određenog praga. Najpoznatiji takav indeks je Growing degree day (GDD) koji se računa oduzimanjem određenog temperaturnog praga od srednje dnevne temperature. U ovom slučaju, srednja dnevna temperatura računa se iz najviše i najniže vrijednosti dnevne temperature zraka. Zbog tako jednostavnog pristupa razvili su se i drugi indeksi manje vremenske skale poput Growing degree hours (GDH) pa čak i Growing degree minutes (GDM). Istraživanje se baziralo na području Hrvatske s korištenim meteorološkim i fenološkim podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda u razdoblju od 1961. – 2020. godine. Cilj ovoga rada je usporediti uspješnost statističkih modela baziranih na akumuliranoj toplini pomoću GDD i GDH indeksa za razvojne faze pupanja i cvjetanja određenih voćaka. Budući da je za voćke pokazano kako je temperaturni prag aktivnosti od oko 5 °C računaju se efektivne sume temperature zraka viših od 5 °C. Dodatno, za svaku promatranu voćku traži se i temperaturni prag koji daje najbolje rezultate GDD i GDH modela. Konačno, istraživanjem se htjelo odgovoriti na pitanje jesu li, te ako jesu u kolikoj mjeri, precizniji i točniji rezultati GDH modela u odnosu na GDD.

PRAĆENJE SUMA AKTIVNIH I INAKTIVNIH TEMPERATURA ZA FENOLOŠKE FAZE MASLINE NA JADRANU

VIŠNJICA VUČETIĆ¹ i DANIELA JELOVIĆ²

¹ Hrvatsko agrometeorološko društvo
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Sonitus Maris d.o.o.
Poljička 95, 21315 Dugi Rat, Hrvatska
visnjica.vucetic@gmail.com

Vremenske prilike posljednjih desetljeća sve manje prate poznate godišnje i sezonske hodove i sve je više ekstremnih događanja koji ne prate prosječna stanja. Na takve promjene u prirodi prve reagiraju biljke. Budući da je maslina jedna od najvažnijih voćnih kultura na Jadranu, cilj rada je bio analizirati sume aktivnih temperatura za određene razvojne (fenološke) faze masline (početak, puno i završetak cvjetanja te početak zrenja i berba) za fenološke postaje Hvar, Lastovo i Trsteno u razdoblju 1986.–2015. i usporediti s klimatskim razdobljem 1961. – 1990. sa svrhom istraživanja utjecaja klimatskih promjena na pojedine faze masline. Za utvrđivanje koliko topline maslina akumulira od jedne do druge fenološke faze, izračunate su srednje temperaturne sume za temperaturne pragove iznad 7 °C i 15 °C u ovisnosti o tim fazama. Ta metoda je korisna u agrometeorologiji jer praćenjem količine akumulirane topline od jedne do druge fenofaze, prati se i sam razvoj biljaka. Također su određene i srednje količine oborine i srednje trajanje sijanja Sunca po fenološkim fazama masline. Porast temperaturnih suma je izraženiji kod jesenskih fenofaza. U Dalmaciji srednja količina oborine i trajanje sijanja Sunca od jedne do druge fenofaze masline pokazuje smanjivanje količine oborine (za 40 – 160 mm za berbu) i povećanja broja Sunčanih sati (za 50 – 200 sati za berbu) novijeg razdoblja od referentnog. Procjenom suma aktivnih temperatura mogu se rekonstruirati fenološke faze masline u prošlost. Niz fenoloških podataka produljen je za postaju Hvar u razdoblju 1877. – 2015. pomoću opaženih fenoloških podataka iz razdoblja 1961. – 2015. Analiza linearnog trenda sekularnog niza proračunatih fenofaza masline je pokazala statistički signifikantno raniji početak svih faza cvjetanja za -5 do -6 dana/100 god te raniju pojavu prvih zrelih plodova i berbe za -21 dan odnosno -27 dana u 100 godina. Takav veliki pomak ranijeg početka jesenskih fenofaza pokazuje da su klimatske promjene prisutne i utjecat će na daljnji uzgoj maslina.

U fazu zimskog mirovanja maslina ulazi s neodređenim pupovima. Razvrstavanje pupova na cvjetne (koji donose rod) i drvne (koji stvaraju novi izboj) u većini klimatskih područja u kojima se maslina uzgaja počinje početkom veljače. Da bi došlo do razvrstavanja pupova, nužna je odgovarajuća suma niskih (inaktivnih) temperatura tijekom zimskih mjeseci. Ako tijekom prosinca, siječnja i veljače srednje dnevne temperature prelaze 7°C, posljedica će biti slabije razvrstavanje cvjetnih pupova. U promatranim klimatskim razdobljima za meteorološke postaje Pula, Hvar, Lastovo i Dubrovnik određene su sume inaktivnih temperatura u fazi dubokog mirovanja od 15. prosinca do 31. siječnja za temperaturni prag ispod 7 °C. Iz navedene analize za razdoblje 1986. – 2015. može se zaključiti da je Dalmacija s najmanjim vrijednostima (14 – 18 °C), a Istra s najvećim vrijednostima (74 °C) što pokazuje da je to i najhladnije područje gdje se uzgaja maslina. Međutim, smanjenje sume inaktivnih temperatura za -6 do -8 °C na promatranim meteorološkim postajama u novijem razdoblju, odnosno sve toplije zime, donose mnoge nepoznanice koje mogu prouzročiti nesagledive negativne posljedice na maslinarstvo ako se agrotehničke mjere ne budu prilagodile novim vremenskim prilikama.

ASSESSMENT OF THE INTERPLAY BETWEEN MICROCLIMATIC CONDITIONS AND OLIVE PHENOLOGY IN ISTRIA

ANDREINA BELUŠIĆ VOZILA¹, BRANIMIR OMAZIĆ², MAJA TELIŠMAN PRTENJAK²,
MARIJAN BUBOLA³, MARIN KRAPAC³, IVICA VILIBIĆ⁴ and SMILJANA GORETA BAN³

¹ Faculty of Physics, University of Rijeka
Sveučilišna avenija 4, 51000 Rijeka, Croatia

² Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Croatia

³ Institute of Agriculture and Tourism Poreč
Karla Huguesa 8, 52440 Poreč, Croatia

⁴ Ruđer Bošković Institute, Institute for Adriatic Crops
Bijenička 54, 10000 Zagreb, Croatia
andreina.belusicv@phy.uniri.hr

Quantifying the effects of climate change is essential for olive-growing regions, as olive orchards are increasingly encountering new sustainability challenges posed by shifting climatic conditions. This will improve adaptation strategies for successful olive cultivation over the Mediterranean region. The lack of comprehensive agroclimatic studies in Istria (Croatia), particularly those focusing on recent trends in olive tree phenology and the creation of statistical models to predict future phenological phases, has been the key driving force behind this research. For this purpose, we examined the interaction between meteorological conditions and the onset of each phenological stage in Istria by calculating the growing degree day (GDD) and analyzing trends over the past two decades. Overall, results indicate that an average heat accumulation of about 500 °C at the base of 7 °C is required for initiation of olive flowering, while 2500 °C are needed from February 1st until harvest. The flowering onset has shifted significantly earlier for Istarska Bjelica and Leccino varieties by ~10 days per decade. In the last decade, the start of fruit ripening occurred up to 20 days earlier for Leccino, Buža and Istarska Bjelica varieties. The documented changes are attributed to the positive trends in mean, minimum and maximum air temperatures, which were particularly pronounced in February. Finally, a statistical model was developed and a sensitivity test was conducted by incrementally increasing the Tbase from 5 °C to 8 °C. The GDD model accurately predicted the entire flowering period, performing the best at Tbase of 6 °C (agreement index > 0.7). The presented GDD model for Istria demonstrates a strong potential for projecting the onset of olive flowering under future climate conditions.

COMBINING CLIMATE INDICES AND LAND USE PRACTICES FOR HOLISTIC DROUGHT MONITORING IN SYRIA: IMPACTS AND INSIGHTS

SHIFA MATHBOUT¹, GEORGE BOUSTRAS¹, PIERANTONIOS PAPAZOGLOU¹,
JAVIER MARTIN VIDE² and FATIMA RAAI³

¹ European University Cyprus
Diogenes 2404 Egnomi 6, 1516 Nicosia, Cyprus

² University of Barcelona
Gran Via de les Corts Catalanes 585, 08007 Barcelona, Spain

³ Lattakia University
Southern Entrance of the City, Lattakia City, Syria
shifamathbout@yahoo.com

This study examines drought dynamics in Syria, emphasizing the necessity of integrating diverse climate indices with land use practices for effective monitoring and mitigation strategies. Using the Climatic Research Unit Timeseries (CRU TS) dataset, the study demonstrates strong alignment with observed data, evidenced by high Correlation Coefficients (CC) and Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) values for precipitation and temperature. Despite minor discrepancies, the dataset effectively captures Syria's climatic trends. An analysis of drought records from 1981 to 2021 identifies a rising trend in aridity, with significant drought years including 1999, 2010, 2014, 2017, and 2021. Temperature-based indices emphasize the critical role of incorporating temperature data, particularly in the semi-arid northeastern regions.

Agricultural drought, assessed using the Vegetation Health Index (VHI), reveals severe to moderate conditions across Syria, with croplands slightly more resilient compared to non-agricultural lands. Correlation analyses of Drought Indices (DIs) show strong relationships, though severity classifications vary. Agricultural Drought Indices (AgrDIs) align more closely with Meteorological Drought Indices (MetDIs), yet some disparities persist. The findings highlight the intensifying drought conditions, exacerbating agricultural challenges, socio-economic vulnerabilities, and geopolitical consequences, including unrest and migration.

The study underscores the urgent need for adaptive strategies to address the compounding effects of reduced precipitation, rising temperatures, and socio-economic pressures. Future research is essential to evaluate climate risks to water resources, social stability, and economic systems, ensuring a robust response to escalating climate-induced stressors.

METEOROLOŠKA ANALIZA VREMENSKIH UVJETA I REKONSTRUKCIJA POŽARA U ISTRI 9. SRPNJA 2022.

JASMINA DOBRANIĆ¹, MAJA TELIŠMAN PRTENJAK² i IVANA ČAVLINA TOMAŠEVIĆ¹

¹ Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Geofizički odsjek, Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Hrvatska
jasmina.dobranic@dhz.hr

Vrijeme je vrlo važna komponenta u nastanku šumskih požara koja uvelike određuje dinamiku širenja požara. Cilj ovog istraživanja je pomno analizirati meteorološku situaciju za vrijeme požara u Puli u srpnju 2022. godine i povezati vremenske uvjete s ponašanjem požara. Napravljena je rekonstrukcija požara pomoću podataka Javne vatrogasne postrojbe Pula. U požaru je izgorjelo oko 40 ha vegetacije, a požar je gorio unutar naseljenog područja. Tijekom požara došlo je do prebacivanja vatre na veće udaljenosti, uzrokujući točkasto širenje (engl. spotting). Uz napore vatrogasaca i naknadno poboljšanje vremenskih uvjeta, požar je stavljen pod nadzor nakon četiri sata, a u njemu je nastala samo materijalna šteta. Klimatska analiza pokazala je da je u lipnju 2022. na području Istre bilo ekstremno toplo i vrlo sušno, čime su stvoreni vrlo povoljni uvjeti za nastanak i širenje požara. Požaru je prethodio toplinski val od 17 vrućih dana, a ukupna količina oborine 30 dana prije požara iznosila je tek 1,7 mm. Prema FWI indeksu postojala je velika do vrlo velika opasnost od izbijanja šumskih požara u danima koji su prethodili požaru. U sinoptičkoj analizi utvrđeno je da se nad područjem Istre rasprostiralo polje visokog tlaka, a frontalni sustavi su prolazili sjevernije. Dan prije izbijanja požara nad Istrom je prošao zapadni rub visinske ciklone te je nad područjem požara došlo do konvergencije i spuštanja suhog zraka. U analizi prizemnih podataka zabilježeno je da je požaru prethodilo toplo vrijeme s toplim noćima. Relativna vlažnost zraka tri sata prije požara pala je ispod 30 %. Dva sata prije, i u trenutku izbijanja, puhala je umjereno jaka bura sa žestokim udarima. Sredinom dana vjetar je oslabio i promijenio smjer na zapadni (smorac), što je pomoglo vatrogascima u stavljanju požara pod nadzor. U dnevniku motrenja postaje Pula-aerodrom evidentirana je pojava oblaka pirokumulusa što ukazuje na nestabilnost u atmosferi. Uočena je pojava niske mlazne struje potaknute burom u satima prije početka požara. Na ponašanje Požara kod Pule u srpnju 2022. utjecala kombinacija određenih vremenskih prilika. Bura je pogodovala brzom širenju požara od njegova zapaljenja, a naknadno smanjenje brzine i promjena smjera vjetra omogućava lokalizaciju požara u ovom slučaju. Meteorološki uvjeti definirani u ovom slučaju, koji pomažu širenju požara, potvrđuju dosadašnja meteorološka istraživanja situacija s požarima raslinja. Ova, kao i prethodna saznanja moguće je dalje primijeniti u sustavu upozorenja i zaštite od požara raslinja na području Istre i ostatka jadranske obale.

REGIONAL AIR POLLUTION FORECAST IN CROATIA: CURRENT STATUS AND PERSPECTIVES

MARKO KVAKIĆ¹, ANGELO RICCIO², VALENTINA JAGIĆ¹ and DARIJO BRZOJA¹

¹ Croatian Meteorological and Hydrological Service
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia

² Parthenope University of Naples
Ammiraglio Ferdinando Acton Street 38, 80133 Naples, Italy
mkvakic@dhz.hr

As one of the key components of the nationwide infrastructure project AIRQ, a regional air quality prediction service has recently been put into place at the Croatian Meteorological and Hydrological Service. Its main objectives are to provide: 1) timely information on air quality levels in the near-future (or up to two days ahead) as a complement to the existing long-term monitoring infrastructure, and 2) an improved public platform for citizens' (and various stakeholders' alike) insight into the effects of existing national air quality measures; both of which are necessary steps towards the effective implementation of European air quality directives in the long term. The prediction service consists of daily air quality estimates for the main pollutants NO₂, O₃, PM₁₀ and PM_{2.5}, disseminated online in form of spatial maps spanning the whole of Croatia, that are driven by integrating real-time observations with various numerical simulation products at the regional scale. In its current form (ATMOSYS OPAQ), the prediction system is based on a two step methodology, whereby precise temporal estimates of future air concentration levels are made (at national network locations) and subsequently used to derive spatial distribution across areas of similar geographical traits. Temporal modeling is performed using machine learning, based on the past six years of observations (at most and when possible) combined with the results of chemical transport (CAMS) and NWP (Aladin) models, whereas spatial modeling is performed using a regression-kriging approach, where inter-station long-term concentration bias is explained by fixed spatial effects (eg. land-use, topography and population level) and daily deviations interpolated via ordinary kriging. Evaluation of both of these methods will be presented using a standard 'fitness for purpose' test (FAIRMODE) on observed and simulated data. Finally, a widely used Bayesian approach in geostatistical modelling will be presented (INLA-SPDE), which aims at a better spatio-temporal representation by explicitly including the day-to-day variability when estimating spatial dependencies between measurement locations, and will be compared to the currently implemented one.

CONSTRAINING URBAN TRAFFIC EMISSIONS USING LOW COST SENSORS: AN IDENTICAL TWIN EXPERIMENT

MARKO KVAKIĆ and DARIJO BRZOJA

Croatian Meteorological and Hydrological Service
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia

mkvakic@dhz.hr

Traffic air pollution in an urban environment is highly local due to the heterogeneous distribution of its emission sources at such spatial scales. Combined with influences from urban topography and the changing nature of its major constituents (NO_x vs. PM load), long term contributions have to be properly estimated, especially in the context of evolving air quality requirements and accompanying strategies to reduce public exposure. A well established trend in the field of urban air quality monitoring is the use of 'lower cost sensor' technology (LCS) that trades measurement precision for instrument cost, and allows for a spatially denser sampling network that promises to capture these pollution patterns more faithfully. How these sensors can contribute to a better understanding of traffic emissions is an on going question, as LCS technology is deployed in more and more cities. To investigate the benefit of LCS sensor placement, an identical twin experiment is set up over the city of Zagreb and idealized simulations are performed using a gaussian dispersion model (ATMO-STREET), where presumed emission rates are retrieved using an ensemble smoother method using varying degrees of sensor coverage. The ability to estimate the emissions' spatial distribution and time profile is evaluated, taking into account long term constituent change, urban canyon effect and, most importantly, the number and accuracy of LCS monitoring stations. Preliminary results will be shown, along with methodological limitations and opportunities to improve them using existing LCS networks and traffic count data.

HOLISTIČKI PRISTUP PROCJENI KVALITETE ZRAKA: INOVATIVNA PRIMJENA LIŠAJEVA KAO BIOINDIKATORA I BIOMONITORA U URBANOM OKOLIŠU

MAJA MASLAĆ MIKULEC^{1,2}, GORAN GAŠPARAC³, MIRTA TKALEC¹,
OLEG ANTONIĆ², MARIJA SEDAK⁴, ALEKSANDRA PERČIN⁵,
NINA BILANDŽIĆ⁴ i ŽELJKA ZGORELEC⁵

¹ Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Geonatura d.o.o. za stručne poslove zaštite prirode
Trg Senjskih uskoka 1-2, 10020 Zagreb, Hrvatska

³ Hrvatska kontrola zračne plovidbe
Rudolfa Fizira 2, 10410 Velika Gorica, Hrvatska

⁴ Odjel za veterinarsko javno zdravstvo, Hrvatski veterinarski institut
Savska cesta 143, 10000 Zagreb, Hrvatska

⁵ Odsjek za agroekologiju, Zavod za opću proizvodnju bilja, Agronomski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
goran.gasparac@crocontrol.hr

Onečišćenje zraka predstavlja ozbiljan problem koji se povećava unatoč kontinuiranim naporima i mjerama za njegovo smanjenje. Ovaj problem ima negativne učinke ne samo na biološku raznolikost i ekosustave, već i na ljudsko zdravlje, kvalitetu života, klimatske promjene i ekonomiju. S obzirom na kompleksnost, nužni su inovativni pristupi koji će omogućiti dublje razumijevanje uzroka onečišćenja i učinkovitije upravljanje kvalitetom zraka.

U ovom istraživanju, uz standardne metode (in-situ mjerenja i numeričko modeliranje), korišteni su lišajevi – prirodni bioindikatori i biomonitori kvalitete zraka. Kao organizmi koji sve hranjive tvari dobivaju iz atmosfere, lišajevi izravno reflektiraju promjene u okolišu, čime omogućuju dugoročno praćenje kvalitete zraka. Njihova upotreba donosi niz prednosti, uključujući jednostavnost primjene, mogućnost kontinuiranog praćenja promjena na većem broju lokacija, primjerice uz prometnice i industrije te potencijalno manje financijske zahtjeve. Također, ono što je bitno jest da organizmi odražavaju biološki značajne razine onečišćenja zraka, reagirajući na kompleksne utjecaje različitih onečišćujućih tvari i mikroklimatske uvjete tijekom vremena. Osim toga, zbog svoje sposobnosti bioakumulacije, pri čemu reflektiraju koncentracije onečišćujućih tvari u okolišu, lišajevi omogućuju precizniju procjenu koncentracije i depozicije metala i nemetala, i postaju vrijedan alat u upravljanju kvalitetom zraka.

U istraživanju provedenom u području Slavonskog Broda primijenjen je integrirani pristup koji je kombinirao standardna mjerenja kvalitete zraka s biomonitoringom pomoću lišajeva. U početnoj fazi analizirani su podaci prikupljeni mjernim instrumentima, što je omogućilo kvantitativno određivanje koncentracija onečišćivača i identifikaciju glavnih izvora emisija. Kako bi se dobila potpunija slika, uključeni su i podaci dobiveni analizom deponirane tvari s lišajeva postavljenih na širem području grada. Ova dodatna razina informacija omogućila je otkrivanje suptilnih, ali značajnih varijacija u kvaliteti zraka koje nije bilo moguće definirati isključivo klasičnim mjerenjima. Kombinacija korištenih metoda omogućila je uspostavu sveobuhvatnog pristupa koji pruža detaljan vremenski i prostorni uvid u stanje zraka. Time je razvijen učinkovit alat za procjenu, identifikaciju i upravljanje kvalitetom zraka. Dobiveni

rezultati potvrđuju da inovativna primjena bioindikatora i biomonitora može značajno nadopuniti tradicionalne metode, omogućujući preciznije praćenje trendova i poboljšano razumijevanje dinamike onečišćenja. Rezultati ovog istraživanja potiču na širu primjenu integriranih pristupa u budućim istraživanjima i praksi, otvarajući put razvoju učinkovitijih strategija za zaštitu okoliša te predstavljaju značajan doprinos u izgradnji održivih strategija za zaštitu okoliša i poboljšanje kvalitete života.

POSTERI POSTERS

RAZLUČIVANJE TIPOVA ZIMSKIH OBORINA NA TEMELJU PODNICOMJERA

NEVIO BABIĆ i JADRAN JURKOVIĆ

Hrvatska kontrola zračne plovidbe
Rudolfa Fizira 2, 10410 Velika Gorica, Hrvatska
nevio.babic@crocontrol.hr

Zahvaljujući sve široj primjeni i konstantno razvijajućoj laserskoj tehnologiji, podnicomjeri (eng. ceilometers) su vrlo brzo postali svojevrsni zlatni standard u zrakoplovstvu. Svojom lakoćom upotrebe i sve sofisticiranijim hardverskim izvedbama predstavljaju okosnicu meteoroloških postaja na sve većem broju zračnih luka u svijetu, budući da omogućuju uvid u promjenjivost podnice niske naoblake, vertikalnu raspodjelu slojeva aerosola i vlage u atmosferskom graničnom sloju, kao i intenzitet te vrstu oborinskih elemenata. Ove pojave su posebice zimi opasne pri radnjama slijetanja i polijetanja zrakoplovnih vozila, zbog čega je njihov nowcasting uz pomoć podataka dobivenih podnicomjerima od iznimno velike važnosti. Podnicomjer, kao tipičan primjer aktivnog daljinskog senzora, emitira visokoenergetske laserske zrake u atmosferu, pritom istovremeno slušajući odaziv povratnih zraka do visine od 15000 m koje u sebi nose informaciju o apsorpcijama i refleksijama na sićušnim raspršivačima u zraku, u ovom slučaju hidrometeorima i litometeorima. Zahvaljujući dekametarskim prostornim te minutnim vremenskim rezolucijama, podnicomjeri daju vrlo detaljan uvid u strukturu atmosferskog graničnog sloja putem koeficijenta povratnog raspršenja. Tijekom posljednjih desetljeća postignuti su značajni napretci u optičkom hardveru, omogućujući emitiranje višestruko polariziranih laserskih zraka koje nude jedinstven uvid u geometrijsku strukturu raspršivača. Varijabla poznata pod imenom linearni depolarizacijski omjer (LDR) konkretno u slučaju hidrometeora omogućuje distinkciju između sferičnih kapljica kiše ili rosulje te nepravilnih kristalića leda. Ovakva vrsta informacije koju u sebi sadržava LDR postaje neprocjenjiv alat pri dijagnosticiranju zimskih oborina poput kiše koja se ledi ili susnežice. Obzirom da aerodromske službe tretiraju stajanke i zrakoplove drukčijim metodama ovisno o vrsti oborine, pravovremen i precizan nowcasting upravo tih tvrsta oborine dovodi do smanjenja kašnjenja letova i zaštite aerodromske infrastrukture.

Cilj ovog postera je demonstrirati u koje se svrhe podnicomjeri koriste u operativnom radu prognostičara u Odjelu meteorološkog bdjenja (Meteorological Watch Office) Zagreb. Trenutno sedam hrvatskih međunarodnih zrakoplovnih luka posjeduju bar jedan operativni podnicomjer za procjenu podnice naoblake. Tijekom posljednjih godina započeta je interna modernizacija podnicomjera na zračnim lukama, koristeći i najnovije Vaisala podnicomjere CL61 među prvima u Europi. Posebnost ovog najnovijeg modela je njegova dual-polarizacijska mogućnost te su trenutno takvi podnicomjeri u testnom pogonu na nekoliko naših zračnih luka, uključujući Zagreb i Osijek gdje je učestalost pojave mješovitih zimskih oborina relativno viša u odnosu na hrvatske priobalne aerodrome. Na posteru će se demonstrirati primjeri distinkcije između pothlađenih kapljica, visine prelaska snijega u kišu, padanja snijega te perioda magle i sumaglice koje se smrzavaju koje smo po prvi puta pokušali objektivno procijeniti pomoću CL61 modela podnicomjera u protekloj zimskoj sezoni. Takva objektivna procjena je omogućena upravo jedinstvenim tipom informacije koju pruža varijabla LDR.

PROJEKT METMONIC – PODACI ZA POVEĆANU SIGURNOST PROMETA

STJEPAN IVATEK-ŠAHDAN

Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
ivateks@dhz.hr

U razdoblju od 2017. do 2025. godine provodio se Projekt modernizacije meteorološke motriteljske mreže u RH – METMONIC kao jedan od infrastrukturnih projekata DHMZ-a. Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj te Republika Hrvatska iz Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost.

Projektom su uspostavljena meteorološka mjerenja za potrebe Republike Hrvatske koja će se koristiti kao podloga za povećanje sigurnost prometa. Modernizirana je mreža prizemnih meteoroloških postaja, pri čemu su izgrađene automatske glavne, klimatološke i kišomjerne postaje na 397 lokacija. Modernizirana su 3 meteorološka radarska centra te su duž Jadrana izgrađena 3 potpuno nova meteorološka radarska centra, koji čine mrežu meteoroloških radara s centrima za prikupljanje i obradu podataka u Zagrebu i Splitu. Uređajima za daljinska mjerenja na 5 lokacija mjeri se stanje atmosfere po visini iznad lokacije. Uspostavljena je mreža od 5 meteorološko-oceanografskih plutača duž istočne obale Jadrana s mjerenjima stanja atmosfere, visine valova te fizikalnih karakteristika mora na raznim dubinama. Kao osnova za praćenje klime, klimatskih promjena te prilagodbe klimatskim promjenama modernizirano je 397 prizemnih meteoroloških postaja.

U sklopu projekta skeniran je dio meteorološke arhivske građe odnosno dnevnicu motrenja koji su dostupni za daljnju obradu.

Svi podaci dostupni su putem Centralne integracijske platforme (meteopodaci.dhz.hr).

NAVIGATIONAL RISKS DURING THE BORA AND SOUTHERLY WINDS

JURE VRANIĆ, ANTEA COPIĆ and LIDIJA FUŠTAR

Croatian Meteorological and Hydrological Service
Regional Meteorological Office Split
Glagoljaška 11, 21000 Split, Croatia
lidija.fustar@dhz.hr

The Adriatic Sea is an important route for maritime transport but also very vulnerable because of a big growth of traffic especially during the summer time in the coastal part. Due to its orientation and surrounding topography, the region is highly exposed to strong regional winds – most notably the Bora and southerly winds which can create hazardous conditions at sea, including high waves, sudden squalls, and reduced visibility. Understanding their effects is crucial for safety of navigation and life at Sea and effective maritime planning in the area.

This study utilizes the data collected from DHMZ's national network of five meteorological-oceanographic buoys on the eastern Croatian coast to analyze the impact of these wind systems on navigational safety. Understanding these distinct risk profiles is essential for improving marine forecasts, enhancing safety protocols and minimizing operational disruptions in the Adriatic Sea. Recognizing not only the intensity but also the specific characteristics of each wind type allows more targeted and effective response strategies.

UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA VODNU BILANCU TLA U POLJOPRIVREDNIM REGIJAMA HRVATSKE

DARIJA BILANDŽIJA I LUCIJA SURIĆ

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
dbilandzija@agr.hr

Klimatske promjene izražene su u svim dijelovima svijeta te značajno utječu na poljoprivrednu proizvodnju. Vodni režim tla podrazumijeva usvajanje, zadržavanje i kretanje vode kroz tlo, a bilanca vode u tlu predstavlja matematički (količinski) izraz vodnog režima tla. Ključni proces vodnog režima tla je evapotranspiracija koja predstavlja onu količinu vode koja se gubi isparavanjem vode s površine tla (evaporacija) i isparavanjem vode s biljaka (transpiracija). Kako bi se utvrdio utjecaj klimatskih promjena na vodni režim tla, provedena je usporedba bilance vode u tlu prema metodi Thornthwaite tijekom dva klimatološka razdoblja (1961. – 1990. i 1991. – 2020.) za 3 poljoprivredne regije RH (Panonsku, Gorsku i Jadransku). Proračun je proveden temeljem klimatoloških podataka prikupljenih na glavnim postajama Državnog hidrometeorološkog zavoda. Za Panonsku regiju napravljena je analiza srednjih vrijednosti podataka prikupljenih na postajama Osijek, Slavonski Brod, Križevci i Varaždin; za Gorsku regiju temeljem podataka sa postaja Karlovac i Gospić, a za Jadransku regiju temeljem podataka sa postaja Pazin, Knin i Hvar, kao predstavnika poljoprivrednih podregija unutar određene regije RH. Usporedbom je utvrđeno kako se stvarna evapotranspiracija u Panonskoj, Gorskoj i Jadranskoj regiji smanjila redom za 3,2 mm, 22,6 mm i 33,4 mm u suvremenom razdoblju 1991. – 2020. u odnosu na prošlo razdoblje 1961. – 1991. Također, utvrđeno je za sve regije povećanje viška vode, i to za 27,5 mm u Panonskoj regiji, 51 mm u Gorskoj regiji i 20,4 mm u Jadranskoj regiji. Za Gorsku Hrvatsku u niti jednom razdoblju nije utvrđen manjak vode u tlu. U suvremenom razdoblju 1991. – 2020. je u Panonskoj regiji utvrđeno smanjenje nedostatka vode u tlu za 29 mm, a u Jadranskoj regiji povećanje nedostatka vode u tlu za 5 mm u odnosu na prošlo razdoblje 1961. – 1991. S obzirom na do sada utvrđene promjene u vodnom režimu tla, i očekivanja da će u budućnosti utjecaj klimatskih promjena biti još izraženiji, neophodno je osigurati navodnjavanje i odvodnju suvišnih voda na poljoprivrednim površinama RH.

SINOPTIČKI I MEZOSKALNI UVJETI BUJIČNIH POPLAVA NA PODRUČJU HRVATSKE

KLARA SEVERIĆ¹, TANJA RENKO², MAJA TELIŠMAN PRTENJAK³ i VINKO ŠOLJAN⁴

¹ Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska

² European Severe Storms Laboratory
Bräunlichgasse 6a/6, 2700 Wiener Neustadt, Austrija

³ Geofizički odsjek, Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Horvatovac 95, 10000 Zagreb, Hrvatska

⁴ Hrvatska kontrola zračne plovidbe
Rudolfa Fizira 2, 10410 Velika Gorica, Hrvatska
kseveric@dhz.hr

Ekstremni hidrometeorološki događaji, čija se učestalost (značajno) povećava uslijed dugoročne klimatske varijabilnosti i intenziviranja klimatskih promjena, uključuju i poplave. Na temelju vremenske skale razlikujemo bujične poplave od općih poplava jer su uzrokovane iznenadnim i intenzivnim oborinama u kratkom trajanju, često kraćem od 6 sati. Kao jedne od sve češćih i ekstremnijih vremenskih nepogoda, za sobom ostavljaju velike materijalne štete, a ponekad odnose i ljudske živote. Zbog složene interakcije meteoroloških i hidroloških čimbenika koji doprinose njihovoj pojavi, prognoza bujičnih poplava je izuzetno zahtjevna.

Cilj ovog rada bio je izraditi prostornu i vremensku razdiobu bujičnih poplava te analizirati sinoptičke i mezoskalne uvjete koji pogoduju razvoju konvektivnih sustava i nastanku obilnih oborina koje posljedično uzrokuju bujične poplave. Analiza je obuhvatila slučajeve bujičnih poplava uzrokovanih konvektivnim sustavima na području Hrvatske u razdoblju od 2012. do 2022. godine. Pregledom biltena Državnog hidrometeorološkog zavoda i medijskih izvještaja o obilnim oborinama, izdvojeni su slučajevi s bujičnim poplavama, uz primjenu kriterija poput intenziteta oborine i trajanja događaja. Provedena je dodatna analiza grmljavinske aktivnosti kako bi se potvrdila povezanost slučajeva s konvektivnim sustavima, nakon čega je odabrano ukupno 97 događaja za analizu.

Većina bujičnih poplava zabilježena je u primorskom dijelu Hrvatske, no barem jedan slučaj godišnje dogodi se i u kontinentalnom dijelu. Najveća učestalost ovih događaja opaža se tijekom ljetne i jesenske sezone, kada je konvektivna aktivnost najizraženija, te osobito u poslijepodnevnom satima i tijekom noći. Analizom visinskih sinoptičkih karata utvrđen je dominantni tip vremena – prednja strana doline s prevladavajućim jugozapadnim strujanjem. Za potrebe mezoskalne analize izračunati su mnogi termodinamički i kinematički parametri iz odabranih i reprezentativnih radiosondažnih mjerenja za 87 slučajeva. Rezultati pokazuju da bujične poplave nastaju u uvjetima umjerenih vrijednosti CAPE-a, ali uz visoku relativnu vlažnost i značajnu količinu oborive vode kroz duboki atmosferski sloj, kao i uz slabo do umjereno vertikalno smicanje vjetra.

Za unapređenje operativne prognoze bujičnih poplava ključno je razumjeti procese koji ih uzrokuju, odnosno prepoznati sastojke koji su nužni za nastanak konvektivnih sustava koji uzrokuju obilne oborine. Osim meteoroloških uvjeta, značajnu ulogu u nastanku poplava imaju i hidrološka obilježja, budući da ista količina oborine može imati različite učinke na različitim mjestima. Istovremena analiza meteoroloških parametara i primjena hidroloških modela, poput Flash Flood Guidance System (FFGS) i European Flood Awareness System (EFAS), te sustavno praćenje, dokumentiranje i analiziranje ovakvih događaja značajno bi doprinijelo razvoju učinkovitijih sustava ranog upozorenja i prognoze obilnih oborina. Time bi se smanjile štete, povećala sigurnost ugroženih područja i osigurala pravovremena reakcija nadležnih službi.

THE IMPACT OF OCEAN-ATMOSPHERE COUPLING ON HEAVY PRECIPITATION EVENTS OVER EASTERN ADRIATIC AND DINARIC ALPS

SARAH IVUŠIĆ, IVAN GÜTTLER and KRISTIAN HORVATH

Croatian Meteorological and Hydrological Service
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia
sarah.ivusic@dhz.hr

The Adriatic region is one of the rainiest areas in Europe, especially along its coastal mountainous areas. This region is frequently impacted by severe weather events, including heavy rainfall and flash floods, which pose significant risks to both people and property. Air-sea interactions are particularly important in this region, especially during the autumn when heavy precipitation events (HPEs) are common, and there are substantial gradients between sea surface temperature (SST) and atmospheric temperature.

Atmosphere-only regional climate models (RCMs) are forced by SST as a lower boundary condition, which comes from reanalysis or global models. These models typically have a much lower resolution than the atmosphere-only RCM. In contrast, regional atmosphere-ocean coupled models (RAOCMs) explicitly resolve air-sea interactions at high resolutions. This results in improved cyclogenesis and precipitation.

Our objective is to evaluate the impact of ocean-atmosphere coupling on heavy precipitation events that took place during the first HyMeX Special Observation Period from September 5 to November 6, 2012. We will focus on the six Intensive Observation Periods (IOPs) during which heavy rainfall affected the eastern Adriatic region. Additionally, we will assess how well the coupled simulations represent heavy and extreme precipitation at climatological scales.

We use the atmosphere-only RCMs and RAOCMs simulations from the Med-CORDEX framework for our study. We use the precipitation analysis system MESCAN-SURFEX as a reference dataset, available at 5.5 km resolution every six h, and the rain gauge data from the local observational networks. The primary verification method for the HPEs is the quality object-based measure known as SAL, which assesses the structure (S), the amplitude (A), and the location (L) of the precipitation field. Our analysis also focuses on a range of heavy and extreme precipitation indices for the climatological scale.

EKSTREMNE KOLIČINE OBORINE I BUJIČNE POPLAVE U SLAVONIJI I BARANJI TIJEKOM SRPNJA 2021. GODINE

TANJA TROŠIĆ LESAR

Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
trosic@dhz.hr

Snažno olujno nevrijeme praćeno jakom kišom izazvalo je bujične poplave u dijelu Slavonije i Baranje sredinom srpnja 2021. godine, a slična situacija prije toga bila je i u drugim dijelovima Europe. Na području Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije u kratkom vremenu je palo preko 90 litara kiše. Satne vrijednosti količine oborine glavne meteorološke postaje (GMP) Osijek pokazuju da je najviše oborine palo u kratko vrijeme, a klimatološka meteorološka postaja Županja zabilježila je najvišu dnevnu količinu oborine (182.9 mm) 20. srpnja 2021., što predstavlja i najveću dnevnu količinu oborine otkad postoje mjerenja na toj postaji. Radarski odrazi s radarskih postaja Puntijarka i Lisca, kao i satelitski produkti MSG Meteosat-10 18. srpnja 2021. godine u 15 UTC otkrivaju pojavu jake konvekcije u istočnoj Slavoniji. Na "Sandwich" satelitskom produktu također su vidljiva jaka uzlazna gibanja nad istočnim dijelom Slavonije. Na osnovi radiosondažnih mjerenja najbližih radio-sondažnih postaja i vrijednostima konvektivne raspoložive potencijalne energije (engl. convective available potential energy - CAPE) vidljiva je izrazita nestabilnost atmosfere, posebno na postaji Szeged. Visinska sinoptička analiza ukazuje na utjecaj duboke visinske ciklone (vidljive do visine 300 hPa) koja se prostirala iznad Hrvatske i Jadrana dok je prizemno prevladavalo polje izjednačenog i malo sniženog tlaka zraka. Prolaz prizemne hladne fronte uzrokovao je dodatnu nestabilnost atmosfere 18. srpnja 2021. godine i pojavu olujnih grmljavinskih nevremena s tučom u istočnom dijelu Slavonije. Cjelokupna sinoptička situacija dovela je do pojave obilnih oborina i bujičnih poplava.

PROGNOСТИČKI ALATI ZA UBLAŽAVANJE ZDRUŽENIH POSLJEDICA SUŠE, TOPLINSKIH VALOVA I POŽARA NA PODRUČJU SREDIŠNJE EUROPE – CLIM4CAST

KSENIJA CINDRIĆ KALIN, KORNELIJA ŠPOLER ČANIĆ, MISLAV ANIĆ, ANTONIO STANEŠIĆ, IVAN LONČAR-PETRINJAK, TOMISLAV KOZARIĆ i ANA STARČEVIĆ

Državni hidrometeorološki zavod
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska
ksenija.cindric@dhz.hr

U središnjoj Europi, uključujući Hrvatsku, klimatske promjene pridonose povećanju učestalosti, trajanja i intenziteta suša, toplinskih valova i vremenskih uvjeta pogodnih za nastanak požara raslinja tzv. DHF događaja (od engl. Drought, Heatwaves and Fire weather). Zdručeni učinci ovih ekstremnih vremenskih pojava predstavljaju izravnu prijetnju društvu i okolišu, no trenutačni alati za njihovo praćenje i prognoziranje su ograničeni, a koordinirani odgovori na nacionalnoj, regionalnoj i međunarodnoj razini nedovoljno razvijeni.

EU projekt Clim4Cast odgovara na ove izazove kroz tri radna paketa, u kojima partneri iz sedam europskih zemalja (Češka, Poljska, Njemačka, Slovačka, Austrija, Slovenija i Hrvatska) zajednički razvijaju i implementiraju prognostičke sustave za DHF događaje. Ovi sustavi bit će integrirani u postojeće nacionalne platforme i prilagođeni potrebama dionika. U sklopu prvog radnog paketa, razvija se napredna baza podataka o učincima DHF događaja za razdoblje 2000. – 2023. koja služi kao temelj za analizu i procjenu kako klimatske promjene utječu na pojavu i karakteristike DHF događaja u središnjoj Europi. Drugi radni paket usmjeren je na razvoj prognostičkih alata za pravovremeni odgovor na DHF događaje kroz kombinaciju meteoroloških modela i izmjerenih podataka, dok je u trećem paketu aktivnosti fokus na komunikaciju i prijenos znanja između znanstvenika, operativnih institucija i donositelja odluka.

Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), hrvatski partner u projektu, doprinosi razvoju prognostičkih modela prilagođenih regionalnim karakteristikama kroz evaluaciju razvijenih produkata u zemljama koje sudjeluju u projektu, sudjeluje u izradi baze podataka te provodi aktivnosti povezane s izradom nacrtu akcijskog plana za proaktivni odgovor na DHF događaje. Poseban naglasak stavlja se na suradnju s nacionalnim i lokalnim institucijama kako bi se osiguralo da alati i informacije razvijene unutar projekta budu korisne i primjenjive u praksi.

Jedinstvenost projekta Clim4Cast leži u multidisciplinarnom pristupu koji povezuje znanstvena istraživanja, tehnološka rješenja i stratešku komunikaciju. Integracijom novih spoznaja u postojeće sustave ranog upozorenja i zakonske okvire, projekt ima potencijal značajno unaprijediti spremnost i otpornost društva na DHF događaje. U ovom radu će biti predstavljeni dosadašnji rezultati projekta s posebnim naglaskom na ulogu i provedene aktivnosti DHMZ-a te primjenu rezultata u Hrvatskoj.

PROJECTION OF THE IMPACT OF AIR POLLUTION FROM THERMAL TREATMENT OF WASTE USING THE ADMS 6 DISPERSION MODEL

VESNA GUGEC, VALENTINA JAGIĆ, STIPICA ŠARČEVIĆ,
VELIMIR MILIĆ and DARIJO BRZOJA

Croatian Meteorological and Hydrological Service
Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia
stipica.sarcevic@dhz.hr

Mixed municipal waste represents an increasing challenge in urban European environments, including the city of Zagreb in the Republic of Croatia. There are several waste management models, with the simplest being land disposal. A more complex option is waste recovery in specialized management centers, while the most complex method is thermal treatment, i.e., the incineration of mixed municipal waste.

Thermal treatment of mixed municipal waste involves burning at high temperatures, which significantly reduces the volume of waste that needs to be disposed of. At the same time this process can be used to produce thermal and/or electrical energy. This can lead to reduced fossil fuel consumption for power generation. The impact of burning mixed municipal waste on the human population and ecological systems in the city of Zagreb was investigated using the ADMS 6 dispersion model (Atmospheric Dispersion Model). Data from 2022 were used for the model, including meteorological data (hourly values for wind direction and speed, temperature, and cloud cover) from the Zagreb Maksimir station, as well as particulate matter emissions ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) from the waste sector, obtained from CERC. Different scenarios were considered based on various chimney heights: 25 meters (typical for smaller incinerators), 105 meters (the height of the Zagreb Cathedral's tower), 126 meters (the height of the Vienna incinerator's chimney), and 200 meters (the height of the Zagreb heating plant's chimney). In all scenarios, the chimney diameter remained constant at 2.5 meters. Estimated emissions of particulate matter $PM_{2.5}$ and PM_{10} from the incineration of mixed municipal waste are below the prescribed limit values for pollutant emissions from incineration facilities. Modeling results for all analyzed scenarios indicate that the impact of pollutant concentrations for particulate matter is low.

Incineration of mixed municipal waste produces thermal and electrical energy. Additionally, the amount of waste requiring disposal in landfills is significantly reduced. Emissions from the incineration process remain within prescribed limits, and the impact on surface concentrations of particulate matter is low. Based on the results, waste incineration can be considered as an efficient method of waste management, with minimal negative impact on the environment and public health.

MODEL PODIZANJA VJETROZAŠTITNIH POJASA I NASADA S CILJEM UBLAŽAVANJA UDARA VJETRA NA DIJELU AUTOCESTE SV. ROK – MASLENICA

DAMIR BARČIĆ, ROMAN ROSAVEC, MARIO ŠANGO, ŽELJKO ŠPANJOL i MARIO ANČIĆ

Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
Svetošimunska 23, 10000 Zagreb, Hrvatska
rrosavec@sumfak.unizg.hr

Vjetrozaštitni pojasi uspostavljaju se kao prepreke od redova stabala ili grmlja koje se sade s namjenom reduciranja brzine vjetra, smanjenja evapotranspiracije, zaštite od eolske erozije, istovremeno izravno se koriste za zaštitu kultura i nasada. Vjetrozaštita prometnica može biti izvedena samo na tehnički način, tehnički oblici zaštite od vjetra imaju prednost zbog brzine ugradnje i velike gustoće koja u potpunosti ili velikim dijelom zaustavlja udare vjetra i smanjuje štetno djelovanje vjetra. Također, vjetrozaštita prometnica može se izvesti na biološki način pošumljivanjem drveća i grmlja. Taj način je ekološki i estetski prihvatljiviji i poželjniji, ali zahtijeva ranije planiranje prije početka gradnje trase neke prometnice. Naime, potrebno je određeno vremensko razdoblje za rast i razvoj biljaka. Otežavajuća okolnost je i bioklimatsko područje ili određena vegetacijska zona koja izravno utječe na odabir vrste za pošumljivanje. U tom smislu analiza izbora ovisi o biološkim svojstvima i ekološkim zahtjevima vrste. Nadalje, biološki postupci u smislu izbora vrsta i uvažavanja stanišnih uvjeta puno su kompleksniji. Sve to u kontekstu česte promjene "strukture vjetra" na krškom području radi geomorfologije krša (uvale, škrape, visoke stijene, usjeci, vrtače, dolci i dr.) koja može utjecati na promjene smjera vjetra u makro i mikro lokacijama. Osim ("advektivnog") laminarnog horizontalnog kretanja zračnih masa, na krškom neravnom području postoji i ("konveksno") turbulentno strujanje.

U radu je prikazan model podizanje pojasa i nasada na primjeru dijela autoceste na dionici sv. Rok – Maslenica. Uvažavajući zadane okolnosti projektiranje se može izvesti samo na dijelu trase navedene dionice. Istovremeno za ovakve zahvate potrebno je ranije planiranje tijekom pripremnih radova na trasi. Naime, okolnost koja bitno može utjecati na učinkovitost takvih pojasa je njihova visina. U tom smislu izbor vrsta je bitan, ali također i sužen radi uvjeta podneblja i posebnih ekoloških zahtjeva. U modelu se navode uglavnom drvenaste vrste drveća i grmlja koje u bioklimatskim uvjetima krša mogu uspijevati. Podignuti vjetrozaštitni pojasi i nasadi ne mogu odmah u potpunosti ispunjavati sve očekivane funkcije već se provođenjem njege, zaštite i ostalih metoda usmjerava rast i razvoj takvih pojasa kako bi što svrsishodnije ispunjavali sve funkcije i opravdali očekivanja. Dimenzioniranje zaštitnih pojasa ovisi o konkretnoj situaciji na terenu, a glavni elementi su visina, širina, dužina i gustoća pojasa. Ti elementi su u korelaciji s kutom upada vjetra, brzinom vjetra, intenzitetu vjetra, konfiguraciji terena, izloženosti, tipu tla. Kod vjetrozaštitnih pojasa razlikujemo glavni pojas i sporedni pojas. Glavni pojas postavlja se okomito na pravac najjačeg vjetra, a sporedni okomito na glavni pojas. Na taj način sprječavamo turbulenciju sa strane i negativno djelovanje vjetrova koji se javljaju iz drugih smjerova.

POKROVITELJI

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i mladih

Grad Zagreb



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo znanosti,
obrazovanja i mladih



GRAD
ZAGREB

Fakultet prometnih znanosti



FAKULTET
PROMETNIH ZNANOSTI

SPONZOR

Fakultet šumarstva i drvne tehnologije



PODRŽAVA

Europsko meteorološko društvo

