Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

Zemljište kao faktor razvoja poljoprivrede i zaštite životne sredine u Bosni i Hercegovini: Zemljište

Čustović, Hamid; Ljuša, Melisa; Beus, Vladimir

2026

https://bastina.anubih.ba/handle/123456789/866

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

https://bastina.anubih.ba/

DOI: 105644/PI2026.223.03

KLIMATSKI RIZICI I ZEMLJIŠTE: ZNAČAJ MODERNIZACIJE HIDROMETRIJSKE MREŽE FEDERACIJE BIH ZA ODRŽIVI RAZVOJ POLJOPRIVREDE

Bakir Krajinović[1], Sabina Hodžić[1]
[1]*Federalni hidrometeorološki zavod, Sarajevo*
bakir.krajinovic@fhmzbih.gov.ba

APSTRAKT

Proizvodnja hrane u Bosni i Hercegovini, naročito u uslovima klimatskih promjena, predstavlja veliki izazov i strateško pitanje za budućnost. Poljoprivreda je sektor koji u potpunosti zavisi od klimatskih i hidroloških uslova, a povećana učestalost ekstremnih pojava, poplava, suša, toplotnih talasa, mrazeva i oluja, direktno ugrožava stabilnost prinosa i očuvanje plodnosti zemljišta. Klimatske promjene mijenjaju režim padavina, vodni bilans i toplinski režim tla, što dovodi do degradacije zemljišta i smanjenja produktivnosti. U radu se, polazeći od analitičkog izvještaja o procjeni i optimizaciji meteorološke i hidrološke mreže Federacije BiH i postojećeg konceptualnog okvira klimatskih rizika po zemljište, analiziraju kapaciteti hidrološke, meteorološke i agrometeorološke mreže kojima upravlja Federalni hidrometeorološki zavod. Poseban naglasak stavljen je na ulogu modernizacije hidrometeorološke mreže, uključujući automatske hidrološke, meteorološke i agrometeorološke stanice, kao i na metodološki okvir mjerenja temperature tla geotermometrima i temperature zraka na 5 cm iznad tla, koji predstavljaju ključne elemente agrometeorološkog monitoringa. Analiza pokazuje da postojeća mreža nije u potpunosti funkcionalna: oprema je djelimično zastarjela, prostorna pokrivenost je neujednačena, nivo automatizacije ograničen, a međuinstitucionalna razmjena podataka nedovoljno normirana. Sa druge strane, posljednjih godina, kroz projekte podržane međunarodnim fondovima, ostvareni su značajni pomaci u modernizaciji mreže i razvoju digitalnih platformi, uključujući agrometeorološku platformu FHMZ-a. Na osnovu provedenih analiza predložene su konkretne preporuke za daljnju modernizaciju i integraciju hidrometeorološkog monitoringa kako bi se podržala klimatski otporna i održiva poljoprivreda u Federaciji Bosne i Hercegovine.

Ključne riječi: klimatske promjene, meteorološka mreža, agrometeorologija, temperatura tla, prizemni mraz, poljoprivreda, Bosna i Hercegovina.

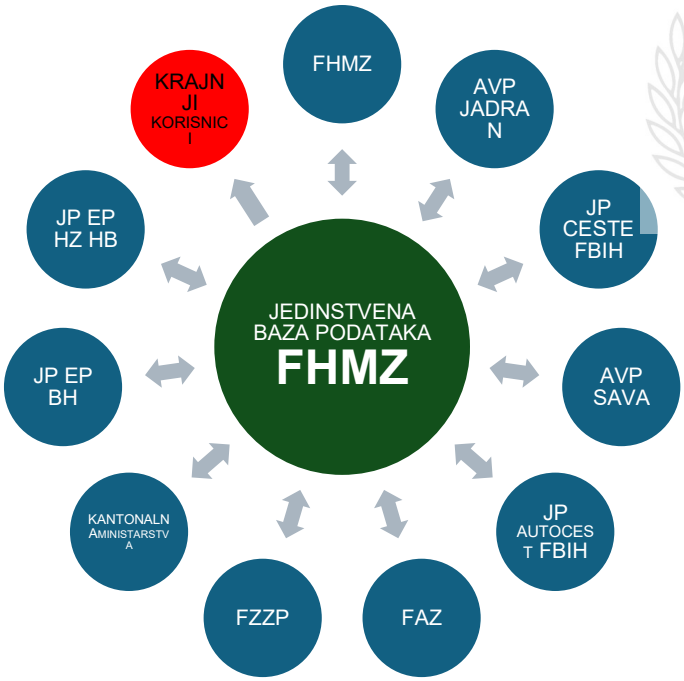
UVOD

Zemljište predstavlja jedan od najvažnijih prirodnih resursa Federacije Bosne i Hercegovine. Njegova plodnost, stabilnost i dugoročna očuvanost direktno su povezane sa klimatskim i hidrološkim uslovima.

Klimatske oscilacije i promjene, promjene u temperaturi zraka, režimu padavina i učestalosti ekstremnih događaja, utiču na vlažnost tla, mineralizaciju organske materije, erozijske procese i degradaciju strukture. Time se mijenja proizvodni potencijal zemljišta, posebno u osjetljivim poljoprivrednim područjima. Posljednjih decenija Bosna i Hercegovina bilježi niz ekstremnih hidro-meteoroloških događaja, među kojima se izdvajaju poplave 2010., 2014. i 2024. godine, kao i sve učestaliji periodi izražene suše i toplotnih talasa. Ovi događaji ukazali su na slabosti postojeće infrastrukture za hidrološki i meteorološki monitoring, kao i sistema ranog upozoravanja. Nedovoljna prostorna pokrivenost mjernim stanicama, zastarjela oprema, ograničena automatizacija i nedovoljno razvijeni telekomunikacijski sistemi za prijenos podataka ograničavaju mogućnosti učinkovitog upravljanja klimatskim rizicima i zaštite zemljišnih resursa.

Istovremeno, u Federaciji BiH djeluje više institucija koje prikupljaju hidrološke i meteorološke podatke: Federalni hidrometeorološki zavod, agencije za vodna područja, elektroprivrede, javna preduzeća za ceste i autoceste, federalne i kantonalne institucije te specijalizirani poljoprivredni zavodi.

Neuvezanost njihovih monitoring mreža i nepostojanje jedinstvenog sistema razmjene podataka otežavaju strateško planiranje ulaganja, izbor lokacija za nove stanice i prilagođavanje poljoprivrednog sektora klimatskim promjenama.



Shema 1. Integrisanog globalnog sistema osmatranja Svjetske meteorološke organizacije (WIGOS) zamišljenog u FBiH pod pokroviteljstvom Federalnog hidrometeorološkog zavoda

Federalni hidrometeorološki zavod je krovna institucija sa zakonskim mandatom za hidrološki i meteorološki monitoring u Federaciji BiH te kontakt-institucija Svjetske meteorološke organizacije za Bosnu i Hercegovinu. Zavod upravlja i Regionalnim WIGOS centrom Sarajevo, što dodatno osigurava integraciju u Svjetski integrirani sistem osmatranja i međunarodnu razmjenu podataka. U tom kontekstu, modernizacija hidrološke, meteorološke i agrometeorološke mreže FHMZ-a predstavlja ključni preduvjet za razvoj klimatski otporne poljoprivrede i održivo upravljanje zemljišnim resursima.

Cilj ovog rada je da, polazeći od postojećih analiza mjerenja i kapaciteta meteorološkog i agrometeorološkog monitoringa, prikaže trenutno stanje sistema, identifikuje glavne nedostatke i potencijale te naglasi važnost modernizacije, posebno u segmentu mjerenja parametara vezanih za zemljište, kao što su temperatura tla, temperatura zraka na 5 cm iznad tla i vlažnost tla.

MATERIJALI I METODE

Materijali i podaci korišteni u ovom radu obuhvataju analitičke i planske dokumente Federalnog hidrometeorološkog zavoda, prije svega izvještaje o procjeni i optimizaciji mreže u Federaciji Bosne i Hercegovine, kao i internu dokumentaciju o mreži hidroloških, meteoroloških i agrometeoroloških stanica. U analizu su uključene informacije o broju, tipu i prostornom rasporedu stanica, njihovim tehničkim karakteristikama, stepenu automatizacije i mogućnostima prenosa podataka u realnom vremenu.

Kao dopuna ovim izvorima, korišteni su i metapodaci dostupni na platformama Svjetske meteorološke organizacije (OSCAR/Surface, WIGOS), koji daju uvid u registraciju stanica na međunarodnom nivou i u njihov status u globalnom osmatračkom sistemu.

Analiza hidrometrijske komponente mreže zasniva se na uvidu u institucionalni i pravni okvir za hidrološki monitoring, pregled prostorne raspodjele stanica po glavnim riječnim slivovima i klimatskim zonama te procjenu njihove funkcionalnosti u kontekstu monitoringa poplava i suša.

Posebna pažnja posvećena je stanju opreme, stepenu automatizacije i kontinuitetu rada stanica, kao i činjenici da dio mjerenja obavljaju druge institucije, poput agencija za vodna područja i elektroprivreda.

U tom smislu, fokus je na identifikaciji područja bez adekvatne hidrometrijske pokrivenosti, kao i lokacija na kojima postoji preklapanje različitih mreža bez potpunog iskorištavanja sinergija i koordinacije.

Meteorološka i agrometeorološka mreža analizirane su kroz cjelovit pregled tipova stanica, glavnih, klimatoloških, automatskih, padavinskih i agrometeoroloških, njihovog prostornog rasporeda i programskog sadržaja mjerenja.

U obzir je uzet set standardnih meteoroloških parametara, kao što su temperatura i vlaga zraka, atmosferski pritisak, padavine, vjetar i sunčevo zračenje, ali i specifični agrometeorološki parametri, uključujući temperaturu tla na različitim dubinama, vlažnost tla, visinu snježnog pokrivača i fenološka opažanja. Mreža glavnih meteoroloških stanica posmatrana je kao primarni element u sistemu monitoringa klime i klimatskih promjena, sa posebnim osvrtom na segment mjerenja parametara vezanih za zemljište i prizemni sloj zraka.

Principi mjerenja temperature tla geotermometrima obrađeni su na osnovu važećih uputstava za rad glavnih meteoroloških stanica i relevantne stručne literature. Posebno su razmotreni tipovi geotermometara koji se koriste u mreži FHMZ-a, standardne dubine na kojima se obavljaju mjerenja, izbor i priprema geotermometarskog polja, način ugradnje instrumenata, termički kontakt sa tlom i postupci očitavanja podataka. U analizi su istaknuti i zahtjevi za održavanje mjernog polja, uklanjanje snijega sa ljestvica, kontrolu dubine i redovno umjeravanje instrumenata, kako bi se očuvala homogenost dugih vremenskih nizova.

Mjerenje temperature zraka na 5 cm iznad tla posmatrano je kao važna dopuna standardnim mjerenjima u meteorološkoj kućici na 2 m. Metodološki okvir obuhvata izbor položaja termometra iznad reprezentativne travne površine, definisanje visine od 5 cm u odnosu na prosječnu razinu travnjaka, te način na koji se obezbjeđuje zaštita instrumenta od direktnog sunčevog zračenja i vlage uz istovremenu slobodnu ventilaciju. U razmatranje su uzeti standardni termini očitavanja, praćenje dnevnog minimuma i interpretacija razlike između prizemne temperature i temperature na visini od 2 m, naročito u situacijama radijacijskog hlađenja i formiranja prizemnog mraza.



Slika 1. Sistem mjerenja geotermometar i temprarature na 5 cm iznad tla

Cjelokupan metodološki pristup zasniva se na kombinaciji analize dokumentacije, pregledavanja mreža mjerenja u prostornom kontekstu i tumačenja standardiziranih procedura mjerenja. Na taj način obezbijeđeno je da se hidrometrijska, meteorološka i agrometeorološka komponenta posmatraju integrisano, uz jasno razumijevanje ograničenja i potencijala postojećeg sistema monitoringa u Federaciji Bosne i Hercegovine.

REZULTATI

Analiza hidrometrijske mreže Federacije BiH pokazuje da Federalni hidrometeorološki zavod upravlja ograničenim brojem hidroloških stanica na glavnim riječnim slivovima, uz dodatne vodomjerne profile koje održavaju agencije za vodna područja i elektroprivredne kompanije. Iako broj i nominalna prostorna pokrivenost stanica na prvi pogled djeluju zadovoljavajuće, detaljniji uvid ukazuje da su brojne stanice opremljene zastarjelim instrumentima, da dio njih ne radi kontinuirano i da je nivo automatizacije nedovoljan za savremene zahtjeve monitoringa poplava i suša. Uočene su zone bez adekvatne hidrometrijske pokrivenosti, naročito u brdsko-planinskim predjelima i na manjim pritokama sklonim bujičnim poplavama, dok se na pojedinim lokacijama u dolinama velikih rijeka javlja preklapanje stanica različitih institucija bez jasne koordinacije.

Meteorološka i agrometeorološka mreža FHMZ-a obuhvata glavne meteorološke stanice sa profesionalnom posadom, automatske meteorološke stanice, automatske padavinske stanice i ograničen broj automatskih agrometeoroloških stanica. Na njima se prate standardni meteorološki parametri, ali i temperatura tla, vlažnost tla, visina snježnog pokrivača i drugi parametri relevantni za poljoprivredu.

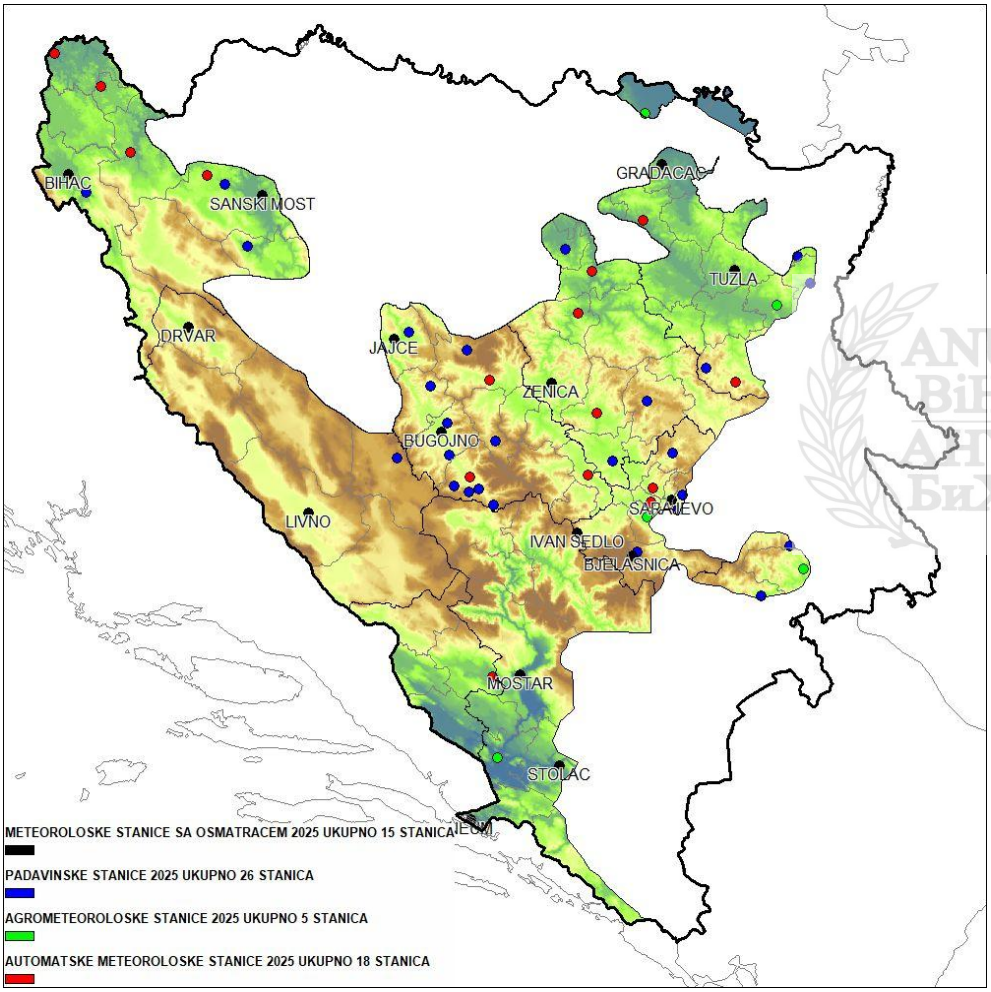
Program rada stanica usklađen je sa smjernicama WMO-a, a mreža glavnih stanica predstavlja osnovu za dugoročno praćenje klime i klimatskih promjena. Ipak, broj agrometeoroloških stanica i prostorna raspodjela senzora za parametre vezane za zemljište još uvijek nisu dovoljno prilagođeni potrebama savremene poljoprivrede.

Posebno mjesto u rezultatima zauzimaju tradicionalna agrometeorološka mjerenja temperature tla geotermometrima i prizemne temperature zraka na 5 cm. Mreža glavnih meteoroloških stanica, među kojima su Bihać, Sanski Most, Gradačac, Tuzla, Zenica, Bugojno, Jajce, Drvar, Livno, Mostar, Stolac, Neum, Sarajevo, Ivan Sedlo i Bjelašnica, kontinuirano prikuplja podatke o temperaturi tla (osim Bjelašnice) na standardiziranim dubinama od 2 do 100 cm, kao i podatke o prizemnoj temperaturi zraka. Zahvaljujući dugoj tradiciji mjerenja, ovi nizovi omogućavaju detaljnu analizu toplinskog režima tla, promjena u dubini smrzavanja, trajanja mraznih epizoda i dužine vegetacijskog perioda.

Mjerenja temperature zraka na visini od 5 cm iznad tla dopunjuju standardna mjerenja na 2 m i omogućavaju identifikaciju prizemnih mrazova koji mogu prouzrokovati značajne štete na poljoprivrednim kulturama. Analiza serija prizemne temperature zraka pokazuje da se u brojnim situacijama javljaju negativne vrijednosti u prizemnom sloju, iako temperatura na 2 m ostaje iznad nule.

Ovakvi podaci su od presudnog značaja za izradu karata rizika, razvoj sistema ranog upozoravanja i planiranje zaštitnih mjera u poljoprivredi.

Projekti modernizacije koje su u BiH implementirali UNDP i drugi partneri doveli su do instaliranja novih hidroloških, meteoroloških i padavinskih stanica, uspostave sistema prognoziranja i ranog upozoravanja na poplave te razvoja digitalnih platformi za otvoreni pristup podacima. Agrometeorološka platforma FHMZ-a omogućava korisnicima da u realnom vremenu prate osnovne pokazatelje suše, agrometeorološke uslove i druge tematske informacije relevantne za sektor poljoprivrede. Time se hidrometeorološki podaci približavaju krajnjim korisnicima i stvara se osnova za razvoj novih specijaliziranih proizvoda.



Slika 2. Karta meteoroloških stanica Federalnog hidrometeorološkog zavoda

Istovremeno, analiza ukazuje na niz sistemskih nedostataka: neujednačenu prostornu pokrivenost, ograničen broj automatskih stanica, djelimično zastarjelu opremu, nedovoljno uređene protokole razmjene podataka i ograničene kadrovske i finansijske resurse za održavanje i razvoj mreže. Ovi nedostaci imaju direktne implikacije za poljoprivredu, jer otežavaju precizno mapiranje rizika, izradu pouzdanih prognoza i blagovremenu pripremu adekvatnih mjera prilagodbe.

DISKUSIJA

Rezultati potvrđuju da je modernizacija hidrometrijske, meteorološke i agrometeorološke mreže preduslov za učinkovito upravljanje klimatskim rizicima i održivo korištenje zemljišta. Klasična meteorološka i hidrološka opažanja, iako neophodna, nisu dovoljna ako nisu prostorno i vremenski dovoljno gusta, ako ne postoji adekvatna automatizacija i ako podaci nisu dostupni u formi koja omogućava brzu i pouzdanu analizu. Integrisani pristup, u kojem se atmosfera, voda i tlo posmatraju kao jedinstven sistem, nameće se kao nužnost u planiranju i upravljanju razvojem poljoprivrede.

Uloga FHMZ-a kao krovne institucije sa mandatom za hidrološki i meteorološki monitoring, te kao kontakt-institucije WMO-a i domaćina Regionalnog WIGOS centra Sarajevo, ključna je za usmjeravanje procesa modernizacije. Međutim, efikasnost ovog procesa zavisi od spremnosti drugih institucija da aktivno učestvuju u razmjeni podataka, usaglašavanju standarda i zajedničkom planiranju ulaganja. Fragmentirana institucionalna struktura, parcijalna validacija podataka i oslanjanje na projektno finansiranje ograničavaju kapacitet za stabilan i dugoročan razvoj mreže.

Tradicionalna mjerenja temperature tla geotermometrima i prizemne temperature na 5 cm posebno naglašavaju značaj kontinuiteta i standardizacije u osmatranjima. Ovi parametri su direktno vezani za procese u zemljištu i rizike po poljoprivrednu proizvodnju, pa njihov prekid ili nekontrolisana promjena metodologije može dovesti do gubitka vrijednih informacija o trendovima i ekstremima. Integracija tradicionalnih mjerenja sa modernim automatskim senzorima i digitalnim platformama stoga mora biti pažljivo planirana, uz period paralelnih mjerenja i detaljne analize homogenosti nizova.

Sa stanovišta poljoprivrede, moderna i dobro organizirana hidrometeorološka mreža omogućava preciznije prognoze, bolje planiranje navodnjavanja, ranije i pouzdanije upozorenje na sušu i mraz, kao i kvalitetniju procjenu erozijskih rizika i pritisaka na zemljište. Na taj način hidrometeorološki podaci prelaze iz domene pasivnih statističkih serija u domenu operativne podrške donošenju odluka u poljoprivredi, upravljanju zemljišnim resursima i planiranju ruralnog razvoja.

ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Na osnovu provedene analize može se zaključiti da klimatske promjene značajno povećavaju rizike po zemljište i poljoprivredu u Federaciji Bosne i Hercegovine te da hidrometeorološki monitoring postaje ključni alat za upravljanje ovim rizicima. Postojeća hidrometrijska, meteorološka i agrometeorološka mreža nije u potpunosti usklađena sa savremenim potrebama, iako su kroz projekte modernizacije ostvareni značajni pomaci. I dalje su prisutne prostorne praznine, nedovoljna automatizacija, ograničena razmjena podataka i nedostatak stabilnih finansijskih i kadrovskih kapaciteta.

Agrometeorološka komponenta mreže, sa fokusom na mjerenja temperature tla, prizemne temperature zraka i vlažnosti tla, zahtijeva daljnje jačanje kroz instaliranje novih automatskih agrometeoroloških stanica na reprezentativnim lokacijama i kroz bolju integraciju postojećih mjerenja u jedinstveni informacijski sistem. Posebno je važno očuvati i unaprijediti tradicionalna mjerenja geotermometrima i prizemnim termometrima, jer ona čine osnovu dugih homogenih nizova koji su neophodni za razumijevanje klimatskih promjena i njihovog utjecaja na zemljište.

Dalji razvoj digitalnih platformi, poput agrometeorološke platforme FHMZ-a, trebao bi ići u smjeru proširenja seta dostupnih podataka, automatizacije postupaka kontrole kvaliteta i približavanja informacija krajnjim korisnicima na način koji je razumljiv i primjenjiv. Uspostava jasnih protokola razmjene podataka između FHMZ-a, agencija za vodna područja, elektroprivreda, poljoprivrednih zavoda i drugih institucija predstavlja nužan korak prema integrisanom sistemu upravljanja klimatskim rizicima.

Put naprijed podrazumijeva normativno i operativno usklađivanje učesnika u sistemu monitoringa, modernizaciju mreže kroz nove automatske stanice i radarske sisteme, kadrovsko jačanje nacionalne meteorološke i hidrološke službe te osiguranje finansijske održivosti kroz kombinaciju stabilnih budžetskih izvora i međunarodnih fondova. Vizija je izgradnja otpornog, modernog i održivog sistema hidrometeorološkog monitoringa u Bosni i Hercegovini, koji će osigurati pravovremene i pouzdane podatke, efikasna upozorenja i čvrstu podršku održivom razvoju poljoprivrede i zaštiti zemljišnih resursa.

LITERATURA

Allan, R. P., et al. (2023): Climate change and extreme weather: recent findings and future directions.

El Bilali, H., et al. (2020): Climate change and food security in the Mediterranean region: challenges and policy options.

Federalni hidrometeorološki zavod (2014–2025): Interna dokumentacija o mreži hidroloških, meteoroloških i agrometeoroloških stanica, projektni izvještaji i agrometeorološki bilteni.

Krajinović, B. (2012): Analysis of precipitation and the values of the linear trend of precipitation in the area of Dinarides of Bosnia and Herzegovina for the period 2001–2010. BALWOIS 2012, Ohrid, Makedonija.

Krajinović, B., Giambelli, M., Meninno, S., Deda, M., Paniccia, C., Vio, R., Renzulli, S., Massabò, M. (2023): Strengthening the link between flood early warnings and early actions within the IPA FF program. The case of Bosnia and Herzegovina, Istanbul, Turkey.

Spahić, M., Krajinović, B. (2020): Analysis of trends of climate change fluctuations in Bosnia and Herzegovina. Acta geographica Bosniae et Herzegovinae, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.

Trbić, G. (2017): Klimatske promjene u Bosni i Hercegovini – opseg, implikacije i mjere prilagodbe.

Trbić, G., Popov, T. (2015): Klimatske promjene u Bosni i Hercegovini: izazovi i mogućnosti.

UNDP BiH (2018–2024): Projekti modernizacije hidrometeorološke infrastrukture i upravljanja rizicima od poplava u Bosni i Hercegovini.

UNDP BiH (2025): Povećanje ulaganja u smanjenje rizika od poplava u Bosni i Hercegovini – Procjena i optimizacija hidrometrijske mreže na glavnim riječnim slivovima u BiH: Analitički izvještaj za Federaciju BiH.

WMO (razne godine): Smjernice za razvoj nacionalnih meteoroloških i hidroloških službi i osiguranje kvaliteta podataka (WMO-No. 8, WIGOS, WDQMS).

CLIMATE RISKS AND LAND: THE IMPORTANCE OF MODERNIZING THE HYDROMETRIC NETWORK OF THE FEDERATION OF BIH FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Bakir Krajinović[1], Sabina Hodžić[1]
[1]*Federal Hydrometeorological Institute, Sarajevo*
bakir.krajinovic@fhmzbih.gov.ba

ANU BiH АНУ

ABSTRACT

Bosnia and Herzegovina is among the most climate-vulnerable countries in South-Eastern Europe. More frequent and intense extreme events, floods, droughts, heat waves, storms and ground frosts, directly affect soil and agricultural production. Effective risk management requires reliable and continuous hydrometeorological data, including agrometeorological parameters such as soil temperature and near-surface air temperature. This paper analyses the current capacities of the hydrometric, meteorological and agrometeorological network in the Federation of Bosnia and Herzegovina, with a particular focus on the role of the Federal Hydrometeorological Institute and the results of modernisation supported by international projects. Special attention is given to the methodological framework for measuring soil temperature with geothermometers and air temperature at 5 cm above the ground, which represent key elements of agrometeorological monitoring. The analysis reveals that the existing network is only partially functional: equipment is partly obsolete, spatial coverage is uneven, automation is limited and data exchange between institutions is not fully regulated. On the other hand, recent investments have led to the installation of new automatic stations, the development of an agrometeorological platform and improved integration into the WMO observing systems. Based on these findings, the paper proposes a set of recommendations aimed at modernising and integrating hydrometeorological monitoring to support climate-resilient and sustainable agricultural development in the Federation of Bosnia and Herzegovina.

Keywords: land, agriculture, climate change, hydrometric network, agrometeorology, water, drought, floods.