

ANALIZA USTREZNOSTI PODNEBNIH ZNAČILNOSTI SLOVENIJE ZA PREŽIVETJE AMERIŠKE KORUZNE SOVKE (*Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]) IN NJENIH PARAZITOIDOV

Zala ŽNIDARŠIČ¹, Miha CURK², Tjaša POGAČAR³, Stanislav TRDAN⁴

¹⁻⁴Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana

IZVLEČEK

Ameriška koruzna sovka (*Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]), ki po svetu povzroča veliko gospodarsko škodo na poljščinah, se v zadnjih letih nezadržno širi iz toplejših krajev proti severu, tudi Sloveniji. V letu 2023 so jo že zaznali znotraj držav članic EU, zgodaj jeseni v Grčiji, novembra pa še v Romuniji. Zaradi širokega nabora gostiteljskih rastlin in precejšnje prilagodljivosti obstaja možnost, da se bo s časom razširila tudi v Sloveniji. Za namen lažje razporeditve sredstev za spremljanje pojavnosti in ukrepanje ob pojavu, smo izvedli analizo ustreznosti okoljskih dejavnikov za preživetje sovke v Sloveniji za trenutne podnebne razmere, pa tudi za več scenarijev, kjer je bil upoštevan vpliv podnebnih sprememb. Kot orodje za napoved smo uporabili računalniški model, ki temelji na podatkih o značilnosti podnebja v krajih, kjer so že zabeležili zastopanost škodljivca. Osnovni model s podatki o podnebnih značilnostih in trenutni dejanski razširjenosti sovke na svetovni ravni, smo dopolnili s podrobnejšimi trenutnimi podnebnimi podatki ARSO za Slovenijo in podnebnimi projekcijami regionalnih podnebnih modelov projekta EURO-CORDEX. Rezultati so nam omogočili izdelavo kart s prikazanimi modeliranimi napovedmi verjetnosti, kje na območju Slovenije obstaja večja verjetnost pojava sovke ob trenutnih podnebnih razmerah in različnih scenarijih podnebnih sprememb za 21. stoletje. Analizo smo v nadaljevanju ponovili še za štiri parazitoide sovke *S. frugiperda*, ki so glede na pregled obstoječe literature potencialno najustreznejši za podnebne značilnosti v Sloveniji. Tudi zanje so bile izdelane karte, kjer je prikazana ustreznost podnebnih značilnosti za preživetje parazitoidov trenutno in v prihodnosti. Na podlagi rezultatov obeh analiz bo mogoče na območja z večjo verjetnostjo pojavnosti ameriške koruzne sovke preusmeriti več sredstev za spremljanje in ukrepanje ob pojavu, na območjih, potencialno ustreznih za preživetje parazitoidov, pa bi lahko preučili tudi možnost njihove predhodne naselitve.

Ključne besede: ameriška koruzna sovka, podnebne projekcije, biotično varstvo, modeliranje porazdelitve vrst

¹ mag. meteo., Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, e-mail: zala.znidarsic@bf.uni-lj.si

² asist. dr., prav tam

³ doc. dr., prav tam

⁴ prof. dr., prav tam

ABSTRACT

ASSESSMENT OF SLOVENIA'S CLIMATIC SUITABILITY FOR THE SURVIVAL OF FALL ARMYWORM (*Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]) AND ITS PARASITOIDS: A SCIENTIFIC ANALYSIS

The fall army worm (FAW) (*Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]), which causes great economic damage to crops around the world, has been spreading unstoppably from warmer places to the north, including Slovenia, in recent years. In 2023, it was already detected within EU member states, in early autumn in Greece, and in November in Romania. Due to the wide range of host plants and considerable adaptability, there is a possibility that it will also spread into Slovenia. In order to facilitate the allocation of funds for monitoring and acting upon occurrence, we assessed Slovenia's climatic suitability for the survival of FAW for the current climate conditions, as well as for several scenarios where the impact of climate change was considered. As a forecasting tool, we used a computer model based on climate data for places where the presence of the pest has already been recorded. The basic model with data on climate characteristics and the current actual distribution of the FAW at the global level was supplemented with more detailed current climate data for Slovenia and climate change projections for the 21st century based on the regional climate model data of the EURO-CORDEX project. The results enabled us to create maps with modeled predictions of the probability of where in Slovenia there is a higher probability of FAW occurrence given the current and future climate conditions under scenarios RCP4.5 and RCP8.5. After that, we repeated the analysis for four parasitoids of *S. frugiperda*, which, according to the review of the existing literature, are potentially the most suitable for the climate in Slovenia. Maps have also been made, showing the suitability of climatic characteristics for the survival of parasitoids now and in the future. Based on the results of both analyses, it will be possible to divert more resources for monitoring and action upon occurrence to areas with a higher probability of occurrence of the FAW, and in areas potentially suitable for the survival of parasitoids, the possibility of their previous settlement could also be examined.

Key words: fall armyworm, climate change projections, biological control, species distribution modelling

1 UVOD

Kljub temu, da prihaja iz tropskih delov Severne in Južne Amerike, Ameriška koruzna sovka (*Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]) predstavlja vedno večjo nevarnost pridelovalcem hrane tudi drugod po svetu. Je zelo prilagodljiva in polifag, kar pomeni, da je njen nabor gostiteljskih rastlin širok ter vključuje tudi druge poljščine, poleg koruze, kot sta sladkorni trs in riž. (Overton in sod., 2021). V okviru globalnega segrevanja in ob možnostih naključnega vnosa se povečuje verjetnost, da bi se s časom razširila tudi v Evropo (Tepa-Yotto in sod., 2021). V letu 2023 so jo že zaznali znotraj držav članic EU, zgodaj jeseni v Grčiji, novembra pa še v Romuniji.

Za učinkovito preprečevanje širjenja in zatiranje škodljivih invazivnih organizmov so modeli ekoloških niš lahko ključnega pomena. V okviru naše analize smo želeli

preveriti, kako ustrezno je podnebje Slovenije za pojav sovke. Izdelali smo karte s prikazanimi modeliranimi napovedmi verjetnosti, kje na območju Slovenije obstaja večja verjetnost pojava sovke ob trenutnih podnebnih razmerah in različnih scenarijih podnebnih sprememb za 21. stoletje. Analizo smo v nadaljevanju ponovili še za štiri parazitoide *S. frugiperda*, ki so glede na pregled obstoječe literature potencialno najbolj primerni za podnebne značilnosti v Sloveniji. Tudi zanje so bile izdelane karte ustreznosti podnebnih značilnosti za preživetje parazitoidov trenutno in v prihodnosti.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Model porazdelitve vrst

Kot orodje za napoved verjetnosti za pojav ameriške koruzne sovke (*S. frugiperda*) smo uporabili računalniški model, ki temelji na podatkih o značilnosti podnebja v krajih, kjer so že zabeležili prisotnost škodljivca. Model temelji na Metodi maksimalne entropije, ki jo je razvil Phillips (2006). Osnovni model s podatki o podnebnih značilnostih in trenutni dejanski razširjenosti sovke na svetovni ravni, smo dopolnili s podrobnejšimi trenutnimi podnebnimi podatki ARSO za Slovenijo in podnebnimi projekcijami regionalnih podnebnih modelov projekta EURO-CORDEX.

2.2 Podatki

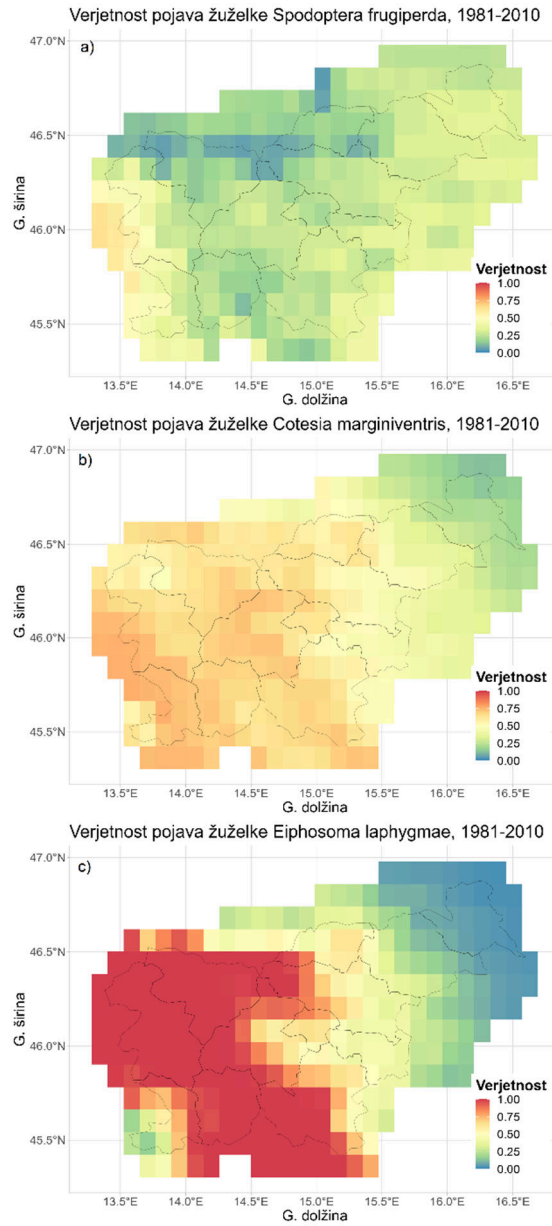
Podatke o razširjenosti sovke in njenih štirih naravnih sovražnikov *Cotesia marginiventris*, *Eiphosoma laphygmae*, *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum* smo pridobili iz baze GBIF (ang. Global Biodiversity Information facility) (GBIF, 2023). Klimatski podatki so zajemali meteorološke podatke izbranih spremenljivk svetovne baze WorldClim za obdobje 1971–2000 (WorldClim, 2023). Za čim bolj natančen izračun verjetnosti za pojav parazitoidov v Sloveniji smo uporabili meteorološke podatke referenčnega obdobja 1981–2010 Agencije Republike Slovenije za okolje (OPSI, 2024a), kot tudi podnebne projekcije za obdobji 2011–2040 (trenutna in bližnja prihodnost) ter 2041–2070 (sredina stoletja) za 6 podnebnih modelov in scenarij podnebnih sprememb RCP4.5 (OPSI, 2024b; 2024c; 2024d).

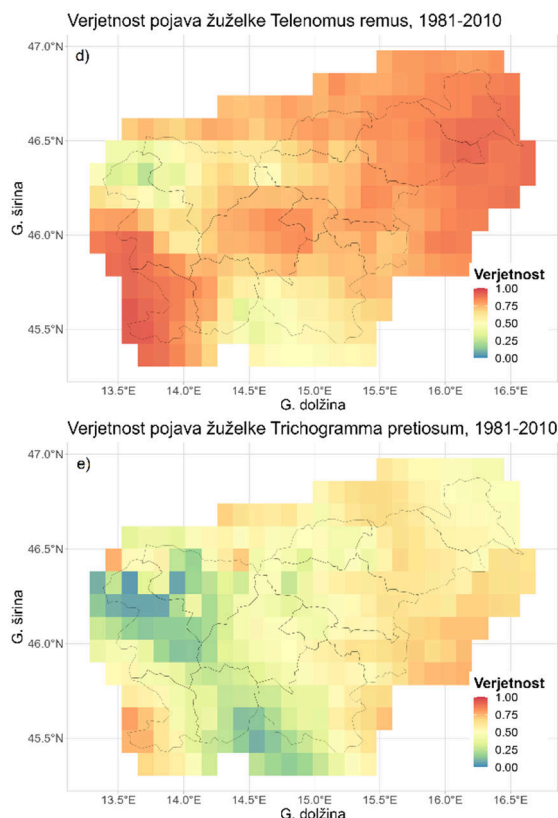
3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Rezultati modela za ameriško koruzno sovko na osnovi trenutne razširjenosti vrste so pokazali, da so izpeljane klimatske spremenljivke z največjim prispevkom k pojavljanju sovke letna količina padavin, letna povprečna temperatura, količina padavin v najsušnejšem četrletju leta in količina padavin v najtoplejšem četrletju leta. Ugotovili smo, da je bila verjetnost za pojav ameriške koruzne sovke v preteklem obdobju najvišja, in sicer zmerno visoka (okoli 0,5), za območja SV, V, JZ Slovenije in Osrednje Slovenije (Slika 1). Po drugi strani je za obdobje 1981–2010 za preostala območja in SZ Slovenije ter Notranjske majhna ($\leq 0,25$).

Rezultati izračunov za naravne sovražnike ameriške koruzne sovke so pokazali visoko ustreznost podnebja Slovenije v obdobju 1981–2010 predvsem za *T. remus* in *E. laphygmae*. Upoštevajoč geografsko ustreznost verjetnosti za pojav sovke, se kot

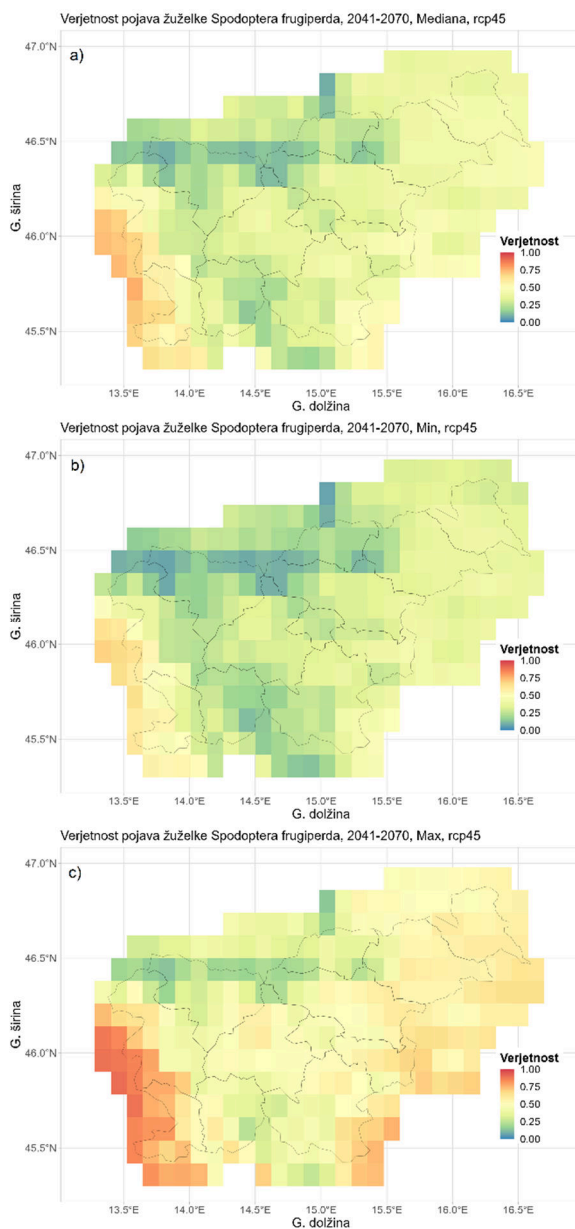
najbolj primerna parazitoida izkažeta *T. remus* in *T. pretiosum*, za katera je ustreznost najvišja za območja SV, V, JZ Slovenije in Osrednje Slovenije (Slika 1).





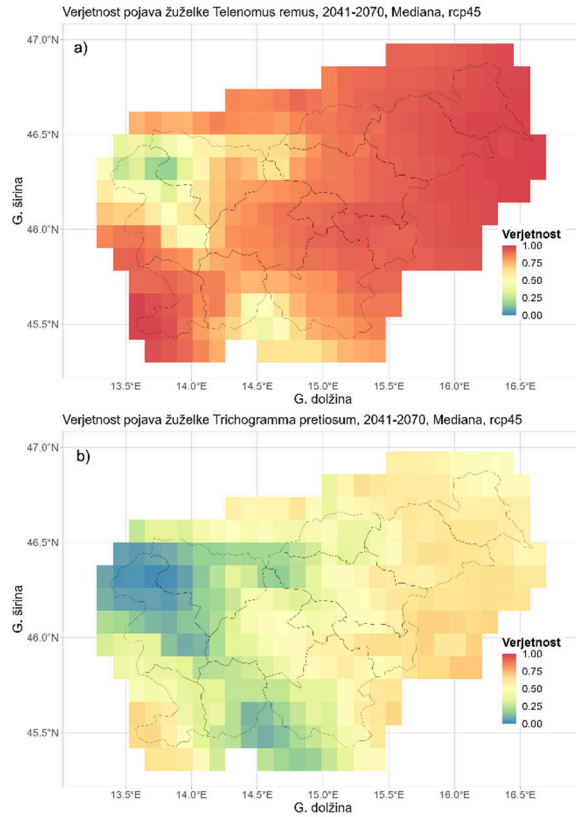
Slika 1: Rezultat verjetnostne porazdelitve za pojav (a) ameriške koruzne sovke in izbranih parazitoidov (b) *C. marginiventris*, (c) *E. lahygmae*, (d) *T. remus* in (e) *T. pretiosum* v obdobju 1981–2010.

Za obdobje 2041–2070 oziroma sredino 21. stoletja in zmerno optimistični scenarij podnebnih sprememb RCP4.5 so rezultati pokazali povečano verjetnost za pojav sovke glede na referenčno obdobje 1981–2010, še posebej na območjih, kjer je tudi za obdobje 1981–2010 izračunana verjetnost znatna (Slika 2).



Slika 2: Rezultat verjetnostne porazdelitve za pojav ameriške koruzne sovke v obdobju 2041–2070, za scenarij RCP4.5. Prikazane so (a) mediana modelov, (b) minimalna vrednost modela in (c) maksimalna vrednost modela.

Podobno rezultati modelskih projekcij za *T. remus* in *T. pretiosum* kažejo povišano verjetnost za pojav obeh parazitoidov v 2041–2070 glede na 1981–2010 (Slika 3). Za *T. remus* je ustreznost blizu 1 za večji del Slovenije, razen hribovitega SZ dela ter skrajnega južnega dela Notranjske. Ustreznost podnebja Slovenije v 2041–2070 v primeru scenarija RCP4.5 je za *T. pretiosum* malo nižja (med 0,5 in 0,75), vendar se dobro ujema z ustreznostjo za ameriško koruzno sovko v izbranem obdobju.



41

Slika 3: Rezultat verjetnostne porazdelitve za pojav *T. remus* (a) in *T. pretiosum* (b) v obdobju 2041–2070, za scenarij RCP4.5. Prikazana je mediana modelov.

4 SKLEPI

V okviru naše študije smo izračunali in izdelali karte ustreznosti o tem, kje na območju Slovenije obstaja večja verjetnost pojava ameriške koruzne sovke (*S. frugiperda*) ob trenutnih podnebnih razmerah in različnih scenarijih podnebnih sprememb za 21. stoletje. Prav tako smo izdelali karte ustreznosti podnebnih značilnosti Slovenije za preživetje štirih naravnih sovražnikov ameriške koruzne sovke. Izračuni so pokazali,

da se bo verjetnost za pojav sovke tekom 21. stoletja povečevala, še posebej na SV, V in JZ delu Slovenije ter v Osrednji Sloveniji.

Ugotovili smo, da bi bila možnost predhodne naselitve parazitoidov najbolj primerna za parazitoida *T. remus* in *T. pretiosum*, katerih izračunana ekološka niša se najbolje ujema z izračunano ekološko nišo sovke. Predhodni vnos naravnih sovražnikov (Preemptive Biological control) po trenutno veljavni zakonodaji EU trenutno še ni mogoč, vendar bi bila prevetritev zakonodaje s tega področja tako na regionalni ravni Slovenije, kot mednarodni ravni Evropske unije, lahko ključnega pomena pri preprečevanju širjenja in zatiranja škodljivih invazivnih organizmov. Kljub temu, lahko rezultati naše analize služijo kot pomoč pri usmeritvi sredstev za spremljanje in ukrepanje ob pojavu sovke v Sloveniji.

5 LITERATURA

- GBIF.org GBIF Occurrence Download. Dostopno na:
https://www.gbif.org/occurrence/download?taxon_key=1279532&taxon_key=1398826&taxon_key=6128597&taxon_key=1257783&taxon_key=5109855 (Dostopano: 23. Februar 2024).
- OPSI, 2024a. Podnebne spremembe: Meritve 1981-2010, dnevni podatki, ločljivost 0,125°, Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na:
<https://podatki.gov.si/dataset/arsopodnebne-spremembe-meritve-1981-2010-dnevni-podatki-locljivost-0-125> (Dostopano: 29. November 2023)
- OPSI, 2024b. Podnebne spremembe: Projekcije dnevne količine padavin, dnevni podatki, scenarij RCP4.5, ločljivost 0,125°, Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na:
<https://podatki.gov.si/dataset/arsopodnebne-spremembe-projekcije-visine-padavin-dnevni-podatki-scenarij-rcp4-5-locljivost-0-125> (Dostopano: 29. November 2023)
- OPSI, 2024c. Podnebne spremembe: Projekcije dnevne najvišje temperature, dnevni podatki, scenarij RCP4.5, ločljivost 0,125°, Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na:
<https://podatki.gov.si/dataset/arsopodnebne-spremembe-projekcije-dnevne-najvisje-temperature-dnevni-podatki-scenarij-rcp44qsvuhzmdi> (Dostopano: 29. November 2023)
- OPSI, 2024d. Podnebne spremembe: Projekcije dnevne najnižje temperature, dnevni podatki, scenarij RCP4.5, ločljivost 0,125°, Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na:
<https://podatki.gov.si/dataset/arsopodnebne-spremembe-projekcije-dnevne-najnizje-temperature-dnevni-podatki-scenarij-rcp4lrjexv3qe7> (Dostopano: 29. November 2023)
- Overton, K., Maino, J. L., Day, R., Umina, P. A., Bett, B., Carnovale, D., Ekese, S., Meagher, R., & Reynolds, O. L., 2021. Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. *Crop Protection*, 145, 105641.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Schapire, R. E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231–259.
- Tepa-yotto, G. T., 2021. 'Global Habitat Suitability of *Spodoptera frugiperda*, Parasitoids Considered for Its Biological Control, 2(1), pp. 1–17.