

Požarna izloženost kod proračuna FirEUrisk požarnog rizika



2025.

FIREURISK – RAZVOJ HOLISTIČKE STRATEGIJE ZA UPRAVLJANJE POŽARNIM RIZICIMA

Broj ugovora: 101003890	
Identifikator poziva: H2020-LC-CLA-2018-2019-2020	
Tema:	LC-CLA-15-2020 Smanjenje rizika od požara raslinja: korak prema pristupu integriranog upravljanja požarima raslinja u EU
Instrument:	RIA

Požarna izloženost kod proračuna FirEURisk požarnog rizika

Identifikator dokumenta:	Diseminacija rezultata projekta FirEURisk za području Republike Hrvatske.
Rok za izradu dokumenta:	31/03/2025
Datum izrade dokumenta:	15/01/2025
Verzija:	1.0
Glavni dokument:	D1.4 Report on methodological frameworks for Vulnerability assessment (D, S) in the FirEURisk
Autor glavnog dokumenta i glavni partner ovih istraživanja:	HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEOGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetsos) UdL
Prijevod, obrada karata i prilagodba za Hrvatsku:	Darko Stipaničev, Marin Bugarić, Damir Krstinić, Ljiljana Šerić, Maja Braović Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska
Radni paket:	WP1 - Procjena rizika od požara radi poboljšanja zaštite
Zadatak:	Zadatak 1.2: Analiza izloženosti i ranjivosti Aktivnost A1.2.1. Metrika požarne izloženosti
Razina širenja:	<input checked="" type="checkbox"/> PU: Javno <input type="checkbox"/> CO: Povjerljivo, samo za članove Konzorcija (uključujući Službe Komisije)



FIREURISK - DEVELOPING A HOLISTIC, RISK-WISE STRATEGY FOR EUROPEAN WILDFIRE MANAGEMENT

Grant Agreement Number: 101003890	
Call identifier: H2020-LC-CLA-2018-2019-2020	
Topic:	LC-CLA-15-2020 Forest Fires risk reduction: towards an integrated fire management approach in the E.U.
Instrument:	RIA

Wildfire exposure in calculation of FirEURisk wildfire risk

Deliverable Identifier:	FirEURisk dissemination documents for the territory of the Republic of Croatia
Deliverable Due Date:	31/03/2025
Deliverable Submission Date:	15/01/2025
Deliverable Version:	1.0
Main Document:	D1.4 Report on methodological frameworks for Vulnerability assessment (D, S) in the FirEURisk
Author of Main Deliverable and Lead Partner of this work:	HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetsos) UdL
Translation, Map preparation and Adaptation for Croatia:	Darko Stipaničev, Marin Bugarić, Damir Krstinić, Ljiljana Šerić, Maja Braović Faculty of Electrical Engineering, Machine Engineering and Naval Architecture, University of Split, Split, Croatia
Work Package:	WP1 - Fire risk assessment to improve prevention
Task:	Task 1.2 Analysis of Exposure & Vulnerability Factors A1.2.1 Fire Exposure Metrics
Dissemination Level:	<input checked="" type="checkbox"/> PU: Public <input type="checkbox"/> CO: Confidential, only for members of the Consortium (including the Commission Services)



Odricanje od odgovornosti

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost izdavača i ne predstavlja nužno stavove Europske komisije ili njenih službi. Iako se informacije sadržane u dokumentima smatraju točnima, autori ili bilo koji drugi sudionik FirEUrisk konzorcija ne daju nikakva jamstva u vezi s ovim materijalom, uključujući, ali ne ograničavajući se na implicirana jamstva prikladnosti za određenu svrhu. Ni FirEUrisk konzorcij, niti bilo koji od njegovih članova, službenika, zaposlenika ili agenata neće biti odgovorni za nemar ili bilo kojeg drugog razloga zbog bilo kakve netočnosti ili propusta u ovom dokumentu. Bez umanjivanja općenitosti prethodno navedenog, ni FirEUrisk konzorcij niti bilo koji od njegovih članova, službenika, zaposlenika ili agenata neće biti odgovorni za bilo kakve izravne ili neizravne ili posljedične gubitke ili štete uzrokovane ili proizašle iz bilo koje informacije, savjeta ili netočnosti ili propusta u ovom dokumentu.

Copyright poruka

© FirEUrisk konzorcij, 2021.-2025. Ovaj tekst sadrži originalni neobjavljeni rad, osim gdje je to jasno navedeno. Priznanje prethodno objavljenim materijalima i rada drugih napravljeno je putem odgovarajućeg citiranja, navođenja ili oboje.

Reprodukcija i korištenje svih materijala je dopušteno uz navođenje izvora:

Stipaničev, D., Bugarić, M., Krstinić, D., Šerić, Lj., Braović, M. (2025.) **Požarna izloženost kod proračuna FirEUrisk požarnog rizika**, FirEUrisk Dissemination Report, 2025. <https://cipop.fesb.hr/index.php/fireurisk/pozarna-izlozenost-kod-proracuna-fireurisk-pozarnog-rizika>



Sažetak

Ovaj dokument je nastao na temelju istraživanja provedenih u Radnom paketu 1 projekta FirEUrisk Zadatku 1.2. posvećenom analizi ranjivosti i izloženosti, aktivnosti 1.2.1. **Metrika požarne izloženosti** koja se bavila analizom veličina koje utječu na požarnu izloženost. U radu radne grupe sudjelovali su istraživači: UAVR (Ana Isabel Miranda, Isabel Nunes, Hélder Relvas, and Diogo Lopes) and NCSR (Nadia Politi, Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetso), a rezultati su opisani u dokumentu:

(Bar-Masada et al., 2023) HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEOGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetso) UdL (2023.) **D1.4 Report on methodological frameworks for Vulnerability assessment (D, S) in the FirEUrisk**, FirEUrisk Report, 2023.

U okviru FirEUrisk projekta na razini pilot područja izrađene su karte požarne izloženosti na temelju dva postupka koja kombiniraju požarne indikatore i izložene vrijednosti. Na razini Europe požarna izloženost je procjenjivana samo na temelju izloženih vrijednosti kod kojeg se izložene vrijednosti određuje na temelju karte sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI). U okviru ovog izvještaja izrađene su dvije karte izloženih vrijednosti i to:

- izložene vrijednosti požarima stanovništva i imovine i
- izložene vrijednosti požarima stanovništva, imovine i ekoloških sustava.

Izložene vrijednosti su prikazane kao bezdimenzionalne veličine u intervalu $[0, 1]$ i korištene kod proračuna FirEUrisk integriranog indeksa požarnog rizika.

Svi materijali se mogu slobodno koristiti uz navođenje izvora u skladu s Copyrightom.

Abstract

This document is based on research conducted as part of Work Package 1 of the FirEUrisk project, Task 1.2, dedicated to the analysis of vulnerability and exposure, specifically Activity 1.2.2: Social Vulnerability, which focused on analyzing factors affecting wildfires exposure. Working group researchers were UAVR (Ana Isabel Miranda, Isabel Nunes, Hélder Relvas, and Diogo Lopes) and NCSR (Nadia Politi, Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetso) and results were described in the document:

(Bar-Masada et al., 2023), HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arroqante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEOGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetso), UdL (2023). *D1.4 Report on Methodological Frameworks for Vulnerability Assessment (D, S) in FirEUrisk*, FirEUrisk Report, 2023.

As part of the FirEUrisk project, fire exposure maps were created at the pilot site level, based on two approaches that combine fire indicators and exposed values. At the European level, fire exposure was assessed solely based on exposed values, where these values were determined using the Wildland-Urban Interface (WUI) map. Within this report, two fire exposure value maps have been developed:

- Fire exposure values for population and assets
- Fire exposure values for population, assets and ecological systems

The exposed values are represented as dimensionless quantities within the range [0,1] and have been used in the calculation of the FirEUrisk Integrated Fire Risk Index.

All materials can be freely used, provided the source is cited in accordance with Copyright regulations.

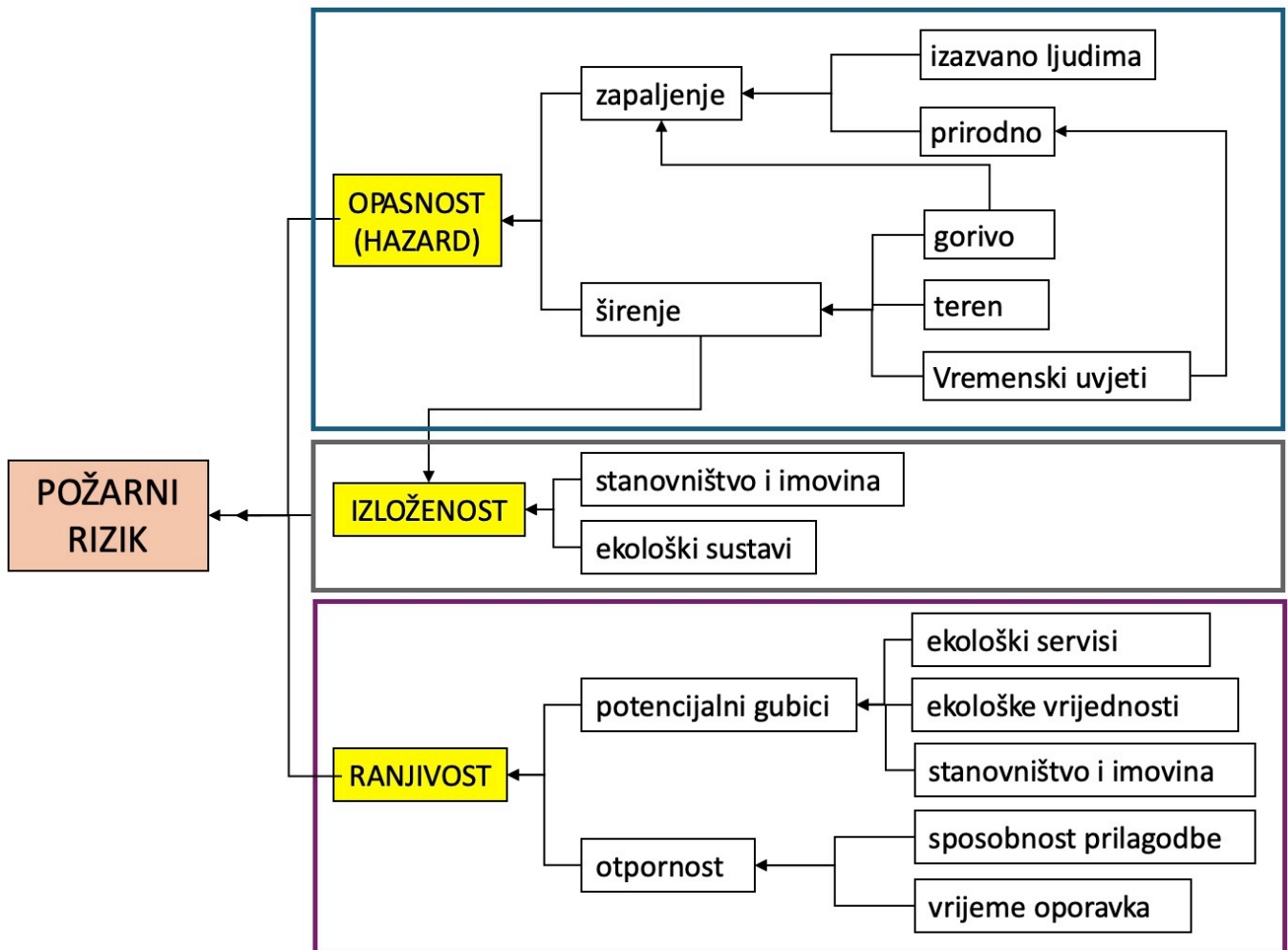
Sadržaj

Sažetak	ii
Abstract.....	iii
Sadržaj.....	iv
1. Uvod.....	1
2. Indikatori požarne izloženosti	3
2.1 Procjena požarne izloženosti potencijalom požarne izloženosti.....	3
2.2. Procjena požarne izloženosti na temelju meteoroloških indeksa požara i karte sučelja naseljenih i prirodnih područja	4
2.2.1. Određivanje potencijalnog izloženog požarnog područja na temelju indeksa požarnog vremena (FWI) ili indeksa početnog širenja požara (ISI)	4
2.2.2. Određivanje izloženih vrijednosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava požarima na temelju karti sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI)	6
3. FirEURisk integrirani indeks požarnog rizika	11
4. Zaključak	12
Literatura	13

1. Uvod

Prema metodologiji projekta FirEURisk požarni rizik (engl. *Wildfire Risk*) je kompleksna veličina koja ovisi o tri faktora (Slika 1.):

1. požarnoj opasnosti (hazardu) (engl. *Wildfire Danger (Hazard)*)
2. požarnoj izloženosti (engl. *Wildfire Exposure*)
3. požarnoj ranjivosti (engl. *Wildfire Vulnerability*).



Slika 1. Proračun požarnog rizika u okviru projekta FirEURisk

Kod **požarne izloženosti** razlikuje se izloženost stanovništva i imovine i izloženost ekoloških sustava.

Izloženost (engl. *Exposure*) na bilo koju ugrozu se definira kao stupanj do kojeg određena vrijednost, resurs, imovina ili geografsko područje može biti podložno ili izloženo potencijalnom izvoru štete (Thompson et al., 2016.). Potencijalni izvor štete može biti povezan s preduvjetima potrebnim za pojavu tog procesa (npr. klimatski uvjeti) ili samim procesom (npr. šumski požari, atmosferske emisije i dim) (Hardy, 2005.). Istraživače FirEURisk projekta prije svega zanima **požarna izloženost** (engl. *Wildfire Exposure*) koja je od velike koristi kod planiranje zaštite od požara i napora za smanjenje rizika od požara (Alcasena et al., 2016., 2017.; Thompson et al., 2016a).

Procjene izloženosti obično karakteriziraju blizinu vrijednosti, poput izgrađenih struktura, u odnosu na lokacije gdje je moguće ili vjerojatno izbijanje požara. Stupanj štete izravno je povezan s intenzitetom požara, koji ovisi o meteorološkim uvjetima (npr. temperatura zraka, brzina vjetra i oborine) te o karakteristikama raspoloživog goriva. Što je veći intenzitet požara, to je veći potencijalni utjecaj na stambene objekte, cestovnu mrežu, mrežu Natura 2000 i ljudsku populaciju (tj. vrijednosti povezane s rizikom od požara). Kako bi se prioritizirale aktivnosti smanjenja rizika, potrebno je razumjeti koji čimbenici mogu utjecati na zajednicu.

Osim izravne izloženosti plamenu, dim je jedna od najtežih posljedica požara, pri čemu se u atmosferu emitiraju velike količine plinovitih i čestičnih spojeva koji značajno utječu na zdravlje stanovništva (Miranda et al., 2005.). Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), svjesna učinaka dima iz šumskih požara na zdravlje, već je objavila smjernice za kvalitetu zraka tijekom požara vegetacije kako bi se zaštitilo stanovništvo (WHO, 1999.), osobito u područjima sučelja divljine i urbanih zona, gdje je rizik izloženosti ljudi najviši (Miranda et al., 2008.). Zapravo, izloženost visokoj razini onečišćenja zraka tijekom požara može dovesti do akutnih zdravstvenih problema, uključujući trenutne iritacije očiju, nosa i grla, kao i otežano disanje. Ovi simptomi često evoluiraju u glavobolju, vrtoglavicu i mučninu, koja može trajati nekoliko sati. Osim tih učinaka, respiratorne i kardiovaskularne bolesti također su česte posljedice (Costa et al., 2014).

U okviru FirEUrisk projekta nastojalo se izloženost procijeniti numerički prostornim varijablama koje bi se, zajedno s varijablama vezanim uz izloženost i opasnost koristili kod kartografskog, dinamičkog prikaza požarnog rizika.

2. Indikatori požarne izloženosti

U okviru istraživačkih aktivnosti projekta FirEUrisk, metodologija za kvantificiranje potencijalne izloženosti požaru temeljila se na povezanosti **vrijednosti izloženih požaru** (npr. stambeni objekti, cestovna mreža, raznolikost vegetacije i životinjskog svijeta, mreža Natura 2000 i populacija) s **prostornom raspodjelom požarnih indikatora** (npr. intenzitet požarne linije, brzina širenja požara, atmosferske emisije i dim).

2.1 Procjena požarne izloženosti potencijalom požarne izloženosti

Požarna izloženost se numerički definira **potencijalom požarne izloženosti** (engl. *E – Fire Exposure Potential*) koji ima vrijednost između 0 i 1, a definira se izrazom:

$$E \text{ (potencijal požarne izloženosti)} = \frac{\text{požarni indikatori} \times \text{izložene vrijednosti}}{\text{Max (požarni indikatori} \times \text{izložene vrijednosti)}} \quad (1)$$

gdje su **požarni indikatori** (engl. *Fire Metrics*) dinamičke veličine povezane s požarima:

- intenzitet požarne linije (engl. *FI – Firline Intensity*) u [kW/m] - Toplinska energija oslobođena po jedinici vremena iz jednometarskog dijela sloja goriva, protežući se od prednje do stražnje strane zone plamena. Intenzitet požarne linije ovisi o brzini širenja požara i toplini po jedinici površine, a općenito je povezan s duljinom plamena.
- brzina širenja požara (engl. *ROS – Rate of Spread*) u [m/s] - Relativna aktivnost požara u horizontalnom širenju, izražena kao brzina napredovanja požarne fronte.
- atmosferska emisija požara (engl. *AE – Atmospheric Emission*) u [t] - Plinovi (metan, ugljikov monoksid, ugljikov dioksid, amonijak, dušikovi oksidi i sumporov dioksid) i čestice (čestice s aerodinamičkim ekvivalentnim promjerom manjim ili jednakim 2,5 i 10 μm), koje se oslobađaju u atmosferu tijekom požara.
- emisija dima (engl. *SE – Smoke Emission*) u [μg/m³] - Razine kvalitete zraka koje proizlaze iz emisije i širenja zagađujućih tvari u atmosferi.

a **izložene vrijednosti** (engl. *Values at Risk*) statičke veličine povezane s vrijednostima izloženim požarima:

- zgrada (engl. *Buildings*) [strukture] - Broj stambenih objekata i njihove geografske lokacije (točkasti tip značajke). Na razini pilot područja u okviru FirEUrisk projekta korišteni su službene geo-baze s podacima individualnih objekata, ali dobar izvor podataka su i karte WUI područja, posebno ako im se dodaju i ne WUI područja s urbanim strukturama (Stipaničev et al., 2025a.).
- cestovna mreža (engl. *Road Network*) [m] - Dužina glavnih cesta (npr. autoceste i lokalne prometnice) i njihove geografske lokacije (linijski tip značajke). Cestovna mreža preuzeta je iz OpenStreetMap (OSM) skupa podataka¹. Riječ je o besplatnoj, otvorenoj geografskoj bazi podataka, koju ažurira i održava zajednica volontera putem otvorene suradnje.
- raznolikost vegetacije i životinjskih vrsta (engl. *Vegetation and Animals' Diversity*) [m²] - Prostorna distribucija šumskih vrsta (npr. *Eucalyptus globulus* i *Pinus pinaster*) i životinja (npr. ptice, gmazovi, vodozemci i sisavci). Prostorna distribucija vegetacije izvedena je iz Europskog atlasa². Ove su karte izrađene kombiniranjem brojnih i heterogenih podataka prikupljenih iz monografija s potpunim kartama distribucije vrsta, nacionalnih i regionalnih atlasa, geo-baza podataka o pojavnosti,

¹ <https://planet.openstreetmap.org>

² <https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/european-atlas/atlas-data-and-metadata/>

znanstvene i sive literature. Distribucija životinja preuzeta je iz sljedećih baza podataka: Ptice (Fusco et al., 2021), Gmazovi i vodozemci (Sillero et al., 2014), Sisavci – Europski atlas sisavaca³.

- mreža Natura 2000 (engl. *Natura 2000 Network*) [m²] - Ekološka mreža (poligonalni tip značajke), sastavljena od područja određenih prema Direktivi o pticama (Posebna zaštićena područja – SPAs – *Special Protection Areas*)⁴ i Direktivi o staništima (Područja od značaja za zajednicu – SCIs – *Sites of Community Importance* i Posebna područja očuvanja – SACs – *Special Areas of Conservation*)⁵. Mrežu Natura 2000 – europsku mrežu zaštićenih područja – osigurala je Europska agencija za okoliš. Ova baza podataka obuhvaća cijelu Europu te se temelji na službenim statističkim podacima nacionalnih statističkih instituta (uključujući administrativne granice i populacijske podatke). Ova mreža pruža detaljne informacije o vrijednostima pod rizikom.
- stanovništvo (engl. *Population*) [broj stanovnika] - Karta stanovništva s prostornom razlučivošću od 1 km².

Ovi utjecajni parametri su određeni nakon intenzivne analize literature o požarnoj ugroženosti (Alcasena et al., 2016.; Alcasena et al., 2017.; Beverly et al., 2021.).

Postupak određivanja svih požarnih indikatora, a posebno požarima izloženih vrijednosti je dosta složen. U okviru projekta FirEURisk postupak testiran je na pilot područja: PS Barcelona (Španjolska).

Na pilot području PS5 East Attica Region (Grčka) primijenjen je jednostavniji postupak temeljen na meteorološkim indeksima požara koji opisujemo u nastavku i kombiniramo s postupkom određivanja izloženih vrijednosti požarima na temelju karte sučelja naseljenih i prirodnih područja.

2.2. Procjena požarne izloženosti na temelju meteoroloških indeksa požara i karte sučelja naseljenih i prirodnih područja

Jednostavniji postupak dinamičke **procjene požarne izloženosti** također se temelji na dva koraka kod kojih se određivanju požarni indikatori i izložene vrijednosti u skladu s jednadžbom (1) pojednostavljenim proračunom. Pojednostavljeni požarni indikator je potencijalno izloženo požarno područje određeno se na temelju indeksa požarnog vremena (FWI) ili indeksa početnog širenja požara (ISI), a izložene vrijednosti požarima se određuju na temelju karti sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI).

2.2.1. Određivanje potencijalnog izloženog požarnog područja na temelju indeksa požarnog vremena (FWI) ili indeksa početnog širenja požara (ISI)

Kao pojednostavljeni **požarni indikator** (engl. *Fire Metrics*) koriste se meteorološki indeksi požara i to kanadskog **indeksa požarnog vremena** (engl. *FWI – Fire Weather Index*) ili **indeksa početnog širenja požara** (engl. *ISI – Initial Spread Index*) **za dane s ekstremnim vremenskim uvjetima pogodnim za požare**. Ovaj pristup se sastoji od izračuna prostorne distribucije vjerojatnosti pojave ekstremnih požara na temelju klasifikacije meteoroloških požarnih indikatora prema Tablici 1.

³ <https://discovermammals.org/projects/the-2nd-european-mammal-atlas/>

⁴ https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/birds-directive_en

⁵ https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/habitats-directive_en

Tablica 1. Klasifikacijska tablica vrijednosti FWI i ISI koji se koriste kao požarni indikatori

FWI klase prema EFFIS	FWI percentili prema (Varela et al., 2018.)	ISI klase prema EFFIS	stupanj potencijalne požarne ugroženosti u intervalu [0, 1]
vrlo niska (< 5,2)	-	vrlo niska (< 3,2)	0
niska (5,2 – 11,2)	niska 25. percentila	niska (3,2 – 5)	0,1
umjerena (11,2 – 21,3)	umjerena 50. percentila	umjerena (5 – 7,5)	0,3
visoka (21,3 - 38)	visoka 75. percentila	visoka (7,5 – 13,4)	0,6
vrlo visoka (38 - 50)		vrlo visoka (13,4 – 30)	0,8
ekstremna (>= 50)	ekstremna 90. percentila	ekstremna (>= 30)	1,0

Na pilot području PS5 East Attica Region (Grčka) računata je statička karta požarnih indikatora na temelju povijesnih podataka. Regija se podijeljena na određena manja područja, koja su za PS5 bila veličine 5 x 5 km. U svakom od njih se odredi **vjerojatnost pojave ekstremnih požara** kao broj dana u požarnoj sezoni s ekstremnim meteorološkim rizikom od požara iz Tablice 1. Pri tome se mogu koristiti fiksne EFFIS vrijednosti (FWI \geq 50 ili ISI \geq 30) ili pristup (Varela et al., 2018.) koji je uzimao percentile, pa se na taj način bolje prilagodio specifičnosti analiziranog područja. Vjerojatnost je računata za povijesni period od 1980. – 2004., a zbroj svih vrijednosti definira potencijalna požarno izložena područja na temelju kojih se može formirati karta požarnih indikatora.

Važno je naglasiti da je ovako dobivena karta statička na temelju povijesnih podataka iz prošlih požarnih sezona i da uzima u obzir samo ekstremnu mogućnost pojave požara na temelju meteoroloških indeksa požara.

Druga mogućnost je po istom principu računanje dinamičkih karta požarnih indikatora na način da se klase požarnih rizika iz Tablice 1. ponderiraju stupnjem potencijalne požarne ugroženosti s vrijednostima iz intervala [0,1]. Jedan od mogućih načina definiranja ovakvih vrijednosti prikazan je u zadnjem stupcu Tablice 1. Napominjemo da ovakav postupak nije korišten kod FirEUrisk projekta. Tamo je požarna izloženost određivana samo na temelju izloženih vrijednosti što pretpostavlja da su požarni indikatori u svim područjima maksimalni i jednaki 1.

U završnom koraku, za prikaz rezultata **potencijala požarne izloženosti**, slojevi s izračunatom vjerojatnošću i slojevi vrijednosti izloženosti mogu se kombinirati i vizualizirati u GIS karti prema jednadžbi (1), uzimajući u obzir i izložene vrijednosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava požarima što je i tema slijedećeg poglavlja.

Napominjemo da je u FirEUrisk projekta povezivanje požarnih indikatora i izloženih vrijednosti potencijalom požarne izloženosti napravilo samo na razini PS Barcelona i PS Attica prije opisanim, različitim postupcima. Na razini Europe požarna izloženost određivana samo na temelju izloženih vrijednosti što pretpostavlja da su požarni indikatori u svim područjima maksimalni i jednaki 1. To je možda i bolji pristup po principu najgore moguće situacije koji smatra da se u bilo kojem području može dogoditi požar koji će maksimalno ugroziti izložene vrijednosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava.

2.2.2. Određivanje izloženih vrijednosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava požarima na temelju karti sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI)

Kod dinamičkog proračuna rizika od požara u okviru projekta FirEUrisk korišten je pojednostavljeni postupak kod kojeg se **izložene vrijednosti** (engl. *Values at Risk*) određuje samo na temelju karte sučelja naseljenih i prirodnih područja (engl. - *WUI – Wildland-Urban Interface*). U posebnom diseminacijskom izvještaju (Stipaničev et al., 2025a.) priložene su i detaljno prikazane dva tipa karta WUI u rezoluciji 10 m za područje Hrvatske. Na temelju ovih karata može se procijeniti:

- izložena vrijednost stanovništva⁶ i imovine i
- ukupna izložena vrijednost stanovništva⁶, imovine i ekoloških sustava u skladu sa Slikom 1.

Indeks izložene vrijednosti stanovništva i imovine (engl. *EPAV – Exposure Index of Population and Assets Value at Risk*) određuje se jednostavnom reklasifikacijom WUI karata na način da je:

- stupanj požarne izloženosti stanovništva i imovine u ne WUI području jednak je 0
- stupanj požarne izloženosti stanovništva i imovine (*EPA*) u graničnom WUI području jednak je 0,8
- stupanj požarne izloženosti stanovništva i imovine (*EPA*) u mješovitom WUI području jednak je 1.

Slika 2. prikazuje kartu indeksa izložene vrijednosti stanovništva i imovine za područje Hrvatske dobivene reklasifikacijom karte sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI), a Slika 3. katu Splitsko-dalmatinske županije.

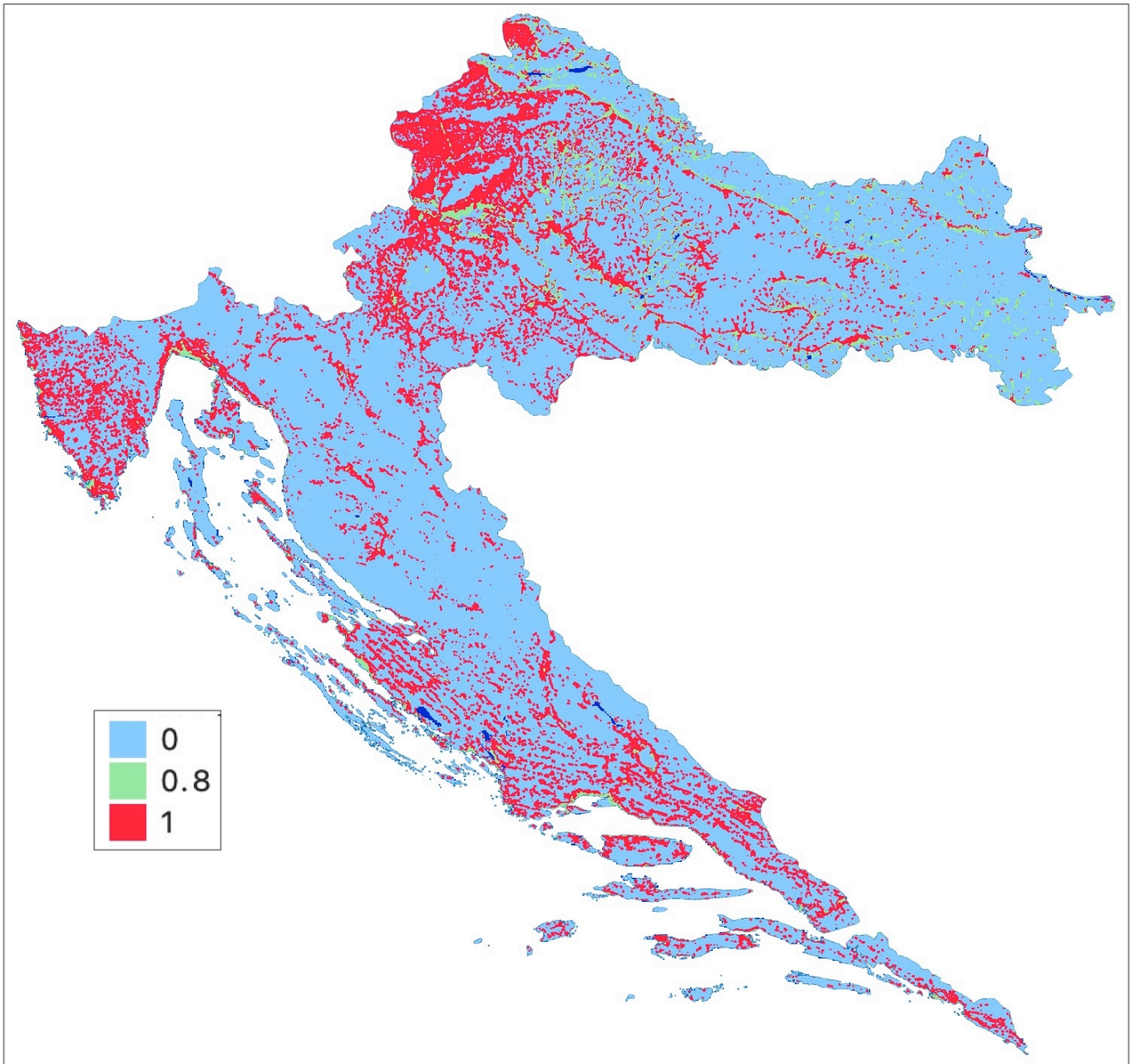
Indeks izložene vrijednosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava (engl. *EV – Exposure Index of Total Values at Risk*) također se može u najjednostavnijem slučaju odrediti na temelju karta sučelja naseljenih i prirodnih područja na način da je:

- stupanj požarne izloženosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava (*E*) u ne gorivom području jednak 0
- stupanj požarne izloženosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava (*E*) u gorivom području jednak 0,8
- stupanj požarne izloženosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava (*E*) u WUI području koji uključuje i mješoviti WUI i granični WUI jednak je 1.

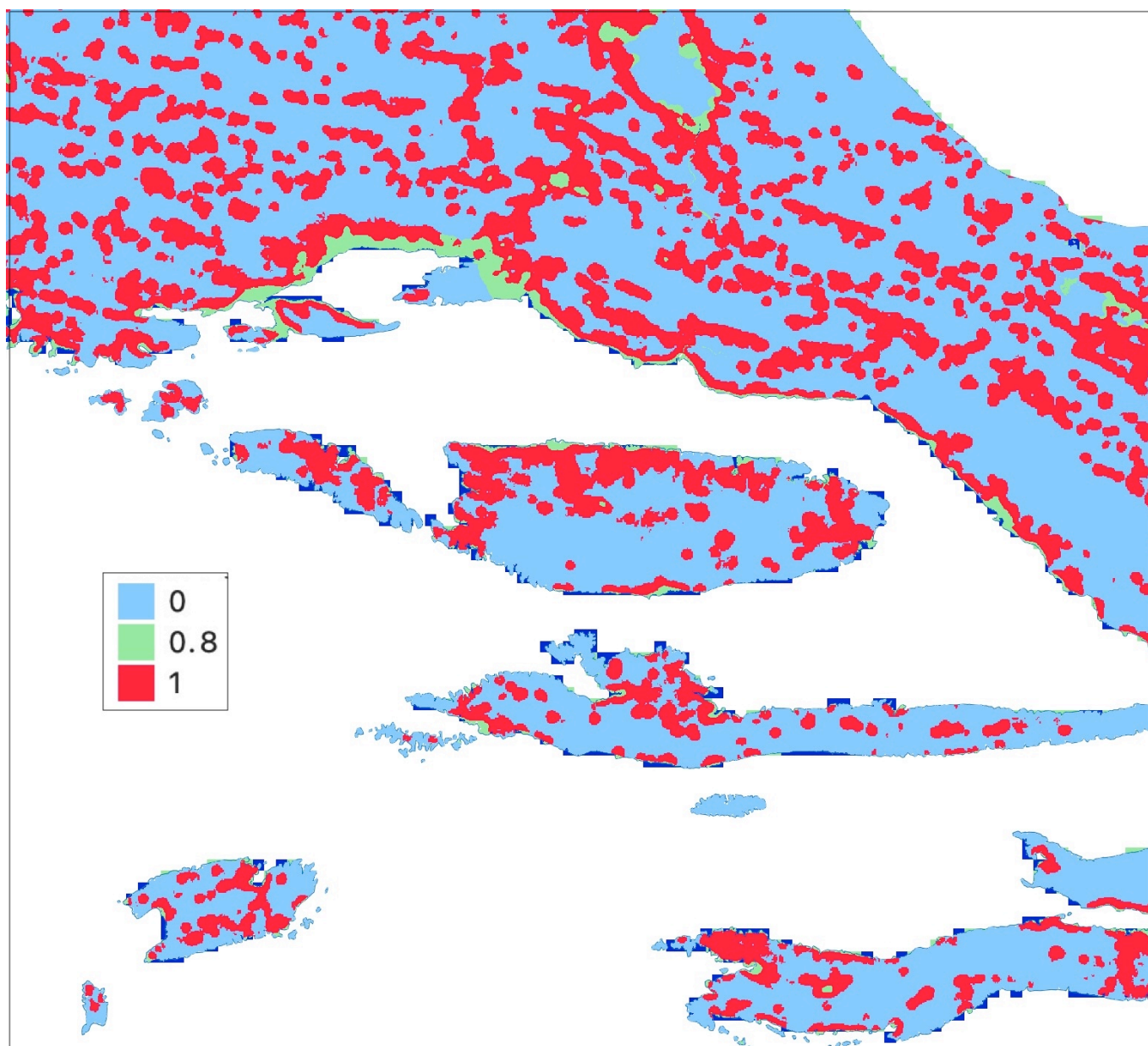
Razlika u odnosu na procjenu izloženosti samo stanovništva i imovine je u tome što se sada uzimaju u obzir i ne WUI područja na način da se razlikuju goriva i ne goriva područja. Zbog toga se treba koristiti Globalna WUI karta za 2020.g. (Global WUI, 2020.) (Stipaničev et al., 2025a.) kod koje su ne WUI područja klasificirana u 4 klase (broj na početku je šifra iz WUI karte):

5. ne WUI - šume, grmove i močvara (engl. *Non-WUI: Forest/Scrub/Wetland*)
6. ne WUI - travnjake (engl. *Non-WUI: Grassland*)
7. ne WUI - urbana područja (engl. *Non-WUI: Urban*) i
8. ne WUI - ostala ne WUI područja (engl. *Non-WUI: Other*).

⁶ Važno je naglasiti da se ovim indeksom ne procjenjuje nikakva stvarna „vrijednost“ stanovništva kako bi se samo po nazivu moglo zaključiti. Indeks se samo tako zove da bude u skladu s jednadžbom (1), a „vrijednost“ se procjenjuje bezdimenzionalnom veličinom u intervalu [0, 1].



Slika 2. FirEUrisk karta ugroženosti stanovništva i imovine (EPAV) dobivena reklasifikacijom karte sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) na teritoriju Hrvatske



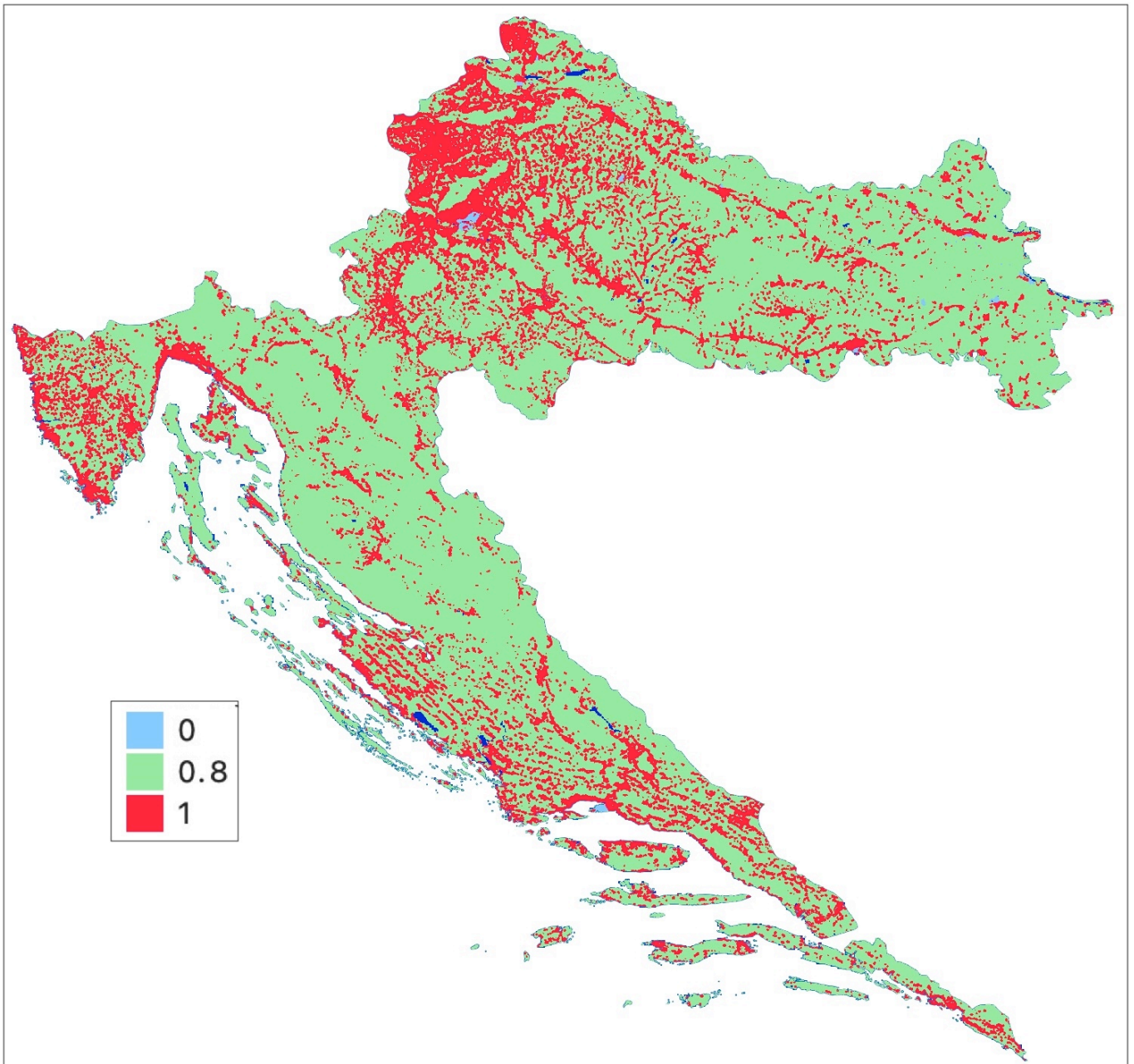
Slika 3. FirEURisk karta ugroženosti stanovništva i imovine (EPAV) dobivena reklasifikacijom karte sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) na teritoriju Splitsko-dalmatinske županije

Najjednostavnija procjena stupnja požarne izloženosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava u skladu s ovom procjenom je:

- $E = 0$ za sva negoriva ne WUI područja, a to je jedino WUI – urbana područja
- $E = 0,8$ za goriva ne WUI područja (ne WUI – šume, grmovi, ne WUI – travnjaci, ne WUI – ostala koja u Hrvatskoj uglavnom uključuju poljoprivredna područja u sjevernom dijelu Hrvatske
- $E = 1$ za sva WUI područja (mješovita i granična)

Ovako dobivenu kartu ugroženosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava za područje Hrvatske prikazuje Slika 4., a Slika 5. za područje Splitsko-dalmatinske županije.

Osnovna razlika u kartama je ta što je na karti ukupne izloženosti (E) skoro cijeli teritorij Hrvatske ima ugroženost 0,8 (ne WUI prirodna područja) ili 1 (WUI područja) što je i dobro zato što se u konačnoj formuli požarnog rizika ugroženost uzima multiplikativno, o čemu više u nastavku.

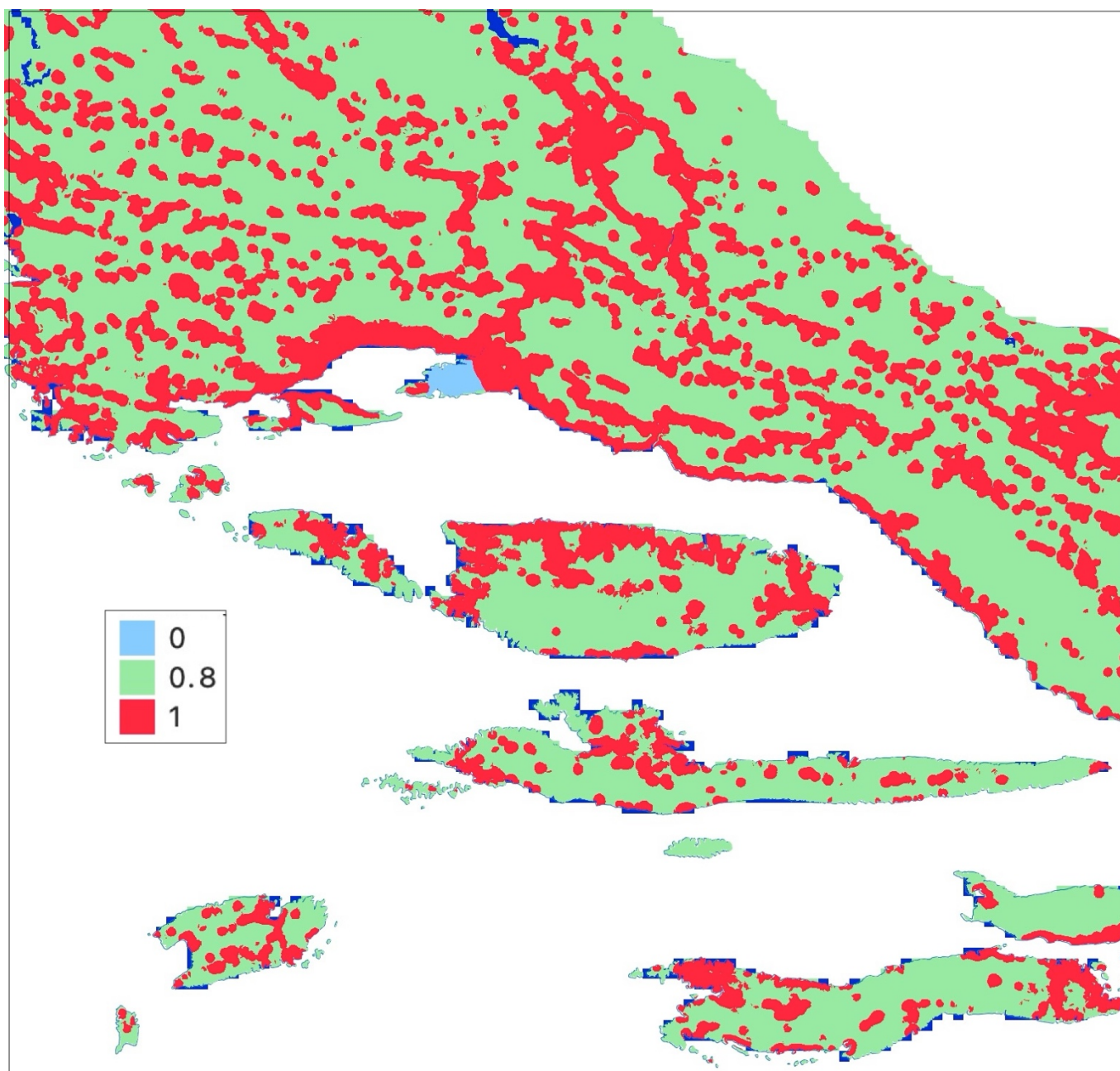


Slika 4. FirEUrisk karta ugroženosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava (EV) dobivena reklasifikacijom karte sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) na teritoriju Hrvatske

Kombinacijom ove karte i karte požarnih indikatora određenih prema FWI/ISI klasama mogu se dobiti dinamičke karte **požarne izloženosti**. Ponovo naglašavamo da je u FirEUrisk projekta povezivanje požarnih indikatora i izloženih vrijednosti potencijalom požarne izloženosti napravilo samo na razini pilot područja. Na razini Europe **požarna izloženost (FEP)** određivana **samo na temelju izloženih vrijednosti (EV)** što pretpostavlja da su požarni indikatori u svim područjima maksimalni i jednaki 1. To je možda i bolji pristup po principu najgore moguće situacije koji smatra da se u bilo kojem području može dogoditi požar koji će maksimalno ugroziti izložene vrijednosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava:

$$E \text{ (potencijal požarne izloženosti)} = EV \text{ (izložene vrijednosti)} \quad (2)$$

Nedostatak postupka je on uzima u obzir samo požarne vremenske uvjete koji mogu dovesti do požara, ali ne i izloženost emisijama dima koje proizvode veliki požari.



Slika 5. FirEURisk karta ugroženosti stanovništva, imovine i ekoloških sustava (EV) dobivena reklasifikacijom karte sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) na teritoriju Splitsko-dalmatinske županije

Osim toga stvarna procjena utjecaja požara na infrastrukturne objekte ovisi o specifičnim pragovima, koji su određeni zahtjevima projektiranja i metodama mjerenja svakog infrastrukturnog elementa za različite opasnosti i građevinske strukture. Ovi pragovi su definirani prema Eurokodovima⁷ su usklađeni skup normi za projektiranje građevinskih objekata i infrastrukturnih radova u Europskoj uniji. Tijekom posljednjih 30 godina razvio ih je Europski odbor za normizaciju kako bi obuhvatile projektiranje svih vrsta konstrukcija izrađenih od čelika, betona, drva, zidanih materijala i aluminija.

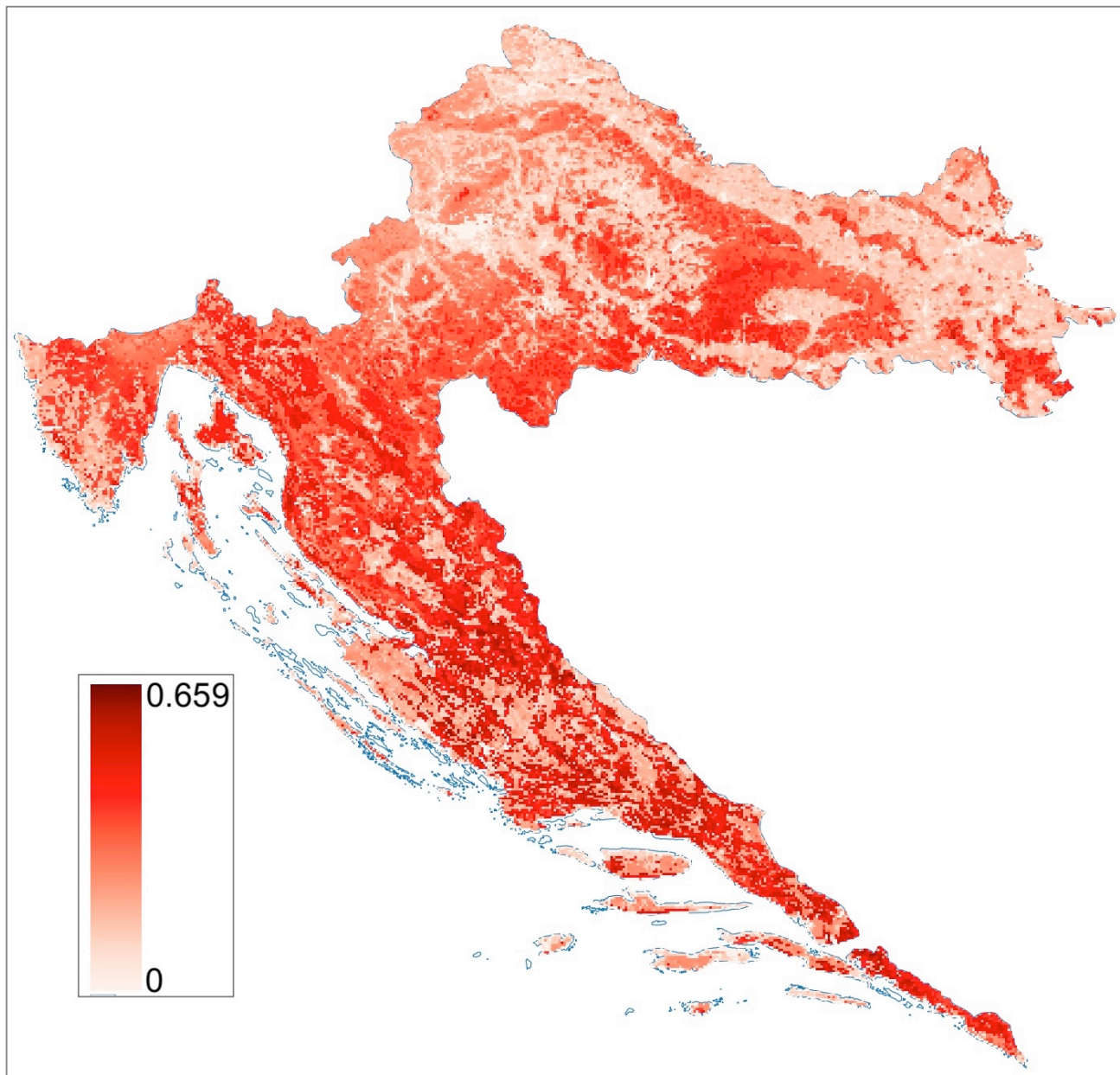
⁷ <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/en-eurocodes/eurocodes-family?id=13>

3. FirEUrisk integrirani indeks požarnog rizika

U skladu sa Slikom 1., **integrirani indeks požarnog rizika** (engl. *IRI – Integrated Risk Index*) računa se na temelju opasnosti od požara⁸ (engl. *D - Danger*), izloženosti (engl. *D - Exposure*) i ugroženosti⁹ (engl. *V - Vulnerability*). Predložena formula je:

$$IRI = (0,6 * D + 0,4 * V) * E \quad (3)$$

Slika 6. prikazuje kartu IRI za dan 30.7.2024. kada se dogodio veliki požar kod Tučepa.



Slika 6. FirEUrisk karta integriranog indeks požarnog rizika (IRI) za područje Hrvatske na dan 30.7.2024.g. kada se dogodio veliki požar kod Tučepa

⁸ Opis FirEUrisk načina određivanja indeksa opasnosti od požara objavit ćemo u posebnim diseminacijskim dokumentima.

⁹ Više detalja u (Stipaničev et al., 2025b).

4. Zaključak

Ovaj dokument je nastao na temelju istraživanja provedenih u Radnom paketu 1 projekta FirEUrisk Zadatku 1.2. posvećenom analizi ranjivosti i izloženosti, aktivnosti 1.2.1. **Metrika požarne izloženosti** koja se bavila analizom veličina koje utječu na požarnu izloženost. U radu radne grupe sudjelovali su istraživači: UAVR (Ana Isabel Miranda, Isabel Nunes, Hélder Relvas, and Diogo Lopes) and NCSR (Nadia Politi, Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetso).

U okviru istraživačkih aktivnosti projekta FirEUrisk, metodologija za kvantificiranje potencijalne izloženosti požaru temeljila se na povezanosti **vrijednosti izloženih požaru** (npr. stambeni objekti, cestovna mreža, raznolikost vegetacije i životinjskog svijeta, mreža Natura 2000 i populacija) s **prostornom raspodjelom požarnih parametara** (npr. intenzitet požarne linije, brzina širenja požara, atmosferske emisije i dim). Razrađena su tri postupka za procjenu požarne izloženosti:

- Prvi složeniji koji se temeljio na brojnim požarnim indikatorima vezanim uz propagaciju mogućeg požara i vrlo detaljnoj procjeni vrijednosti izloženih požaru. Postupak je primijenjen na razini pilot područja Barcelona, Španjolska.
- Drugi, nešto jednostavniji, koji je za požarne indikatore koristio vjerojatnost pojave ekstremnog rizika od požara prema kanadskim meteorološkim indeksima požarnog rizika (FWI, ISI), a za procjenu vrijednosti izloženih požaru kartu sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI). Postupak je primijenjen na razini pilot područja Attica, Grčka.
- Treći, najjednostavniji, primijenjen na razini Europe požarna izloženost je procjenjivana samo na temelju izloženih vrijednosti određenih na temelju karte sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI), pretpostavivši da su požarni indikatori u svim područjima maksimalni.

U skladu s ovim istraživanjima, u okviru ovog izvještaja izrađene su dvije nove karte izloženih vrijednosti i to:

- izložene vrijednosti požarima stanovništva i imovine i
- izložene vrijednosti požarima stanovništva, imovine i ekoloških sustava.

Izložene vrijednosti su prikazane kao bezdimenzionalne veličine u intervalu [0 , 1] i korištene kod proračuna FirEUrisk integriranog indeksa požarnog rizika.

Svi materijali dostupni uz ovaj izvještaj mogu se slobodno koristiti uz navođenje izvora u skladu s Copyrightom.

Literatura

- (Alcasena et al., 2016.) Alcasena, F.J., Salis, M., Vega-García, C., (2016.) A fire modeling approach to assess wildfire exposure of valued resources in central Navarra, Spain. *Eur. J. For. Res.* 135, 87–107. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0919-6>
- (Alcasena et al., 2017.) Alcasena, F.J., Salis, M., Ager, A.A., Castell, R., Vega-García, C., (2017.) Assessing wildland fire risk transmission to communities in northern Spain. *Forests* 8. <https://doi.org/10.3390/f8020030>
- (Beverly et al., 2021.) Beverly, J.L., McLoughlin, N., Chapman, E., 2021. A simple metric of landscape fire exposure. *Landsc. Ecol.* 36, 785–801. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01173-8>
- (Costa et al., 2014.) Costa, S., Ferreira, J., Silveira, C., Costa, C., Lopes, D., Relvas, H., Borrego, C., Roebeling, P., Miranda, A.I., Paulo Teixeira, J., (2014.) Integrating health on air quality assessment - Review report on health risks of two major European outdoor air pollutants: PM and NO₂. *J. Toxicol. Environ. Heal. - Part B Crit. Rev.* <https://doi.org/10.1080/10937404.2014.946164>
- (FirEUrisk-Task 1.2, 2023.) HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEOGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetsos), UdL (2023.). *D1.4 Report on Methodological Frameworks for Vulnerability Assessment (D, S) in FirEUrisk*, FirEUrisk Report, 2023.
- (Fusco et al., 2021.) Fusco, J., Walker, E., Papaix, J., Debolini, M., Bondeau, A. & Barnagaud, JY. (2021.) Land use changes threaten bird taxonomic and functional diversity across the Mediterranean basin: a spatial analysis to prioritize monitoring for conservation. *Frontiers in Ecology & Evolution* - 9:612356
- (Global WUI, 2020.) The Global Wildland-Urban Interface (WUI) – 2020, <https://silvis.forest.wisc.edu/globalwui/>
- (Hardy, 2005.) Hardy, C.C., 2005. Wildland fire hazard and risk: Problems, definitions, and context. *For. Ecol. Manage.* 211, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.029>
- (Miranda et al., 2005.) Miranda, A.I., Ferreira, J., Valente, J., Santos, P., Amorim, J.H., Borrego, C., 2005. Smoke measurements during Gestosa-2002 experimental field fires. *Int. J. Wildl. Fire* 14, 107–116. <https://doi.org/10.1071/WF04069>
- (Miranda et al., 2008.) Miranda, A.I., Amorim, J.H., Martins, V., Pimentel, C., Rodrigues, R., Tavares, R., Borrego, C., (2008.) Numerical modelling of the impact of wildland-urban interface fires on Coimbra air quality. *WIT Trans. Ecol. Environ.* 119, 333–342. <https://doi.org/10.2495/FIVA080331>
- (Sillero et al., 2014.) Sillero, N., J. Campos, A. Bonardi, C. Corti, R. Creemers, P.-A. Crochet, J. Crnobrnja Isailovic, M. Denoël, G. F. Ficetola, J. Gonçalves, S. Kuzmin, P. Lymberakis, P. de Pous, A. Rodríguez, R. Sindaco, J. Speybroeck, B. Toxopeus, D.R. Vieites, M. Vences (2014): Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe. *Amphibia-Reptilia* 35: 1-31.
- (Stipaničev et al., 2025a.) Stipaničev, D., Bugarić, M., Krstinić, D., Šerić, Lj., Braović, M. (2025.) Karte sučelja naseljenih i prirodnih područja divljine na teritoriju Hrvatske, FirEUrisk Dissemination Report, 2025. - <https://cipop.fesb.hr/index.php/fireurisk/karta-sucelja-naseljenih-i-prirodnih-podrucja-divljine-na-teritoriju-hrvatske>

- (Stipaničev et al., 2025b) Stipaničev, D., Bugarić, M., Krstinić, D., Šerić, Lj., Braović, M. (2025.) Požarna ranjivost kod proračuna FirEurisk požarnog rizika, FirEurisk Dissemination Report, 2025. - <https://cipop.fesb.hr/index.php/fireurisk/ranjivost-na-pozare-kod-proracuna-fireurisk-pozarnog-rizika>
- (Thompson et al., 2016.) Thompson, M.P., Zimmerman, T., Mindar, D., Taber, M., (2016.) Risk terminology primer: Basic principles and a glossary for the wildland fire management community, USDA Forest Service - General Technical Report RMRS-GTR.
- (Varela et al., 2018.) Varela, V., Sfetsos, A., Vlachogiannis, D., Gounaris, N., (2018.) Fire Weather Index (FWI) classification for fire danger assessment applied in Greece. Tethys, J. Weather Clim. West. Mediterrania 31–40. <https://doi.org/10.3369/tethys.2018.15.03>
- (WHO, 1999.) WHO, (World Health Organization), (1999.) Health guidelines for vegetation fire events. Geneva, Switzerland.