

Izhodiščno stanje ekosistemskih storitev na območjih izvajanja konkretnih akcij ohranjanja projekta LIFE-IP NATURA.SI

PRILOGA 2: Protokoli za oceno in kartiranje ekosistemskih storitev

Avtor (avtorji) / Author: Anže Japelj (GIS), Marjetka Šemrl (MNVP), Suzana Vurunić (ZGS)
Soavtorji / Co-authors: Andreja Ferreira, Andrej Kobler, Pia Höfferle, Anže Martin Pintar, Kaja Plevnik, dr. Lado Kutnar (GIS), Domen Kocjan (MNVP)

Ljubljana, december 2024

www.natura2000.si



LIFE-IP NATURA.SI



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR



LIFE integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji (LIFE17 IPE/SI/000011) sofinancirajo Evropska unija v okviru programa LIFE, Ministrstvo za naravne vire in prostor ter partnerji. Za vsebino tega gradiva so odgovorni samo avtorji. Ta vsebina ne odraža nujno mnenja Evropske unije. Zato za vsebino in iz nje izhajajočo morebitno uporabo informacij Evropska izvajalska agencija za podnebje, infrastrukturo in okolje ter Evropska komisija ne prevzemata odgovornosti.

KAZALO

1. OSKRBOVALNE EKOSISTEMSKE STORITVE.....	4
1.1. REJA ŽIVALI IN NJIHOVI PRODUKTI ZA HRANO (TRAVNIŠKA BIOMASA)	4
1.2. PROSTOŽIVEČE RASTLINE ZA MATERIAL IN ENERGIJO – LES	5
1.2.1. <i>Prostoživeče rastline za material – les.....</i>	<i>Napaka! Zaznamek ni definiran.</i>
1.2.2. <i>Prostoživeče rastline za energijo – les.....</i>	6
1.3. GENSKI MATERIAL	7
1.4. VODA ZA PITJE	8
2. URAVNALNE EKOSISTEMSKE STORITVE.....	10
2.1. BIOREMEDIACIJA, FILTRACIJA IN SHRANJEVANJE ONESNAŽIL	10
2.2. URAVNAVANJE EROZIJE TAL	13
2.3. VZDRŽEVANJE KROŽENJA IN PRETOKA VODE TER VARSTVO PRED POPLAVAMI	15
2.4. OPRAŠEVANJE IN RAZNOS SEMENJA.....	18
2.5. ZMANJŠANJE KONCENTRACIJE TOPLOGREDNIH PLINOV	19
2.6. URAVNAVANJE PODNEBJA NA LOKALNI IN REGIONALNI RAVNI	21
3. KULTURNE EKOSISTEMSKE STORITVE.....	23
3.1. REKREACIJA IN ODDIH TER ESTETSKA VLOGA KRAJINE	23
3.2. ZNANSTVENA IN IZOBRAŽEVALNA VLOGA PROSTORA	26
3.3. SIMBOLIČNA VREDNOST KRAJINE	28

Seznam uporabljenih okrajšav

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
CICES	Common international classification of ecosystem services
ESDAC	European Soil Data Centre
GLS	gozdni lesni sortiment
GURS	Geodetska uprava Republike Slovenije
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KIS	Kmetijski inštitut Slovenije
LIFE-IP NATURA.SI	LIFE Integriran projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji
MKGP	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
SURS	Statistični urad Republike Slovenije
TIC	Turistično-informacijski center
ZGS	Zavod za gozdove Slovenije

1. Oskrbovalne ekosistemske storitve

1.1. Reja živali in njihovi produkti za hrano (travniška biomasa)

Utemeljitev ES

Travinje zagotavlja pomemben vir krme in stelje za rejo živali (živino). Travniško biomaso v največji meri pridobivamo na različnih kategorijah travniških rab, in sicer jo bodisi odkosimo ter shranimo bodisi jo pase živina na prostem. V manjšem obsegu tudi na travniških sadovnjakih in mešanih kmetijsko-gozdarskih rabah tal.

Definicija ES po CICES (ES 1.4)

»Rejene živali (govedo, perutnina, drobnica, perjad, prašiči, konji, osli, čebele, druge žuželke), ki so vhlavljen ali na prostem (paša, čebelnjaki) za prehrano človeka (meso, mleko, jajca, med).«

Kazalnik ES

Kazalnik **razpoložljivosti** te ES je opredeljen kot proizvodna sposobnost travinj za prirast (proizvodnjo) travniške biomase:

- prirast mase travinja za pašo rejenih živali oziroma odkos in spravilo (kg/ha leto).

Ocena kazalnika temelji na dveh korakih, in sicer na oceni potencialnega pridelka travinja ob optimalnih pogojih, ki temelji na (1) dolžini vegetacijske dobe ter modelskih prirastnih enačb za različne kategorije travniških rab; in (2) korekcijah te ocene glede na padavine ter lokalne topografske razmere.

Metoda ocene kazalnika

Izračun potencialnega pridelka travinja temelji na prirastnih enačbah, ki so opredeljene za posamezne kategorije travniške rabe. Za izračun letnega prirasta travniške biomase je potreben podatek o kategorijah rabe tal in podatek o dolžini vegetacijske dobe, ki ponazarja število dni s povprečno dnevno temperaturo vsaj 5 °C. Izračun temelji na podatkih o povprečni dnevni temperaturi (ARSO). Prirastna enačba omogoča oceno v dt (decitonah; 10 dt = 1 t), zato je treba količine, če jih želimo v tonah, deliti z 10.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj je opredeljen ključni vir podatkov za oceno kazalnika ES reja živali in njihovi produkti za hrano – travniška biomasa.

Preglednica 1: Viri podatkov za oceno kazalnika ES reja živali in njihovi produkti za hrano – travniška biomasa

Vsebina podatka	Vir podatkov
Raba tal	Evidenca dejanske rabe tal (MKGP)
Oblika terena	Digitalni model višin (GURS)
Povprečne letne padavine	Podatki o preteklih padavinah (ARSO)
Povprečne dnevne padavine	Podatki o preteklih padavinah (ARSO)
Povprečne dnevne temperature	Podatki o preteklih temperaturah (ARSO)

1.2. Prostoživeče rastline za material in energijo – les

Obravnava te ES zajema sva vidika, ki se med seboj razlikujeta predvsem v smislu vira podatkov oziroma, zato jo prikazujemo po dveh elementih – les kot material in les kot vir energije.

1.2.1. PROSTOŽIVEČE RASTLINE ZA MATERIAL – LES

Utemeljitev ES

Les predstavlja enega ključnih naravnih materialov oziroma surovin in je hkrati obnovljiv vir. V največji meri ga pridobivamo v gozdovih, deloma pa tudi na zemljiščih drugih rab, kot so zaraščajoče kmetijske površine, mejice, z drevjem porasla aktivna kmetijska zemljišča (pašniki in travniki), obvodni pasovi, ruševje s posamičnim drevjem in gozdne plantaže.

Definicija ES po CICES (ES 1.8)

»Samonikle vodne in kopenske rastline (tudi glive in alge), ki se uporabljajo kot surovina (npr. vlakna (lesni izdelki, papir, tekstil, protje), izolativni materiali (lesna vlakna, trstičje, slama praproti), snovi za nadaljnjo predelavo v različne snovi, kot so veziva, topila, strojila, barvila ...), trstičje za kritje streh in gradnjo objektov.«

Kazalnik ES

Za ES prostoživeče rastline za material – les je opredeljen 1 kazalnik in sicer za dejansko razpoložljivost ES. Posek je namreč zaradi zagotavljanja trajnosti prirastka omejen z etatom. Les za material (tehnični les) vključuje tri splošne kategorije gozdnih lesnih sortimentov (GLS): hlodi za žago in furnir, les za celulozo in plošče in drug okrogel industrijski les.

Metoda in viri podatkov za oceno kazalnika

Pri oceni tega kazalnika izhajamo iz razpoložljivih podatkov sistematičnih zbirk ali preteklih raziskav na posamičnih študijskih primerih. Ne predvidevamo uporabe kompleksnejših modelskih pristopov napovedovanja vrednosti kazalnika. V preglednici so nanizani potencialni viri podatkov za oceno kazalnika ES.

Preglednica 2: Viri podatkov za oceno kazalnikov ES prostoživeče rastline za material - les

Kazalnik ES	Gozd in ostala gozdna zemljišča
Dejanska razpoložljivost [m ³ /ha leto]	ZGS: zbirka podatkov o oddelkih / odsekih: LETNI ETAT [2021]

1.2.2. PROSTOŽIVEČE RASTLINE ZA ENERGIJO – LES

Utemeljitev ES

Les je pomemben obnovljiv vir energije, ki ga pridobivamo predvsem iz gozda, hkrati pa tudi iz drugih rab, kot so kmetijske površine in deloma tudi pozidane površine (npr. obhišni vrtovi). ES oskrba z lesom spada v skupino oskrbovalnih ES.

Definicija po CICES (ES 1.9)

»Samonikle vodne in kopenske rastline (tudi glive in alge), ki se uporabljajo kot vir energije (les, listni opad, gozdno podrastje ...).«

Kazalnik ES

Za ES prostoživeče rastline za energijo - les je opredeljen 1 kazalnik in sicer za dejansko razpoložljivost ES. Posek je namreč zaradi zagotavljanja trajnosti prirastka omejen z etatom. Prostoživeče rastline za energijo – les vključuje kategorijo:

- les za kurjavo.

V primeru, da za letni etat ni na razpolago podatkov o količinskem deležu za kategorij 'les za energijo', lahko delež ocenimo bodisi na podlagi:

- statistike na državni ravni (SURS) bodisi
- ocene strukture GLS na regionalni ravni (ZGS).

Metoda in viri podatkov za oceno kazalnika

Pri oceni tega kazalnika izhajamo iz razpoložljivih podatkov sistematičnih zbirk ali preteklih raziskav na posamičnih študijskih primerih. Ne predvidevamo uporabe kompleksnejših modelskih pristopov napovedovanja vrednosti kazalnika. V preglednici so nanizani potencialni viri podatkov za oceno kazalnika ES.

Preglednica 3: Viri podatkov za oceno kazalnikov ES prostoživeče rastline za energijo - les

Kazalnik ES	Gozd in ostala gozdna zemljišča
Dejanska razpoložljivost [m ³ /ha leto]	ZGS: zbirka podatkov o oddelkih / odsekih: LETNI ETAT [2021]

1.3. Genski material

Utemeljitev ES

Genetska pestrost ima ključno vlogo pri ohranjanju zdravih in odpornih gozdnih ekosistemov in posredno prispeva tudi k blaginji človeka. Hkrati lahko z žlahtnjenjem drevesnih vrst krepimo lastnosti drevja, ki prispevajo k večjim prirastkom sestojev in kakovosti lesa. Postaja pa genetska pestrost vedno bolj pomembna tudi zaradi učinka podnebnih sprememb, saj so se genetsko raznolike populacije bolje sposobne prilagajati spremenjenim ravnim pogojem kot tiste z bolj enovitim genetskim materialom.

Definicija ES po CICES (ES 1.14)

»Semena in drug genetski material, ki ga je mogoče uporabiti za ohranjanje ali vzpostavitev novih populacij.«

Kazalnik ES

Razpoložljivost ES genetska pestrost ocenimo na podlagi kazalnika:

- prisotnost semenskih sestojev.

V skladu s 4. čl. Zakona o gozdnem reprodukcijskem materialu (UR.L. št. 58/02, 85/02, 77/11) so gozdni semenski objekti izhodiščni material, iz katerih se pridobiva reprodukcijski material, ki po 3. čl. zajema semenski material, dele rastlin in sadilni material, ti pa se uporabljajo za obnovo gozdov s sadnjo in setvijo, pogozdovanje, ... , snovanje in vzdrževanje plantaž gozdnega drevja.

Semenski material so semena, storži, plodovi in soplodja, namenjeni setvi oziroma vzgoji sadik. Po 27. čl. Zakona so tipi gozdnih semenskih objektov skupina semenjakov, semenski sestoj (v nadaljnjem besedilu: sestoj), semenska plantaža, starši družine, klon ali mešanica klonov. V tej raziskavi se v skladu s predvideno definicijo ES genetska pestrost osredotočamo na semenske sestoe.

Register semenskih objektov vzpostavi in vodi Gozdarski inštitut Slovenije, zato je ta register izvirna zbirka podatkov za oceno kazalnika ES. To pomeni, da ES genetska pestrost ocenimo le za gozdove.

Metoda ocene kazalnika

Register semenskih objektov¹ vzpostavi in vodi Gozdarski inštitut Slovenije, zato je ta register izvirna zbirka podatkov za oceno kazalnika ES. Ocena ES se torej pokaže kot prostorski podatek o lokaciji posameznih semenskih sestojev in tistih tipov gozdnih semenskih objektov, ki so zajeti v registru.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj so opredeljeni ključni viri podatkov za oceno kazalnika ES genetski viri.

Preglednica 4: Viri podatkov za oceno kazalnika ES Genetski viri.

Vsebina podatka	Vir podatkov	Format podatkov
Lokacije semenskih sestojev (in tipov gozdnih semenskih objektov, ki so v registru)	Register semenskih objektov (GIS) [2023]	Poligoni/točkovni objekti, drevesna vrsta

¹ <https://gozdis.si/f/IMG/File/Seznam-gozdnih-semenskih-objektov/Seznam-GSO-URL-Jan-2023.pdf>

1.4. Voda za pitje

Utemeljitev ES

Sposobnost ekosistemov, da padavinsko vodo deloma zadržijo bodisi na rastlinju bodisi v tleh in tako zmanjšajo neposredni površinski odtok je ključna za učinkovitejše njeno pronicanje v nižje plasti tal in nato v podtalje, kjer lahko polni vodonosnik. Hkrati lahko ekosistemi delujejo kot naravni filtri, ki iz vode odstranjujejo onesnaževala in nečistoče, ko ta prehaja skozi rastlinje in sedimente. Ta proces filtriranja pomaga izboljšati kakovost vode in zmanjšati potrebo po dragi obdelavi vode. Ob tem predvsem gozdovi in mokrišča v obdobjih obilnega deževja ali taljenja snega delujejo kot gobe, ki shranjujejo vodo in jo počasi sproščajo, kar pomaga preprečevati poplave in ohranja enakomeren pretok vode v sušnih obdobjih.

Definicija ES po CICES (ES 1.15)

»Naravna površinska in podzemna (podtalna) vodna telesa, ki so vir pitne vode ter uravnavanje vodnih tokov v smislu količine razpoložljive vode, ki jo lahko uporabimo.«

Kazalnik ES

Razpoložljivost ES uravnavanje površinskih in podzemnih vodnih tokov ter pitna voda ocenimo na podlagi dveh kazalnikov:

- obseg letnega napajanja podzemne vode [mm/leto] iz padavinske vode (dež, sneg, ...),
- sprememba mesečnega napajanja podzemne vode zaradi spremembe rabe tal.

Metoda ocene kazalnika

Prvi kazalnik ES ocenimo s pomočjo modelskega pristopa mGROWA, ki je regionalni vodno-bilančni model s 100 m prostorsko in dnevno oziroma mesečno časovno natančnostjo. Temeljni vhodni podatki za izračun vodne bilance so meteorološki podatki o padavinah, potencialnem izhlapevanju in temperaturi, podatki o rabi tal, reliefu, kamninski podlagi, pedoloških značilnostih, prisotnosti neprepustnih površin, odvodnjavanju in zastajanju vode.

V prvem koraku se oceni skupni odtok, ki se izračunava hkrati z dejansko dnevno evapotranspiracijo. Neto mesečni skupni odtok predstavlja tisti del padavin, ki površinsko ali podpovršinsko odteče v vodotoke. Nato se oceni mesečno napajanje podzemne vode, ki pa je rezultat ločevanja skupnega odтока na:

- neposredni odtok, in
- napajanje podzemne vode.

Zmožnost napajanja podzemne vode predstavlja tisti delež skupnega odтока vode, ki prehaja v nižjeležeč vodonosnik. Ocena tega deleža temelji na vrednosti baznega pretoka, ki je opredeljen za daljše obdobje, in sicer tako, da se določi lastnosti, ki vplivajo na vrednosti baznega pretoka. Vpliv spremembe rabe tal oziroma oceno drugega kazalnika ES se pripravi na podlagi primerjave dveh oziroma več modelskih ocen (mGROWA), kjer je sloj rabe tal spremenljivka z različnimi prostorskimi deleži različnih rab tal. Tolikokrat kolikor je alternativ rabe tal, tolikokrat zaženemo model in nato izide modela med seboj primerjamo.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj je opredeljen ključni vir podatkov za oceno kazalnika ES uravnavanje površinskih in podzemnih vodnih tokov ter pitna voda

Preglednica 5: Viri podatkov za oceno kazalnika ES uravnavanje površinskih in podzemnih vodnih tokov ter pitna voda

Vsebina podatka	Vir podatkov
Raba tal	Evidenca dejanske rabe tal (MKGP)
Oblika terena	Digitalni model višin (GURS)
Povprečne letne padavine	Podatki o preteklih padavinah (ARSO)
Povprečne dnevne padavine	Podatki o preteklih padavinah (ARSO)
Povprečne dnevne temperature	Podatki o preteklih temperaturah (ARSO)

2. Uravnalne ekosistemske storitve

2.1. Bioremediacija, filtracija in shranjevanje onesnažil

Utemeljitev ES

Zadrževanje hranil, ki delujejo kot onesnažila v ekosistemih je ključno za blaženje izpiranja hranil v vodotoke oziroma podtalje in zagotavljanja kakovosti voda. Predvsem naravni ekosistemi imajo lahko znatno kapaciteto vgrajevanja dušika v rastlinsko biomaso ter topnih oblik v tleh in tako preprečujejo njihov prenos v vodotoke. Še posebej mokrišča in obvodni ekosistemi so ključni, saj so v neprestanem stiku z vodo hkrati pa običajno 'vsebujejo' obilico rastlinja in preprostejših organizmov (npr. bakterije), ki porabljajo hranila za rast in razmnoževanje. Odstranjevanje hranil – v tem primeru dušika – zmanjšuje vsebnost nitratov v vodi in dviguje njeno kakovost. Nitrati v pitni vodi predstavljajo tveganje za človeško zdravje. Virov dušika je namreč precej, največji prispevek pa je antropogenega nastanka – gnojenje ter mokra in suha depozicija iz ozračja.

Definicija ES po CICES (ES 2.1)

»Vezava in shranjevanje organskih ali anorganskih snovi v rastlinah, živalih, bakterijah, glivah ali algah, kar ublaži škodljive učinke teh snovi in zmanjša stroške odstranjevanja z drugimi načini.«

Kazalnik ES

ES zadrževanje onesnažil ocenimo s kazalnikom razpoložljivosti ES:

- količina onesnažil (dušika), ki jo zadržijo ekosistemi.

Metoda ocene kazalnika

Za oceno kazalnika lahko uporabimo modelsko orodje InVEST *Nutrient Delivery Ratio* (NDR). Model temelji na pristopu masnega ravnotežja, ki opisuje gibanje hranil v prostoru. Za razliko od bolj izpopolnjenih modelov hranil, ta ne zajema podrobnosti o krogotoku hranil, temveč opisuje dolgoročni tok hranil v stanju dinamičnega ravnovesja preko empiričnih povezav. Viri hranil v krajini – depozicija hranil –, so določeni na podlagi karte rabe tal in s tem so povezane tudi stopnje depozicije. Depozicijo je mogoče deliti na sedimentno vezane in raztopljene deleže, ki jih premeščajo bodisi površinski bodisi podzemni tokovi. Ta korak je neobvezen – lahko modeliramo le na podlagi površinskega odtoka. V drugem koraku je mogoče za vsak piksel izračunati faktorje premeščanja, ki temeljijo na lastnostih piksla, ki pripada isti poti toka (zlasti nagib terena in učinkovitost zadrževanja glede na rabo tal). Na ravni vodozbirnega območja se iznos hranil izračuna kot vsota prispevkov na ravni posameznih pikslov.

Opis modela in postopek izračuna je podrobno opisan v priročniku orodja InVEST (Natural Capital Project, 2015), na kratko pa model teče v nekaj korakih:

- ocena količine depozicije dušika (*nutrient load*), ki je korigirana s potencialnim izpiranjem,
- ocena deleža dušika, ki bo izpran v vodotok (*nutrient delivery*), ki se deli na del, ki je vezan na sediment (površinsko izpiranje), ter del, ki je raztopljen v talni raztopini (podpovršinsko izpiranje),
- iznos dušika iz vodozbirnega območja (*nutrient export*) je seštevek prispevkov dušika iz vsakega piksla (za površinsko in podpovršinsko izpiranje).

Vrednost sinteznega kazalnika določimo na podlagi modelske (NDR) ocene skupne depozicije dušika in skupnega iznosa dušika iz vodozbirnega območja, in sicer tako, da drugo vrednost (*n_total_export.tif*) odštejemo od prve (*modified_load_n.tif*) (v *intermediate* output folder) ter tako dobili količine zadržanega dušika.

Vhodni parametri za oceno modela so:

- **dejanska raba tal (DMV)** (raster; koda za vsako rabo tal)
- **digitalni model višin** (raster 100x100 m; n.m.v.; [m])
- **indeks izpiranja hranil** (približek je količina padavin)

(raster 100x100m; vrednosti med 0 in 1, ki so izračunane z normalizacijo vrednosti povprečnih letnih padavin)

- **vodozbirno območje** (poligon; zaporedna številka poligona; [ws_id]; na podlagi DMV)
- **biofizikalna preglednica** (.csv), ki vsebuje:
 - kodo rabe tal (vrednost; kategorije rabe tal; [nominalna spremenljivka – koda])
 - depozicija dušika za vsako kategorijo rabe tal iz treh virov – gnojenje, mokra in suha depozicija, biološka fiksacija dušika (vrednost; [kg/ha leto]; vir KIS (2016)²)
 - največja zadrževalna učinkovitost za vsako kategorijo rabe tal (vrednost; indeks med 0 in 1; [razmernostna spremenljivka])
 - mejna razdalja po kateri zaplata določene rabe tal doseže največjo kapaciteto zadrževanja dušika; če dušik preide razdaljo, ki je manjša od mejne razdalje bo zadrževalna učinkovitost manjša od maksimalne (vrednost; razdalja v m; [razmernostna spremenljivka])
 - delež v talni raztopini raztopljenih hranil za vsako kategorijo rabe tal (vrednost; indeks med 0 (ves dušik prehaja s površinskim tokom) in 1 (ves dušik prehaja s talno raztopino, torej v podtalju); [razmernostna spremenljivka]; vir InVEST default data – pred-nastavljena vrednost 0)

• **podpovršinska učinkovitost zadrževanja**, je največja učinkovitost zadrževanja, ki jo je mogoče doseči za podpovršinski tok; je rezultat biokemične razgradnje dušika v tleh (vrednost; indeks med 0 in 1; [razmernostna spremenljivka])

- **kritična razdalja v podpovršju** je razdalja po kateri je dosežena največja kapaciteta zadrževanja dušika v tleh

(vrednost; razdalja v m; [razmernostna spremenljivka])

- **mejni prag akumulacije** – število rastrskih celic gorvodno, ki morajo 'teči' v rastrsko celico, da so lahko obravnavane kot vodotok; to se uporabi pri klasifikaciji vodotokov iz DMV (vrednost; [razmernostna spremenljivka]; vrednost = 1/površina piksla [km²])
- **Borselli-jev paramter k**, ki opredeli povezavo med hidrološko povezanostjo (stopnja povezanosti med zaplatami kopnega in vodotokom) in razmerjem prispelega dušika (delež dušika, ki prispe do vodotoka)

(vrednost; [razmernostna spremenljivka]; vir InVEST default data – pred-nastavljena vrednost 2)

Preglednica 6: Biofizikalna preglednica

Koda	Dejanska raba tal	Neto bilanca dušika [kg/ha leto]	Zadrževalna učinkovitost [indeks]	Mejna razdalja [m]	Delež v talni raztopini [%]
1	njiva	11.275 ¹	0.25	150	0.3
2	trajne rastline na njivskih površinah	10.000	0.35	150	0.3
3	rastlinjak	17.690 ¹	0.35	150	0.3
4	vinograd	10.000	0.35	150	0.3
5	intenzivni sadovnjak	9.958 ¹	0.35	150	0.3
6	ekstenzivni oz. travniški sadovnjak	3.100	0.30	150	0
7	trajni travnik	4.000	0.40	150	0

² Kmetijski inštitut Slovenije. 2016. Podatkovna zbirka – neto bilanca dušika na kmetijskih zemljiščih.

8	kmetijsko zemljišče v zaraščanju	3.000	0.50	150	0
9	plantaža gozdnega drevja	1.800	0.70	150	0
10	drevesa in grmičevje	2.000	0.50	150	0
11	neobdelano kmetijsko zemljišče	2.000	0.05	150	0
12	kmetijsko zemljišče poraslo z gozdnim drevjem	2.000	0.45	150	0
13	gozd	1.800	0.80	150	0
14	pozidano in sorodno zemljišče	7.700	0.05	150	0
15	trstičje	2.000	0.80	150	0
16	ostalo zamočvirjeno zemljišče	2.000	0.80	150	0
17	suho odprto zemljišče	4.000	0.10	150	0
18	odprto zemljišče	4.000	0.05	150	0
19	voda	0.001	0.05	150	0

¹ Podatki po KIS (2016), ostali so povzeti po pred-pripravljeni podatkovni zbirki podatkov InVEST.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj so opredeljeni ključni viri podatkov za oceno kazalnika ES Zadrževanje onesnažil.

Preglednica 7: Viri podatkov za oceno kazalnika ES Zadrževanje onesnažil

Element kazalnika ES	Vir podatkov
Dejanska raba tal	Evidenca dejanske rabe tal (MKGP) [2023]
Oblika terena	Digitalni model višin (GURS) [2023]
Povprečne letne padavine	Podatki o preteklih padavinah (ARSO) [2023]
Depozicija dušika	Bilanca dušika na kmetijskih zemljiščih KIS
Učinkovitost zadrževanja dušika	Pärn et al. (2012) cit. po Natural Capital Project (2015)
Mejna razdalja zadrževanja dušika	Mayer et al. (2007) cit. po Natural Capital Project (2015)
Delež dušika v talni raztopini	Pred-nastavljeno na vrednost 0
Največja podpovršinska učinkovitost zadrževanja dušika	Pärn et al. (2012) cit. po Natural Capital Project (2015)
Kritična razdalja v podpovršju	Pärn et al. (2012) cit. po Natural Capital Project (2015)
Mejni prag akumulacije	Digitalni model višin (GURS) [2023] in Priloga 1 v opisu modela NDR
Borsellijev parameter k	Pred-nastavljeno na vrednost 2

2.2. Uravnavanje erozije tal

Utemeljitev ES

Zmanjševanje izgube tal (erozija) zaradi učinka stabilizacije zemljine, ki ga omogočajo predvsem rastline in glive, blaži ali celo preprečuje potencialno okoljsko škodo. Izguba tal je namreč eden ključnih izzivov trajnostnega upravljanja z ekosistemi, predvsem v kmetijstvu in tudi v gozdarstvu. Sposobnost blaženja erozije je odvisna predvsem od tipa rastlinstva, hkrati pa na dovzetnost tal za erozijo vplivajo tudi moč in trajanje padavin, tip tal, naklon terena, ter vpliv človeka v smislu načina upravljanja z ekosistemi – obdelava kmetijskih tal, način gospodarjenja z gozdovi, gradnja infrastrukture in poselitve.

Definicija ES po CICES (ES 2.5)

»Sposobnost rastlinskega pokrova, da blaži ali preprečuje (vodno, vetrno, gravitacijsko) erozijo tal.«

Kazalnik ES

Vpliv vegetacijskega pokrova na erozijo tal ocenimo kot njegov učinek na preprečeno erozijo tal v primerjavi z razmerami ogolele površine, kazalnik te **razpoložljivost** ES je:

- zadržana (preprečena) erozija tal [t/ha leto].

Erozijo povzroča padavinska voda, ki s svojo močjo loči delce tal in jih prenaša navzdol po nagnjenem terenu oz. nižje v vodozbirnih območjih. V tem primeru se osredotočamo le na vodno erozijo, oziroma del erozije, ki jo povzroči padavinska voda (dež) in ne obravnavamo drugih vzrokov vodne erozije (npr. taljenje snega ali obrežna erozija).

Zadržana erozija predstavlja preprečeno erozijo tal območja v primerjavi z golimi tlemi, kjer rastlinski pokrov ni razširjen.

Metoda ocene kazalnika

Kazalnik ES uravnavanje erozije tal izračunamo s t.i. modelom RUSLE (*revised universal soil loss equation*), s pomočjo katerega lahko količino zadržane erozije izračunamo s primerjavo obsega erozije v primeru golih tal in erozijo v primeru dejanske rabe tal, kjer je prisotno tudi rastlinstvo.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj so opredeljeni ključni viri podatkov za oceno kazalnika ES uravnavanje erozije tal.

Preglednica 8: Viri podatkov za oceno kazalnika ES uravnavanje erozije tal

Vsebina podatka	Vir podatkov
Oblika terena	Digitalni model višin (GURS) [2023]
Erozijska moč padavin (faktor R)	Karta vrednosti indeksa erozijske moči dežnih padavin (ESDAC) [2023]
Dovzetnost tal za dežno erozijo (faktor K)	Karta dovzetnosti tal za dežno erozijo (ESDAC) [2023]
Raba tal	Evidenca dejanske rabe tal (MKGP) [2023]
Vodozbirno območje	Digitalni model višin (GURS) [2023]
Biofizikalni podatki: - koda rabe tal (vrednost; kategorije rabe tal) - tip rastlinskega pokrova – faktor C - vrsta upravljanja z rabo tal – faktor P	- evidenca dejanske rabe tal (MKGP) [2023] - faktor C (ESDAC) [2023] - faktor P (ESDAC) [2023]

Mejni prag akumulacije (število rastrskih celic gorvodno, ki morajo 'teči' v rastrsko celico, da so lahko obravnavane kot vodotok)	Cavalli in sod. (2013) cit. po Natural Capital Project (2015)
kb in IC ₀ (kalibracijska parametra, ki določata povezljivost zaplat različnih rab tal in vodotokov)	Vigiak in sod. (2012) cit. po Natural Capital Project (2015)
Maksimalna vrednost deleža erodiranih tal (funkcija texture tal)	Vigiak in sod. (2012) cit. po Natural Capital Project (2015)
Odtoki (opcijsko)	Umetno osnovani deli infrastrukture, po katerih se lahko odvija odtok (cestni jaški, cevovod za meteorno vodo ipd.)

2.3. Vzdrževanje kroženja in pretoka vode ter varstvo pred poplavami

Utemeljitev ES

Prispevek ekosistemov k varstvu pred poplavami se izraža skozi ekosistemsko storitev, ki uravnava odtok padavinskih voda. Ta izhaja iz sposobnosti ekosistemov, da zadržijo del padavinske ali tekoče vode. S tem se zmanjšuje ali preprečuje odtekanje vode po površini ter blažijo učinki poplav.

Definicija ES po CICES (ES 2.6)

Regulacija maksimalnih pretokov vode. Storitev regulacije maksimalnih pretokov vode je doprinos ekosistemov k regulaciji pretokov rek in podtalnice ter gladin jezerske vode. Izvira iz zmožnosti ekosistemov, da absorbirajo in shranjujejo vodo ter tako omilijo učinke poplav in drugih ekstremnih vodnih dogodkov. Storitve blaženja maksimalnih pretokov skupaj s storitvijo blaženja učinka rečnih poplav zagotavljajo varstvo pred poplavami.

Kazalnik ES

Varstvo pred poplavami je ES, kjer obravnavamo sposobnost zadrževanja padavinskega odтока v 12-urnem višku padavin na izbranem območju.

Metoda ocene kazalnika

Za oceno izbranega kazalnika lahko uporabimo modelsko orodje InVEST »Urban Flood Risk Mitigation«. Ta model se osredotoča na elemente v okolju, ki imajo sposobnost zmanjševanja poplavne ogroženosti in je primeren za enkratne dogodke z večjimi količinami vode. Na podlagi vhodnih podatkov model izračuna delež zmanjšanja odтока, količino ter prostornino zadržanega odтока padavinske vode v določenem višku padavin.

Opis modela in postopek izračuna je podrobno opisan v priročniku orodja InVEST (cit. po Natural Capital Project, 2015), na kratko pa model teče v nekaj korakih:

- ocena odтока (Q) padavinske vode po formuli:

$$Q_{p,i} = \begin{cases} \frac{(P - \lambda S_{max,i})^2}{P + (1 - \lambda)S_{max,i}} & \text{if } P > \lambda \cdot S_{max,i} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

kjer P predstavlja višino padavin, $S_{max,i}$ predstavlja maksimalen potencial zadrževanja in λ predstavlja koeficient začetnih izgub, s konstantno vrednostjo $\lambda = 0,2$.

$S_{max,i}$ je funkcija koeficienta CN, ki je brezdimenzijski koeficient. Z njim opisujemo odtočne razmere posameznih površin, in je osnovni parameter t.i. empirične metode SCS za izračun padavinskih izgub. V hidrologiji se uporablja za oceno površinskega odтока, ki ga povzroči določena količina padavin. Ocenjujemo ga na podlagi rabe tal, hidroloških pogojev in hidrološkega tipa tal (Heco, 2015).

- Na podlagi podatka ocene odтока (Q) izračunane po zgornji formuli se v naslednjem koraku izračuna sledeče rezultate:
 - delež zmanjšanja padavinskega odтока na slikovno točko
 - prostornino zadržanega odтока padavinske vode na slikovno točko
 - prostornino odтока padavinske vode na slikovno točko

Vhodni podatki za oceno modela so:

- dejanska raba tal** (raster; koda za vsako rabo tal)

- **hidrološka skupina tal** (raster; koda za vsako skupino tal)
- **12-urna višina padavin s povratno dobo 50 let za obdobje 1961-2000** (srednja vrednost; količina v mm)
- **biofizikalna preglednica** (.csv; Preglednica 1), ki vsebuje:
 - kodo rabe tal (vrednost)
 - kategorijo rabe tal (opis)
 - vrednost CN koeficienta za hidrološki tip tal A za izbrano rabo tal (vrednost, med 0 in 100)
 - vrednost CN koeficienta za hidrološki tip tal B za izbrano rabo tal (vrednost, med 0 in 100)
 - vrednost CN koeficienta za hidrološki tip tal C za izbrano rabo tal (vrednost, med 0 in 100)
 - vrednost CN koeficienta za hidrološki tip tal D za izbrano rabo tal (vrednost, med 0 in 100)

Vrednosti podane v Preglednici 6 so primerne za območja z naklonom do 5 % (Heco, 2015).

Preglednica 9: Biofizikalna preglednica

Koda	Dejanska raba tal	CN A	CN B	CN C	CN D
1	njiva	74	83	88	90
2	trajne rastline na njivskih površinah	67	78	85	89
3	rastlinjak	67	78	85	89
4	vinograd	32	58	71	79
5	intenzivni sadovnjak	32	58	71	79
6	ekstenzivni oz. travniški sadovnjak	32	58	71	79
7	trajni travnik	30	58	71	78
8	kmetijsko zemljišče v zaraščanju	35	56	70	77
9	plantaža gozdnega drevja	32	58	71	79
10	drevesa in grmičevje	30	48	65	73
11	neobdelano kmetijsko zemljišče	74	83	88	90
12	kmetijsko zemljišče poraslo z gozdnim drevjem	57	73	82	86
13	gozd	30	55	70	77
14	pozidano in sorodno zemljišče	49	69	79	84
15	trstičje	30	48	65	73
16	ostalo zamočvirjeno zemljišče	30	58	71	78
17	suho odprto zemljišče	77	86	91	94
18	odprto zemljišče	77	86	91	94
19	voda	100	100	100	100

Rezultati modela so predstavljeni kot tri ločene vrednosti, in sicer:

- **Delež zadržanega odtoka** v slikovni točki (vrednosti 0-1) (rezultat modela podan kot »Runoff_retention«)
- **Količina odtoka** v slikovni točki, ki predstavlja vrednosti od najvišje do najnižje vrednosti odtoka padavinske vode (vrednosti v mm) (rezultat modela podan kot »Q_mm«)
- **Prostornina zadržanega odtoka** na slikovno točko (vrednosti v m³) (rezultat modela podan kot »Runoff_retention_m3«)

Za nas je najbolj relevanten rezultat je **delež zadržanega odtoka**, ki nam pove, kolikšen delež padavinske vode je določeno območje zmožno zadržati.

Pomanjkljivosti metode

Model izračuna zadrževanja površinskega odtoka, z metodo SCS s koeficientom CN za izračun padavinskih izgub, uporablja preprost pristop, ki prinaša veliko negotovosti. Metoda je primernejša

za manjša porečja do 250 km². Najbolj natančna je na območju kmetijskih površin, za katere je tudi prvotno namenjena. Na urbanem in gozdnem zemljišču je njena zanesljivost nekoliko manjša (Heco, 2015). Kljub temu je vpliv posamezne rabe tal v modelu dobro zajet, kar pomeni, da je njen učinek ustrezno predstavljen v rezultatih modela.

Predpostavljene tipične vrednosti CN koeficienta, ki izhajajo iz obstoječe literature, niso določene za vsako podrobnejšo kategorijo dejanske rabe tal, kot je na primer »kmetijsko zemljišče v zaraščanju«. Zaradi tega je za nekatere kategorije rabe tal potrebno vrednost koeficienta določiti pavšalno. Za te kategorije rabe smo uporabili vrednosti koeficienta tistega tipa rabe tal, ki se najbolj približa dejanski rabi z manjkajočim podatkom koeficienta, glede na njen vegetacijski pokrov ali rabo. Tako smo na primer pri kategoriji »kmetijsko zemljišče v zaraščanju« predpostavljali, da je glede na opis v šifrantu dejanske rabe najprimernejše upoštevati predpostavljeno vrednost koeficienta za povprečne hidrološke pogoje za rabo »grmičevje«.

Hidrološki pogoji za posamezne rabe tal vplivajo na končne vrednosti CN koeficienta vezanega na hidrološko skupino tal. Razdeljeni so v kategorije »dobri«, »povprečni« ali »slabi«. Pri dejanskih rabah »gozd«, »grmičevje«, »pašnik« in »odprte površine v urbanem okolju« so te kategorije hidroloških pogojev kvantificirane glede na stanje v prostoru (na primer, delež grmičevja na površini z opredeljeno rabo tal »grmičevje«). Pri večinskih deležih kategorij dejanske rabe tal smo upoštevali, da so hidrološki pogoji dobri. Za pozidana in sorodna zemljišča smo upoštevali povprečne hidrološke pogoje za rabo »odprte površine v urbanem okolju«. Kategorija hidroloških pogojev pri tej rabi je določena glede na delež travnatih površin v prostoru. Ocena travnatih površin v našem primeru je pavšalna, saj je ni moč kvantitativno oceniti na podlagi dejanske ali namenske rabe tal.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj so opredeljeni ključni viri podatkov za oceno kazalnika ES Varstvo pred poplavami.

Preglednica 10: Viri podatkov za oceno kazalnika ES varstvo pred poplavami

Element kazalnika ES	Vir podatkov
Dejanska raba tal	Evidenca dejanske rabe tal (MKGP) [2024]
Hidrološka skupina tal	Ciljni raziskovalni program V4-1131: Trajnostna raba vode za krepitev rastlinskega pridelovalnega potenciala v Sloveniji. končno poročilo, Ljubljana, marec 2013
Največja 12-urna višina padavin s povratno dobo 50 let, obdobje 1961-2000	Karte padavin, ARSO, [2024]
CN parameter	Heco (2015).

2.4. Opraševanje in raznos semenja

Utemeljitev ES

Vrste žuželk, ki v svojem življenjskem ciklu hkrati tudi prenašajo pelod in zagotavljajo opraševanje nekaterih rastlinskih vrst imajo lahko bistveno vlogo tudi v kmetijskih ekosistemi. Divji opraševalci so ključen člen v mnogih kmetijskih proizvodnih sistemih, saj oprašujejo nekatere kmetijske kulture in omogočajo njihovo fruktifikacijo. Po oceno FAO je namreč 35% kmetijskih kultur odvisnih od opraševanja, mnoge od prostoživečih vrst.

Definicija ES po CICES (ES 2.9)

»Zagotavljanje habitata avtohtonim opraševalcem omogoča njihovo preživetje in razvoj, kar omogoča razpoložljivost te ES.«

Kazalnik ES

ES je ocenjena s kazalnikom primernosti habitatov za divje opraševalce, ki zrcali naravno kapaciteto ekosistemov za opraševanje kmetijskih kultur. Kazalnik lahko zavzame šest vrednosti oziroma rangov 0-ni kapacitete opraševanja, ..., 5-zelo visoka kapaciteta opraševanja.

Metoda ocene kazalnika

Ocene kazalnika je mogoče pridobiti na več načinov, uporabiti je mogoče modelska orodja (npr. InVEST), lahko pa kazalnik ocenimo na podlagi strokovne presoje. Modelsko orodje InVEST namreč vključuje modul »Crop Pollination (Pollinator Abundance)«

Model opraševanja InVEST se osredotoča na divje čebele kot ključne opraševalce. Uporablja ocene razpoložljivosti gnezdilnih lokacij in virov cvetov znotraj območij dosega čebel in omogoča izračun indeksa številčnosti čebel, ki gnezdijo v posameznih celicah (rastrih) v krajini. Nato uporablja vire cvetov ter pokazatelje o iskanju hrane in območju dosega čebel za oceno indeksa številčnosti čebel, ki obiskujejo vsako celico. Če je potrebno, model nato izračuna preprost indeks prispevka teh populacij čebel k kmetijski proizvodnji, ki temelji na številčnosti čebel in odvisnosti pridelkov od opraševanja. Vhodni podatki so: raba tal/zemljišč, lastnosti pokrovnost zemljišč, vrste prisotnih opraševalcev in njihova območja dosega. Za oceno prispevkov divjih opraševalcev k pridelavi pridelkov so potrebne informacije o zadevnih kmetijah, pridelkih, ki se tam gojijo, in številčnosti upravljanih opraševalcev.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V primeru strokovne ocene kazalnika je ključen vhodni podatek prostorska porazdelitev različnih ekosistemov za katere se pripravi ocena. Pri uporabi modelskega orodja je vhodnih podatkov

Preglednica 11: Viri podatkov za oceno kazalnika ES varstvo pred poplavami

Element kazalnika ES	Vir podatkov
Dejanska raba tal	Evidenca dejanske rabe tal (MKGP)
Indeks razpoložljivost gnezdišč	Ocena primernosti posameznih rab tal
Razpoložljivost cvetov	Delež površine posamezne rabe tal, ki ga zastirajo cvetoče rastline (strokovna ocena)
Intenzivnost preletavanja	Indeks aktivnosti opraševalcev (0-ni aktivnosti, ..., 1-največja aktivnost) glede na sezono (strokovna ocena)
Območje dosega	Povprečna razdalja med gnezdiščem in mestom prehranjevanja [m] za posamezno vrsto (strokovna ocena)
Relativna pogostost	Delež skupne pogostosti opraševalcev posamezne vrste

2.5. Zmanjšanje koncentracije toplogrednih plinov

Utemeljitev ES

Rast rastlin, gliv, bakterij lahko prinaša kopičenje organske snovi in s tem trajnejšo vezavo atmosferskega ogljika v lesu oziroma olesenelih delih rastlin, hifnem pletežu, talni organski snovi, ... To omogoča da se zmanjša oziroma manj hitreje narašča količina atmosferskega CO₂, ki deluje kot toplogredni plin. Predvsem gozdovi, mokrišča in tla predstavljajo pomembne ponore CO₂.

Definicija ES po CICES (ES 2.14)

»Upravljanje koncentracije plinov v ozračju, ki vplivajo na globalno podnebje ali oceane«.

Kazalnik ES

Ocena kapacitete (**razpoložljivost**) vezave ogljika v biomasi temelji na naravni sposobnosti vgrajevanja atmosferskega ogljika v nadzemno in podzemno biomaso (tla). Za **nadzemno biomaso** temelji ocena na razliki med letnim prirastom lesa oziroma olesenelih delov rastlin in posekom oziroma mortaliteto. To se zrcali v letni razliki količine lesne biomase, ki jo v naslednjem koraku pretvorimo v količino CO₂.

Ocena vezave ogljika v tleh temelji na letni spremembi količine stabilno vezane **talne organske snovi** – humificirana organska snov, ki se z mineralnim delom tal poveže v organo-mineralne komplekse. V tem procesu so ključni drobni talni delci velikostne frakcije finega melja in gline.

Kazalnik za ES ponor CO₂ in vezanje ogljika v biomasi je torej sestavljen iz dveh komponent:

- letna sprememba količine ogljika vezanega v nadzemni in podzemni lesni biomasi [t/ha leto],
- letna sprememba količine organskega ogljika v tleh [t/ha leto].

Obe vrednosti neto akumulacije se seštejeta, količina ogljika pa se pretvori v ekvivalent količine CO₂. Pri tem se količina organskega ogljika v živih živalskih in bakterijskih oblikah zanemari, saj te oblike še ne predstavljajo trajno vezanega ogljika. Podatki oziroma ocene zalog organskega ogljika v tleh so za območje Slovenije prostorsko pomanjkljivi in omejeni le na manjše število talnih profilov na podlagi katerih zanesljive ocene za izbrana območja trenutno ni mogoče pripraviti. Zato to komponento ES zanemarimo.

Metoda in viri podatkov za oceno kazalnika

Izračun vezave ogljika v rastlinski lesni biomasi se izvede s pristopom IPCC (Paustian in sod., 2006) (vol. 4, poglavji 2 in 4). Splošna enačba je:

$$\begin{aligned} \Delta ZC_{\text{nadzemna lesna biomasa}} \left[\frac{t}{ha \text{ leto}} \right] &= \Delta LZ \left[\frac{m^3}{ha \text{ leto}} \right] * D_{igl.,list.} \left[\frac{t}{m^3} \right] * BEF[indeks] * CF \left[\frac{t^C}{t \text{ suhe snovi}} \right] \\ \Delta ZC_{\text{podzemna lesna biomasa}} \left[\frac{t}{ha \text{ leto}} \right] &= \left(\left(\Delta LZ \left[\frac{m^3}{ha \text{ leto}} \right] * D_{igl.,list.} \left[\frac{t}{m^3} \right] * BEF[indeks] \right) * R[indeks] \right) * CF \left[\frac{t^C}{t \text{ suhe snovi}} \right], \end{aligned}$$

kjer pomeni:

Spremenljivka	Interpretacija	Vrednosti
$\Delta ZC_{nadzemna\ lesna\ biomasa}$	Letna sprememba zaloge organskega ogljika v nadzemni lesni biomasi	
$\Delta ZC_{podzemna\ lesna\ biomasa}$	Letna sprememba zaloge organskega ogljika v podzemni lesni biomasi	
ΔLZ	Letna sprememba lesne zaloge (drevje)	Izračun na podlagi začetne lesne zaloge, prirastka, poseka in mortalitete.
$D_{igl.,list.}$	Gostota lesa: pretvorba iz m ³ v tone	0,407 za igl. in 0,567 za list.
BEF	Faktor pretvorbe lesne zaloge v celotno biomaso drevja (ang.: <i>biomass expansion factor</i>)	1,15 za igl. in list.
CF	Delež ogljika v suhi biomasi (ang.: <i>carbon fraction</i>)	0,47 za igl. in list.
R	Razmerje med nadzemno in podzemno biomaso (ang.: <i>root-to-shoot ratio</i>)	0,32 za igl. in 0,26 za list.

Letni spremembi zaloge organskega ogljika v lesni biomasi seštejemo in vrednost pretovorimo v ekvivalent atmosferskega CO₂:

$$\Delta CO_2 \left[\frac{t}{ha\ leto} \right] = \sum \Delta ZC * \frac{44}{12} [mol. masa CO_2]$$

Ocene vezave organskega ogljika v tleh nismo opravili, saj za analizo sprememb zaloge organskega ogljika v tleh ni na voljo zanesljivih podatkov. V okviru nacionalnega poročanja o bilanci ogljika v kontekstu rabe tal so na voljo podatki o trenutnih zalogah organskega ogljika v tleh in ne tudi dinamiki v času – predvsem zaradi nepopolnih časovnih vrst vzorčenj. To velja za vse rabe tal, za katere se spremlja bilanco ogljika (Kus, Mekinda Majaron, 2022).

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj so opredeljeni ključni viri podatkov za oceno kazalnika ES ponor CO₂ in vezanje ogljika v biomasi.

Preglednica 12: Viri podatkov za oceno kazalnikov ES ponor CO₂ in vezanje ogljika v biomasi

	Vir podatkov
Vsebina podatka	Gozd in ostala gozdna zemljišča
Letni prirastek lesne biomase [m ³ /ha leto]	ZGS: zbirka podatkov o oddelkih / odsekih: LETNI PRIRASTEK [2021]
Mortaliteta drevja, grmovja [m ³ /ha leto]	<i>tbd</i>
Letni posek (odvzem) lesne biomase [m ³ /ha leto]	ZGS: zbirka podatkov o oddelkih / odsekih: LETNI POSEK [2021]
$D_{igl.,list.}$	(Mekinda Majaron, 2022)
BEF	
CF	
R	

2.6. Uravnavanje podnebja na lokalni in regionalni ravni

Utemeljitev ES

Ekosistemi, kot so gozdovi, mokrišča in travniki, imajo lahko pomembno vlogo pri uravnavanju lokalne in regionalne mikroklimе. Drevesa lahko na primer zagotavljajo senco, znižujejo temperaturo zraka in vplivajo na raven vlage v neposredni bližini. Mokrišča lahko blažijo lokalne temperaturne ekstreme in vplivajo na vlažnost. Ti učinki na mikroklimo lahko pomembno vplivajo na udobje in dobro počutje ljudi ter na porabo energije v mestnih in podeželskih območjih.

Definicija ES po CICES (ES 2.15)

»Blaženje okoliških atmosferskih razmer (vključno z mikro- in mezo-klimo) zaradi prisotnosti rastlin, kar izboljšuje življenjske razmere za ljudi.«

Kazalnik ES

Razpoložljivost ES uravnavanje regionalne klime ocenimo s kazalnikom:

- indeks listne površine (LAI; *leaf area index*).

V skladu s preteklimi raziskavami (Wang et al., 2022) je mogoče privzeti tesno povezavo med indeksom listne površine in evapotranspiracijo. Pozitivna odvisnost med obilnostjo rastlinskega pokrova in intenzivnostjo izhlapevanja vode skozi listne reže in povrhnjico foliarnega aparata je ključna predpostavka, ki omogoča modeliranje vpliva rastlinstva na mikroklimo. Večji indeks listne površine običajno pomeni močnejšo evapotranspiracijo in zato višjo absolutno in relativni zračno vlažnost ter nižjo temperaturo v času vegetacijske dobe – pozna pomlad, poletje, zgodnja jesen.

To omogoča presojo vpliva ekosistemov na vlažnost in temperaturo.

Evapotranspiracija vključuje tri pojave skozi katere voda s površine vstopa v ozračje: transpiracija rastlinstva (E_c), izhlapevanje iz tal (E_s) in izhlapevanje vode, ki jo prestrežejo krošnje (E_i):

$$ET = E_c + E_s + E_i$$

(če ni podatka za ET , ga je potrebno še izračunati, tudi na podlagi LAI).

Metoda ocene kazalnika

Učinek rastlinstva na zniževanje temperature in dviga zračne vlažnosti ocenimo v nekaj korakih.

Sprememba absolutne zračne vlažnosti (Δa):

$$\Delta a = (Q_{wd} \times 1000) / V; [g\ m^{-3}\ d^{-1}]$$

$$V = S \times h$$

kjer je Q_{wd} dejanska dnevna ET [$kg\ d^{-1}$]; V je prostornina zraka do višine mešane plasti [m^3]; S je skupna površina območja [m^2]; in h je višina mešane plasti [m].

Dnevna sprememba (povišek) relativne tračne vlažnosti (Δf):

$$\Delta f = \frac{\Delta e}{e_s} \times 100\%$$

$$\Delta e = \frac{\Delta a \times T}{218}; [hPa\ d^{-1}]$$

$$e_s = \exp \left[21,382 - \left(\frac{5,3475 \times 10^3}{T} \right) \right]$$

kjer je Δe dnevna sprememba parnega tlaka; e_s je nasičen parni tlak; in T absolutna temperatura [K].

Ker evapotranspiracijo spremlja poraba energije in pretvarjanje latentne ter toplotne energije, pri čemer se latentna toplota izhlapevanja nanaša na toploto, ki je potrebna za pretvarjanje snovi iz trdne v plinasto agregatno stanje (fazo). Zato je mogoče podatek o latentnih toploti izhlapevanja vode mogoče uporabiti za izračun absorpcije toplote zaradi avapotranspiracije.

Latentna toplota izhlapevanja (L):

$$L = \left(597 - \frac{5}{9}T \right) \times 4,1859; [kJ kg^{-1}]$$

Absorbcija toplote v rastni sezoni je

$$Q_h = \sum Q_{wi} \times L \times S_i$$

kjer je Q_h absorbcija toplote [kJ]; Q_{wi} je ET na površini i (piksel); in S_i je velikost površine i [1 km²]. Evapotranspiracija torej porablja energijo v okoliškem zraku in zmanjšuje temperaturo, zato lahko ocenimo dnevni učinek hlajenja v območju kot:

$$\Delta T = \frac{Q_{hd}}{V \times \rho_c}$$

kjer je ΔT dnevno znižanje temperature [°C d⁻¹]; Q_{hd} je dnevna absorbcija toplote [kJ d⁻¹]; in ρ_c je volumetrična toplotna kapaciteta zraka z vrednostjo 1,256 kJ m⁻³ °C⁻¹.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj so opredeljeni ključni viri podatkov za oceno kazalnika ES uravnavanje regionalne klime.

Preglednica 13: Viri podatkov za oceno kazalnika ES uravnavanje regionalne klime

Vsebina podatka	Vir podatkov
Dejanska dnevna evapotranspiracija [kg d ⁻¹]	Modelski izračun (mGROWA) [2023]
Površina območja [m ²]	Pilotno območje
Višina vegetacije [m]	Karta krošenj [2023]

3. Kulturne ekosistemske storitve

3.1. Rekreacija in oddih ter estetska vloga krajine

Utemeljitev ES

Posamični ekosistemi oziroma njihovo prepletanje v prostoru nam nudijo različne oblike estetskega ugodja, ki se odraža v privlačnosti krajine. Zaznava estetske kakovosti/vrednosti krajine je sicer do neke mere pristranska vendar veljajo nekateri generalni vidiki, ki jih je mogoče tudi posplošiti. Običajno so ekosistemi, ki so manj spremenjeni bolj privlačni in se ljudje v njih raje zadržujejo, kar pomeni, da igra pristnost ekosistema pomembno vlogo pri izbiri lokacije za rekreacijske dejavnosti na prostem. Predvidevamo namreč, da so estetsko privlačnejši deli narave tudi bolj obiskani in zato nudijo več možnosti za rekreacijo in oddih.

Definicija ES po CICES (ES 3.1 in ES 3.5)

»Lepota narave oziroma biofizikalne lastnosti vrst ali ekosistemov (podoba/kulturni prostor), ki so cenjeni zaradi njihove inherentne lepote in/ali omogočajo aktivno ali pasivno fizično in izkustveno interakcijo.«

Kazalnik ES

Estetska vloga krajine se oceni s kazalnikom krajinske privlačnosti, ki odraža vidik **razpoložljivosti** te ES. Privlačnost krajine je kompleks več dejavnikov za katere predpostavljamo, da značilno vplivajo na estetsko ugodje posameznika. Kazalnik ES je torej sestavljen in temelji na petih (5) elementih:

- naravnost krajine oziroma stopnja hemerobije,
- prisotnost vodnih teles v krajini,
- raznolikost (pestrost) rabe tal,
- razgibanost terena,
- prisotnost vzpetin.

Vsi vidiki imajo izvirno enake uteži oziroma enak vpliv na estetsko privlačnost krajine, kar je mogoče spremeniti in z neenakomerno velikimi utežmi prilagoditi izračun specifičnim razmeram. Vsakega od 5 elementov ovrednotimo na lestvici 0-100, kjer vrednost 0 pomeni, da stanje elementa ne prispeva, vrednost 100 pa, da element izjemno (max) prispeva k estetski privlačnosti krajine.

Naravnost oziroma stopnjo hemerobije pripišemo vsaki rabi tal v prostoru (Koch in sod., 1999), nato pa so te ocene prevedene v relativno lestvico 0-100. Pri tem za rabo tal uporabimo podatke evidence rabe MKGP:

Koda	Raba tal	Hemerobija	Ocena vpliva na estetsko privlačnost krajine [0-100]
1	njiva	5	33
2	trajne rastline na njivskih površinah	4,5	42
3	rastlinjak	6	17
4	vinograd	4,5	42
5	intenzivni sadovnjak	4,5	42
6	ekstenzivni oz. travniški sadovnjak	4	50
7	trajni travnik	3	67

8	kmetijsko zemljišče v zaraščanju	2	83
9	plantaža gozdnega drevja	4	50
10	drevesa in grmičevje	2,5	75
11	neobdelano kmetijsko zemljišče	3	67
12	kmetijsko zemljišče poraslo z gozdnim drevjem	4	50
13	gozd	2	83
14	pozidano in sorodno zemljišče	7	0
15	trstičje	2	83
16	ostalo zamočvirjeno zemljišče	2	83
17	suho odprto zemljišče	1	100
18	odprto zemljišče	1	100
19	voda	2	83

Predpostavka je, da prisotnost vodnih teles krepi estetsko privlačnost krajine zato je njihova bližina ključen dejavnik. Največji vpliv vodnih teles je če so v neposredni bližini lokacije in nato zvezno pada do oddaljenosti 2000 m, ko predpostavimo da učinek izzzveni (vrednost 0). Razdalje med 0 in 2000 m se torej zrelativizirajo na lestvici 0-100.

Pestrost rabe tal krepi estetsko vlogo krajine, in sicer tako, da večja raznolikost pomeni tudi močnejšo privlačnost. Ta element se oceni tako, da preštejemo različne rabe tal (evidenca MKGP) vnaprej opredeljeni fiksni površini (npr. 100 x 100 m). Ob izračunu št. rab na posamezno rastrsko celico, dobimo tako min kot max vrednost in nato vse vmesne vrednosti zrelativiziramo na lestvico 0-100.

Razgibanost površja ravno tako vpliva na privlačnost krajine, in sicer tako, da večja razgibanost pomeni močnejšo privlačnost. Izhodišče je torej, da so ravnine manj estetsko privlačne od razgibanih terenov. Razgibanost terena ocenimo na podlagi indeksa 'terrain ruggedness index' (TRI) (Riley, 1999). Ta indeks temelji na podlagi digitalnega modela višin in pokaže na razlike v nadmorskih višinah med sosednjimi rastrskimi celicami. V ArcGIS lahko indeks izračunamo s pomočjo 'Field Calculatorja':

$$\text{OutRas} = \text{SquareRoot}(\text{Abs}((\text{Square}(\text{"3x3max.tif"}) - \text{Square}(\text{"3x3min.tif"}))))$$
, rezultate pa kategoriziramo v 7 razredov:

Razred	Opis	Vrednost indeksa TRI
1	Ravnina	0-80 m
2	Skoraj ravno	81-116 m
3	Rahlo razgibano	117-161 m
4	Srednje razgibano	162-239 m
5	Precej razgibano	240-497 m
6	Zelo razgibano	498-958 m
7	Ekstremno razgibano	959-4367 m

Tudi te vrednosti zrelativiziramo na lestvico 0-100, kjer pomeni vrednost 0 najmanj razgiban teren, 100 pa najbolj razgiban.

Na estetsko privlačnost krajine lahko vpliva tudi prisotnost vzpetin (gora, hribov, ...), kar ocenimo s pogostostjo njihovih vrhov. Ta element ocenimo tako, da preštejemo vrhove vzpetin v na prej

opredeljeni fiksni površini (10 km²). Ob izračunu št. vrhov na posamezno rastrsko celico (okno), dobimo tako min kot max vrednost in nato vse vmesne vrednosti zrelativiziramo na lestvico 0-100.

Metoda ocene kazalnika

Sestavljeni kazalnik estetske vloge krajine izračunamo z združevanjem vseh 5 elementov te ES, in sicer tako, da jih v GIS okolju prekrijemo in za v naprej opredeljeno rastrsko celico seštejemo vrednosti ocen elementov (0-100) in vsoto zopet zrelativiziramo na lestvico 0-100. Tako je mogoče izračunati indeksno oceno estetske vloge krajine oziroma njene privlačnosti.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj so opredeljeni ključni viri podatkov za oceno posameznih elementov, ki sestavljajo kazalnik estetske vloge krajine.

Preglednica 14: Viri podatkov za oceno kazalnika ES estetska in rekreacijska vloga krajine

Element estetske vloge krajine	Vir podatkov
Naravnost (hemerobija)	Evidenca dejanske rabe tal (MKGP) [2023] & Koch in sod. (1999)
Vodna telesa	Evidenca dejanske rabe tal (MKGP) [2023]
Pestrost rabe tal	
Razgibanost površja	Digitalni model višin (GURS) [2023]
Prisotnost vzpetin	

3.2. Znanstvena in izobraževalna vloga prostora

Utemeljitev ES

Možnosti za izobraževanje, povezano z ekosistemi, pogosto imenovano okoljska ali ekološka vzgoja se uvršča med kulturne ekosistemske storitve. Okoljska vzgoja ima ključno vlogo pri spodbujanju razumevanja pomena ekosistemov, biotske raznovrstnosti in storitev, ki jih zagotavljajo. Pomaga ozaveščati o okoljskih vprašanjih, spodbuja trajnostne prakse in prispeva k informiranemu odločanju o upravljanju in ohranjanju naravnih virov. Podobno velja tudi za znanstveni oziroma raziskovalni vidik, saj je narava pogosto prostor raziskav, ki prispevajo k boljšemu in celovitejšemu razumevanju ekosistemov, procesov, ki v njih potekajo in odvisnosti med človekovim ravnanjem in naravo.

Definicija ES po CICES (ES 3.2 in ES 3.3)

»Biofizikalne značilnosti ali lastnosti vrst ali ekosistemov (okolja/kulturnih prostorov), ki so predmet raziskav in/ali so predmet poučevanja ali razvijanja spretnosti na kraju samem.«

Kazalnik ES

Razpoložljivost ES znanstvena in izobraževalna vloga prostora smo ocenili na podlagi kazalnikov:

- prisotnost gozdnih učnih poti,
- prisotnost muzejev na prostem,
- prisotnost gozdnih rezervatov,
- prisotnost raziskovalnih ploskev.

Gozdne učne poti so ključna infrastruktura za spoznavanje in grajenje spoštljivega odnosa do gozda in narave. Namenjene so izobraževanju in spoznavanju gozdov in gozdarstva. So pomemben pripomoček za popularizacijo gozdov ter prispevajo k razvoju turizma na podeželju. V muzejih (tudi tistih na prostem) se hranijo zbirke predmetov kulturne dediščine, ki so lahko vključene v proučevanje in se predstavljajo javnosti. Muzeji skrbijo, da so posamezni predmeti in zbirke varovani, urejeni, dokumentirani in dostopni skladno z mednarodnimi standardi, da je muzej odprt za javnost, so zbirke predstavljene na razstavah, da z obrazstavnimi prireditvami poglobljajo znanje o dediščini, skrbijo pa tudi za razvoj stroke in usposabljanje strokovnih kadrov, sodelujejo in dajejo nasvete zasebnim lastnikom, strokovna mnenja državnim organom in podobno. Muzeji na prostem so posebna oblika muzejev, ki jih občasno pojmujejo tudi etnopark, ekomuzej in skansen.

Gozdni rezervati so gozdovi, ki so zaradi svoje razvojne faze in dosedanjega razvoja izjemno pomembni za raziskovanje, proučevanje in spremljanje naravnega razvoja gozdov, biotske raznovrstnosti in varstva naravnih vrednot ter kulturne dediščine.

V gozdnih rezervatih s strogim varstvenim režimom so prepovedane vse gospodarske, rekreacijske, raziskovalne in druge dejavnosti, ki bi lahko kakorkoli spremenile obstoječe naravno stanje in vplivale na nemoten naravni razvoj v prihodnosti. Dovoljeno je opravljati naloge javne gozdarske službe, javne službe ohranjanja narave in nadzorstvene naloge lovstva ter gozdarstva. Ministrstvo lahko na podlagi vloge znanstveno-raziskovalnih ali izobraževalnih organizacij dovoli opravljanje posameznih raziskovalnih ali izobraževalnih nalog potem, ko si pridobi mnenje Zavoda za gozdove Slovenije in Zavoda RS za varstvo narave. V dovoljenju se navedejo tudi pogoji za opravljanje teh nalog. V gozdnih rezervatih z blažjim varstvenim režimom je dovoljen ogled rezervata po gozdni učni poti ob spremstvu lastnika gozda ali delavca javne gozdarske službe oziroma uporaba poti v javni rabi, ki vodi skozi rezervat. Zaradi zagotavljanja poučne in turistične funkcije v gozdnem rezervatu z blažjim varstvenim režimom Ministrstvo dovoli vzdrževanje

obstojećih poti v javni rabi, informativnih tabel, ki so določene v načrtih za gospodarjenje z gozdovi ter vzdrževanje objektov kulturne dediščine pod pogojem, da dela ne bodo povzročila škodljive spremembe obstoječega naravnega stanja in vplivala škodljivo na nemoten naravni razvoj v prihodnosti. Izdelavo nove učne poti se dovoli le z dovoljenjem Ministrstva.

Zakonska podlaga kategorije gozdnih rezervati je Uredba o varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom (8/05, ..., 191/20), kjer so v 2. ods., 2. čl. opredeljeni gozdni rezervati. Gozdovi z raziskovalno vlogo, kjer so locirane raziskovalne ploskve so namenjeni raziskovanju in proučevanju naravnih zakonitosti gozda in odzivom na ukrepe ter posege v gozd. Na stalnih oziroma začasnih raziskovalnih ploskvah potekajo poskusi, kjer se spremlja stanje in spremembe gozda. Gozdovi z raziskovalno vlogo so običajno odmaknjeni od krajev in pomembnejših prometnic, da je obisk čim manjši. Lahko imajo tudi ograjene predele, kamor dostop ni mogoč. Gospodarjenje s takšnim gozdom je pogosto omejeno in se mora prilagajati zahtevam raziskav. Vsi posegi so načrtovani s strani raziskovalne institucije, ki raziskave izvaja.

Metoda ocene kazalnika

ES znanstvena in izobraževalna vloga prostora smo prikazali kot prostorske podatke o lokaciji posameznega objekta z znanstvenim oziroma raziskovalnim značajem.

Raziskovalnih ploskev zaradi problematike zagotavljanja anonimnosti lokacij nismo vključili v oceno te ES, saj pri tem vedno obstaja možnost, da lastniki gozdov oziroma upravljavci zaradi bojazni pred izkazovanjem resničnega načina gospodarjenja z gozdom v bližini ploskev svoje ravnanje prilagajajo dejstvu, da je v bližini raziskovalna ploskev. Ta pojav se je v preteklosti predvsem v kontekstu nacionalne gozdne inventure izkazal kot resničen, zato se je uveljavilo nenapisano pravilo, da se lokacij inventurnih in raziskovalnih ploskev javno ne objavlja.

Viri podatkov za oceno kazalnika

V preglednici spodaj so opredeljeni ključni viri podatkov za oceno kazalnika ES znanstvena in izobraževalna vloga prostora.

Preglednica 1: Viri podatkov za oceno kazalnika ES 'Znanstvena in izobraževalna vloga prostora'.

Vsebina podatka	Vir podatkov	Format podatkov
Gozdne učne poti	Gozdne učne poti; Gozdni rezervati (Zavod za gozdove Slovenije, 2023)	Linijski objekti
Gozdni rezervati		Poligoni
Muzej na prostem	Register kulturne dediščine (Ministrstvo za kulturo, stanje 16.8.2023)	Točkovni objekti

3.3. Simbolična vrednost krajine

Utemeljitev ES

Prostoživeče rastlinske in živalske vrste so lahko kot del naravnih in polnaravnih ekosistemov na različne načine vir navdiha in lahko predstavljajo simbolne, emblematične, duhovne, estetske in kulturne vrednote. V interakcijah z ljudmi lahko vrste animirajo zgodbe o pomenu in identiteti kot pripovedi, metafore ali simbole in prispevajo k občutku kraja. Uporaba simbolnih vrst v družbi na različne načine je tako kulturna kot naravna dediščina in je priznana kot kulturna ES.

Simboli se uporabljajo za sporočanje nečesa neotipljivega (npr. čustva, občutka, vrednote), ki je razumljivo skupini uporabnikov zaradi njihove skupne izkušnje ali kulturne identitete. Simboli, povezani z regijo, omogočajo ljudem, da se identificirajo s prostorom, v katerem živijo, hkrati pa simboli služijo kot zunanji čustveni posrednik za ustrezno regijo. Simboli so na splošno pomembnejši za tiste, ki živijo v regiji ali blizu nje, kot za tiste, ki živijo bolj oddaljeno. (Rüdisser et al., 2019; Schirpke et al., 2018)

Simbolična vrednost krajine tako zrcali predvsem dejstvo, da prostor zajema različne kulturne, duhovne in estetske koristi, ki jih lahko deli narave prinašajo človeku. To so vrednote družbe, ki so globoko vtakane v kulturoloških tradicijah, verskih prepričanjih in osebnih ter skupnostnih izkušnjah. Zaradi tega so integralni del človekove blaginje ter identitete.

Definicija ES po CICES (ES 3.6)

»Biofizikalne značilnosti ali lastnosti vrst ali ekosistemov, ki so prepoznane zaradi njihovega kulturološkega, zgodovinskega ali ikoničnega značaja in ki se uporabljajo v grbih in drugih znakih.«

Kazalnik ES

Razpoložljivost ES simbolična vrednost krajine ocenimo s kazalnikom prisotnosti vrst in ekosistemov, ki jim je mogoče pripisati simboličen pomen. V primeru projekta LIFE-IP NATURA.SI smo za kazalnik uporabili indeks

Metoda ocene kazalnika

Ocena kazalnika temelji na pregledu razpoložljivih podatkovnih zbirk in presoji katere rabe vrst oziroma ekosistemov v grbih, znakih, poimenovanjih zrcali njihov simboličen pomen.

Viri podatkov za oceno kazalnika

Podatki za oceno kazalnika ES so raznoliki in niso zbrani na enem mestu. Za preverjanje uporabe v nazivu zajemajo registre poslovnih subjektov, društev, založnikov revij in monografij, turistično-informacijskih centrov (TIC). Za preverjanje uporabe v emblemi in logotipih je potrebno preverjati spletne strani in strani družbenih omrežij subjektov, pri katerih pričakujemo uporabo vrste ali ekosistema kot simbola.

Ključna registra sta:

- Za poslovne subjekte: AJ PES <https://www.ajpes.si/> (išče le po besedi kot jo zapišemo, potrebno iskati po različnih oblikah besede (ednina, množina, sklanjatve))
- Za društva: Centralni register društev <http://mrrsp.gov.si/rdrubjave/dr/index.faces> (ker iskanje po ključni besedi ni možno, priporočamo pridobitev izpisa ciljnih društev in izvedba analize v excelu)

4. Viri in literatura

Heco D. 2015. Določanje parametra CN za manjše porečje. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Koch, G., Kirchmeier, H., & Grabherr, G. (1999). Naturnähe im Wald. Methodik und praktische Bedeutung des Hemerobiekonzeptes für die Bewertung von Waldökosystemen. Österreichischer Forstverein, Wien, 21.

Makinda Majaron T. 2022. Slovenia'a national inventory report 2022. GHG emissions inventories 1986-2020. Ministry of environment and spatial planning. Ljubljana: 403 str.

Natural Capital Project, 2015. InVEST. Stanford University, University of Minnesota, Chinese Academy of Sciences, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, Stockholm Resilience Centre and the Royal Swedish Academy of Sciences.

<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>

Rüdisser, J., Schirpke, U., & Tappeiner, U. (2019). Symbolic entities in the European Alps: Perception and use of a cultural ecosystem service. *Ecosystem Services*, 39. doi:10.1016/j.ecoser.2019.100980

Schirpke, U., Meisch, C., & Tappeiner, U. (2018). Symbolic species as a cultural ecosystem service in the european alps: insights and open issues. *Landscape Ecology*, 33(5), 711-730. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0628-x>

Wang, C., Liang, W., Yan, J. et al. Effects of vegetation restoration on local microclimate on the Loess Plateau. *J. Geogr. Sci.* 32, 291–316 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11442-022-1948-y>