

# Ocena zaloge ogljika v načrtu trajnostnega gospodarjenja z gozdovi

## Quantification of Carbon Stock in Sustainable Forest Management Plan



Amina GAČO JEŽ<sup>1</sup>, Francesca GIANNETT<sup>2</sup>, Solaria ANZILOTT<sup>3</sup>, Matevž TRIPLAT<sup>4,\*</sup>

### Izvleček:

Inovacije imajo pomembno vlogo v politiki EU za razvoj podeželja. Eden od načinov spodbujanja inovacij v EU je ustanavljanje operativnih skupin (OS), ki so del programa EIP-AGRI. Inovacije v kmetijstvu in gozdarstvu združujejo različne deležnike. Projekt FOREST4EU spodbuja različne OS v državah EU in njihove inovacije ter jih razporedi v pet različnih inovacijskih stičišč (ITHubs). Skupno je bilo prepoznanih 176 inovacij 86 operativnih skupin, ki so bile predstavljene z razširjenimi povzetki in po pomembnosti razvrščene v treh korakih (ocenjevanje projektnih partnerjev, strokovnjakov in na delavnici). V devetih EU državah je bil izveden izbor najpomembnejših petih inovacij glede na posamezen ITHub (skupaj 25). V primeru Slovenije, Hrvaške, Latvije in Portugalske je bila ena od najbolje ocenjenih inovacij metoda za ocenjevanje ogljika, shranjenega v lesni biomasi gozdov, namenjena plačilom za ekosistemске storitve operativne skupine GO FOR.TRACK. Prispevek predstavlja inovacijsko metodo izračuna zaloge ogljika na podlagi podatkov o gozdni biomasi, ki bi jo lahko uporabili za oceno zaloge ogljika v lesni biomasi gozdov in z njimi vzpostavili prostovoljni trg z emisijskimi kuponi. Gre za novost, ki bi lahko koristila tudi deležnikom v Sloveniji.

**Ključne besede:** operativna skupina, znanje, inovacija, ogljični dobropisi

### Abstract:

Innovation plays an important role in EU rural development policy. One way of promoting innovation in the EU is through the establishment of Operational Groupings (OGs), which are part of the EIP-AGRI program. They bring together different stakeholders to promote innovation in agriculture and forestry. The FOREST4EU project promotes the different OGs in the EU countries and their innovations and organises them in five different Innovation Hubs (ITHubs). A total of 176 innovations from 86 OGs were identified, presented with extended summaries and prioritised in three steps (evaluation by project partners, by experts and at a workshop). In nine EU countries, a selection of the five most relevant innovations per ITHub was made (25 in total). In the case of Slovenia, Croatia, Latvia, and Portugal, one of the top-ranked innovations was the method for estimating the carbon stored in the woody biomass of forests for payments for ecosystem services of the GO FOR.TRACK Operational Group. This paper presents an innovative method for calculating the carbon stock based on forest biomass data that could be used to estimate the carbon stock in forest biomass and establish a voluntary market for emission credits. This is an innovation that could also benefit stakeholders in Slovenia.

**Key words:** operational groups, knowledge, innovation, carbon credits

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Inovacije v gozdarstvu niso omejene le na tehnološke izboljšave, temveč zajemajo širok spekter izboljšav, ki vplivajo na različne vidike gozdarskih praks. Inovacija je »nova zamisel, ki se uspešno uresniči in je lahko tehnološka, pa tudi netehnolo-

ška, organizacijska ali družbena. Inovacija lahko temelji na novih, pa tudi na tradicionalnih praksah v novem geografskem ali okoljskem kontekstu. Nova ideja je lahko izdelek, praksa, storitev, proizvodni proces ali nov način organizacije stvari itd. Nova zamisel postane inovacija le, če je splošno sprejeta in v praksi dokaže svojo uporabnost.“ (EK, 2014).

<sup>1</sup> A. G. J., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Dr. F. G., University of Florence, Department of agriculture, food, environment and forestry. 50145 Florence, Italy, francesca.giannettiti@etaflorence.it

<sup>3</sup> S. A., University of Florence, Department of agriculture, food, environment and forestry. 50145 Florence, Italy, solaria.anzilotti@unifi.it

<sup>4</sup> M. T., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko. Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, matevz.triplat@gozdis.si

Politika razvoja podeželja EU poudarja pomen ustanavljanja operativnih skupin (OS) kot enega izmed najpomembnejših ukrepov za spodbujanje inovacij na področju kmetijstva in gozdarstva. Te skupine so v središču Evropskega partnerstva za inovacije (EIP) na področju kmetijske produktivnosti in trajnosti, znanega kot EIP-AGRI. V okviru EIP-AGRI so OS mreža strokovnjakov, ki se združujejo v inovativne projekte, ki jih financirajo iz programov razvoja podeželja (PRP). Njihov glavni cilj je preoblikovati inovativne ideje v izvedljive rešitve (Parzonko in sod., 2022). Združujejo različne deležnike v kmetijstvu, kot so kmetje, gozdarji, raziskovalci, svetovalci, podjetja, okoljske in interesne skupine ter druge nevladne organizacije. Njihov cilj je pospeševati inovacije v kmetijstvu, gozdarstvu in na podeželju ter poiskati praktične rešitve za izzive, s katerimi se akterji soočajo pri svojem vsakdanjem delu (EU CAP NETWORK, b. l.). Spodbujajo trajnostne in praktične rešitve za izzive v kmetijstvu in gozdarstvu. OS lahko opredelimo kot inovacijske posrednike, kar poudarja njihovo ključno vlogo pri prenosu znanja in izmenjavi izkušenj med različnimi deležniki (Nieto in sod., 2021).

## 2 PROJEKT FOREST4EU

### 2 FOREST4EU PROJECT

Evropski gozdarski in kmetijsko-gozdarski sektor sta osrednja dela evropskega zelenega dogovora in imata ključno vlogo pri trajnostni in nevtralnemu naravnani prihodnosti, vključno z evropskimi strategijami (EK, 2023). Evropa želi okrepiti in spodbujati sodelovanje raziskovalcev in drugih akterjev ter spodbujati inovacije (EK, 2023). Inovacijo razumemo kot specifičen proces, ko se ideja, izum ali novost praktično uporabi ali uvede na trg ali v prakso (Weiss in sod., 2020). Med različnimi pobudami ukrepov EIP-AGRI za inovacije in izmenjavo znanja OS štejejo za ključne projekte; služijo za vzpostavitev učinkovite medsektorske in medinstitucionalne komunikacije v praksi ter za krepitev inovacij v sektorjih, povezanih s kmetijstvom in gozdarstvom (Fieldsend A.F. in sod., 2021).

V okviru projekta FOREST4EU spodbujamo OS za gozdarstvo in kmetijsko-gozdarske sisteme. Gre za projekt programa Obzorje Evropa, ki želi povezati obstoječe OS različnih evropskih držav. S projektom spodbujamo prenos znanja in dobrih praks med stro-

kovnjaki. V projekt je vključenih šestnajst partnerjev iz devetih evropskih držav. Za spodbujanje inovativnosti v kmetijstvu in izboljšanje prenosa znanja med različnimi regijami in sektorji je bila ključna vzpostavitev medregionalnih, medsektorskih in tematskih stičišč inovacij (imenovanih ITHubs), ki se osredotočajo na pet inovacijskih področij, ključnih za prihodnost gozdarstva. Pet inovacijskih področij je: (1) mobilizacija lesa, tj. izboljšanje dodane vrednosti pridobivanja lesa in izboljšanje razpoložljivosti potenciala lesne biomase iz zasebnih gozdov; (2) prilagajanje gozdov podnebnim spremembam, tj. iskanje novih rešitev, ki gozdarjem pomagajo prilagoditi gospodarjenje z gozdovi na vpliv podnebnih sprememb; (3) trajnostno gospodarjenje z gozdovi in ekosistemskimi storitvami, tj. spodbujanje praks, ki urejajo pridobivanje lesa za druge ekosistemске storitve; (4) nelesni gozdni proizvodi za razvoj in izmenjavo novih poslovnih modelov za dobavo nelesnih gozdnih proizvodov; (5) sistemi kmetijsko-gozdarske proizvodnje za načrtovanje in izvajanje prilagojenih podpornih ukrepov politike znotraj sistema kmetijsko-gozdarske proizvodnje.

FOREST4EU sledi razumevanju inovacij operativnih skupin EIP-AGRI, kot so le-te opredeljene v Smernicah o programiranju za inovacije in izvajanju EIP za kmetijsko produktivnost in trajnost (2013). Inovacija presega določen izum ali novost s poudarjanjem procesa njene praktične uporabe in doseganja uspeha (Weiss in sod., 2020). Inovacije v izbranih OS EIP-AGRI delimo na: tehnološke, procesne, proizvodne, storitvene, organizacijske ali družbene inovacije. Tehnološke inovacije v gozdarstvu izboljšujejo učinkovitost in natančnost z razvojem novih orodij, opreme in sistemov. Napredne tehnologije, kot so senzorski sistemi, daljinsko zaznavanje, droni in sateliti, omogočajo podrobno spremljanje gozdov in zgodnje odkrivanje težav. Pametna gozdarska oprema, avtomatizirani stroji in sistemi GNSS izboljšujejo učinkovitost, varnost in trajnostno rabo virov. Procesne inovacije optimizirajo gozdarske dejavnosti, povečujejo učinkovitost in zmanjšujejo stroške z uporabo naprednih algoritmov in novih metod trajnostnega upravljanja gozdov. Proizvodne inovacije uvajajo nove metode za pridobivanje in predelavo gozdnih virov, povečujejo produktivnost ter zmanjšujejo okoljski vpliv. Razvoj novih materialov iz lesa prispeva k zmanjšanju emisij in odvisnosti od neobnovljivih virov. Storitvene inovacije izboljšujejo storitve, kot so izobraževanje gozdarjev in svetovanje

na področju trajnostnega upravljanja gozdov. Organizacijske inovacije prinašajo spremembe v strukturi in praksi gozdarskih organizacij, spodbujajo sodelovanje in izmenjavo znanj med deležniki ter izboljšujejo dokumentiranje in načrtovanje gozdarskih praks. Družbene inovacije prispevajo k boljšemu življenju lokalnih skupnosti z rešitvami, ki ne temeljijo na dobičku, pač pa na vključevanju prebivalstva in ciljih družbene blaginje.

## **2.1 Zbirka obstoječega praktičnega znanja (inovacij) gozdarskih in kmetijsko-gozdarskih operativnih skupin**

### **2.1 Compilation of knowledge (innovations) of forestry and agroforestry operational groups**

Člani petih inovacijskih stičišč (ITHubov) so prepoznali glavne izzive in potrebe, s katerimi se soočajo gozdarji in drugi strokovnjaki v povezavi s področji obravnavanih ITHubov. Na podlagi ugotovitev so ITHubi zbirali praktično znanje o inovacijah, ki so jih ustvarili izbrani OS EIP-AGRI, in rešujejo ugotovljene izzive in potrebe. Zbiranje inovacij je potekalo z namensko analizo rezultatov ustreznih OS, ki pripadajo vsakemu ITHubu. Aktivnosti so potekale v dogovoru in s sodelovanjem koordinatorjev izbranih OS.

## **2.2 Izdelava razširjenih povzetkov**

### **2.2 Creating extended summaries**

Na podlagi zbranega gradiva in neposredne izmenjave informacij z OS so člani ITHubov izdelali praktične povzetke (v angleščini) za vsako identificirano inovacijo. Pomembno je poudariti, da so rezultati gozdarskih in kmetijsko-gozdarskih OS na voljo le v nacionalnih jezikih. Na podlagi obstoječega praktičnega znanja je projektna skupina FOREST4EU pripravila 176 razširjenih povzetkov. Projekt FOREST4EU bo praktično znanje o inovacijah ponudil na voljo širši javnosti, s čimer bo izboljšal prenos praktičnega znanja z lokalne ali nacionalne ravni na raven EU.

## **2.3 Postopek izbire inovacij v Sloveniji**

### **2.3 Innovation selection process in Slovenia**

Vsak partner projekta FOREST4EU je ocenil 176 inovacij glede na nacionalno pomembnost kakor tudi z vidika EU. Na podlagi rezultatov razvrstitve iz vsake od sodelujočih držav je bilo izbranih dvajset najvišje uvrščenih inovacij na ITHub (skupaj sto). V drugem koraku so bili vključeni nacionalni strokovnjaki, ki so presojali dvajset inovacij na ITHub. V Sloveniji je sodelovalo dvanajst različnih strokovnjakov, prepoznanih deset najbolj pomembnih inovacij na ITHub, ki so bile nato predstavljene širši javnosti v okviru delavnice, ki je potekala na Gozdarskem inštitutu Slovenije in se je udeležilo približno petdeset udeležencev iz različnih ciljnih skupin. Za boljše razumevanje inovacij so udeležencem predstavili praktične primere različnih vrst inovacij. Po predstavitvi posamezne inovacije so jo udeleženci ocenili z uporabo interaktivnega vprašalnika. V Sloveniji smo tako za vsak ITHub izbrali pet najpomembnejših inovacij, skupaj 25. Rezultati izbranih inovacij so prikazani v preglednici 1.

Ena izmed inovacij, ki je bila prepoznana kot pomembnejša, je bila inovacija z nazivom *Ocenjevanje ogljika namenjeno plačilom za ekosistemske storitve*, ki je rezultat OS z nazivom GO FOR.TRACK. Inovacijo so kot pomembno prepoznali tudi na delavnicah v drugih državah, kot so Hrvaška, Latvija in Španija. V nadaljevanju podrobneje predstavljamo omenjeno operativno skupino in izbrano inovacijo.

## Preglednica 1: Izbrane inovacije 5 ITHubov v Sloveniji

Table 1: Selected innovations from 5 ITHubs in Slovenia

<b>ITHUB 1: Mobilizacija lesa (Wood mobilization)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) ePosestni načrt MojGozdar (<i>Creating Your Own Estate Plan with Online Portal MojGozdar</i>);</li> <li>(2) Sistem ocenjevanja kakovosti izvajalcev MojGozdar (A System for Quality Assessment of Forestry Contractors);</li> <li>(3) Orodje za izračun stroškov pridobivanja lesa—WoodChainManager (Assessment of Costs in Harvesting Systems using a Web-based Tool (WoodChainManager));</li> <li>(4) Konstrukcijski les iz bukovine (vezane plošče iz luščene garnirja) (Laminated Veneer Lumber of beech trees);</li> <li>(5) Orodje za razvrščanje okroglega lesa – Sortimentacija MojGozdar (Online tool for quality classification of round-wood).</li> </ol>
<b>ITHUB 2: Prilagajanje gozdov podnebnim spremembam (Adaptation of forests to climate change)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Učni modul Gozdarji, zdaj ste vi na vrsti (Educational module “Foresters, it’s your turn to play”);</li> <li>(2) Uporaba modela SlideforMap za oceno hidrološkega tveganja v trajnostno gospodarjenih gozdovih (Application of SlideforMap for the hydrological risk assessment in sustainable managed forests);</li> <li>(3) BioClimSol: sistem za podporo odločanju, ki vključuje prihodnje podnebne in talne razmere (Bioclimsol : a decision support system integrating future climate and ground conditions);</li> <li>(4) Brezpilotni letalnik in multispektralna kaamera za kartiranje sušno izpostavljenega gozdnega območja (UAV and multispectral camera to map stressed forest area);</li> <li>(5) Trajnosten čebelji gozd – koncept in implementacija (“The „Sustainable bee forest“ concept and implementation).</li> </ol>
<b>ITHUB 3: Trajnostno upravljanje z gozdovi in ekosistemskimi storitvami (Sustainable management of forests and ecosystem services)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Ocenjevanje ogljika, namenjeno plačilom za ekosistemske storitve (Carbon accounting for PES);</li> <li>(2) ARCHI – metoda za diagnosticiranje vitalnosti dreves (The ARCHI method: a tool for diagnosing the vitality of trees);</li> <li>(3) Indeks biodiverzitetnega potenciala: praktično orodje za gozdne upravljalce (Index of Biodiversity Potential (IBP): a practical tool for forest managers);</li> <li>(4) Razvoj novega marteloskopa za ocenjevanje biotske raznovrstnosti in obsega rastočih rastlin (Developing a Novel Martelloscope for Assessing Biodiversity and Growing Stock Volume with the aid of a Digital Twin);</li> <li>(5) Podpora večnamenskemu gozdnogospodarskemu načrtovanju s pomočjo enostavno dostopnih informacij (Support multi-object forest management plans through easy-access information).</li> </ol>
<b>ITHUB 4: Nelesni gozdni proizvodi (Other (non – timber) forest products)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Vzpostavlanje novih poslovnih modelov za trženje nelesnih gozdnih proizvodov (Establishing new business models with NWFP);</li> <li>(2) Biološko zdravljenje kostonjevega raka (Cryphonectria parasitica) na Portugalskem (Biological Treatment of cancer chestnut (Cryphonectria parasitica) in Portugal);</li> <li>(3) Prototip mobilne peči za proizvodnjo oglja (Mobile charcoal pile prototype for biochar production in situ);</li> <li>(4) Valorizacija zapostavljene rastlinske vrste (bezeg) (Valorization of a neglected plant);</li> <li>(5) Premazi iz gobjih stranskih produktov (Post—harvest coatings from mushroom by products).</li> </ol>
<b>ITHUB 5: Kmetijsko-gozdardstvo (Agroforestry)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Omrežje Kmetijsko-gozdardstvo v Avstriji (“Agroforestry in Austria” Network);</li> <li>(2) Merila in kazalniki za certificiranje trajnostnega upravljanja kmetijsko-gozdarskega sistema PEFC („Criteria and indicators for the certification of the sustainable management of an agroforestry system PEFC“);</li> <li>(3) V prakso usmerjeno svetovanje za kmetijsko-gozdarske sisteme v Avstriji (Practitioner-oriented consulting for agroforestry systems in Austria);</li> <li>(4) Izvedljiv načrt po korakih s praktičnimi smernicami in konkretnimi načrti, ki omogočajo uporabo kmetijskega gozdarstva na kmetijah („A feasible step—by—step plan with practical guidelines and concrete designs to enable the application of agroforestry on farms“);</li> <li>(5) Lokalna proizvodnja biomase iz mejic (Local densified log industry).</li> </ol>

### 3 RAZVOJ SISTEMA ZA PODPORO ODLOČANJU ZA STALNO KARTIRANJE GOZDNIH VIROV (GO FOR.TRACK)

### 3 DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CONTINUOUS MAPPING OF FOREST RESOURCES (GO FOR.TRACK)

Gozdovi zagotavljajo več kot le les in nelesne materiale; zagotavljajo široko paleto dodatnih storitev, vključno z ustvarjanjem habitatov za biotsko raznovrstnost, čiščenje vode ter uravnavanje poplav in podnebja (Fortrack, 2024). Njihova sposobnost zadrževanja ogljika, zagotavljanja hlajenja in dobave obnovljivih surovin, hrane in zdravil je bistvenega pomena za boj proti podnebnim spremembam, prehod na krožno biogospodarstvo in spodbujanje splošnega zdravja družbe. Gospodarska trajnost gozdarskega sektorja EU ostaja temeljni vidik trajnostnega gospodarjenja z gozdovi. Poleg tega je gospodarska trajnost ključnega pomena za ohranjanje različnih koristi, ki jih gozdovi zagotavljajo družbi za zagotavljanje preživetja podeželskih skupnosti. Tako javna kot zasebna plačila za storitve gozdnih ekosistemov ponujajo alternativo za zagotavljanje financiranja večnamenskega gospodarjenja z gozdovi ter trajnostnega vzdrževanja storitev ekosistemov. V tem kontekstu je pomembno razviti metode za količinsko opredelitev ekosistemskih storitev, za katere obstaja tržni potencialni. Cilj GO FOR.TRACK je bil razviti in preizkusiti sistem za podporo odločanju, ki omogoča izvajanje praks gojenja gozdov na preprost in intuitiven način posodabljanja ter ustvarjanja načrtov upravljanja z gozdovi.

Z novimi tehnološkimi orodji sistem krepi tržno moč zasebnih lastnikov gozdov, gozdarskih podjetij, javnih upravljavcev, storitvenih in tržnih podjetij ter samostojnih podjetnikov in omogoča ohranjanje gozdne dediščine dežele Kalabrije. Omogoča prenos raziskovalnih tehnik v prakso, vključno s prostorskimi tehnologijami, daljinskim zaznavanjem, prostorskim modeliranjem in računalniškimi algoritmi. Podjetjem omogoča preprosto nalaganje podatkov popisa gozdov in samodejno ustvarjanje zemljevidov gozdnih virov ter topografskih podatkov (npr. nadmorska višina, naklon, dostopnost). Tako se bistveno spremeni

način priprave gozdnogospodarskih načrtov, saj revizije zagotavljajo ažurne podatke, zmanjšujejo stroške in tako povečujejo tržno moč.

Glavni pričakovani učinek je predlagati spremembo pristopa h gospodarjenju z gozdovi z uporabo informacijskega sistema, ki omogoča preprosto in samodejno povezovanje različnih baz podatkov. Razvit je bil preprost sistem, ki omogoča enostavno iskanje informacij in dokumentov na ravni podjetja. Nove tehnologije pomagajo povečati ekonomsko dodano vrednost gozdarskih dejavnosti z zmanjšanjem stroškov priprave in nadzora načrtov upravljanja, spodbujajo ocenjevanja ekosistemskih storitev in ponujajo nov pogled na tradicionalno gospodarjenje z gozdovi, ki se osredotoča predvsem na obračun ogljika, skladiščenega v lesni biomasi. Izvedba sistema za podporo odločanju omogoča dostop do tehnologij, ki niso bile na voljo zaradi pomanjkanja znanja programiranja med podjetji in strokovnjaki v sektorju.

Glavni pričakovani učinek operativne skupine je, da bi predlagane metodologije lahko izboljšale konkurenčnost gozdarskega sektorja v regiji Kalabrije z zmanjšanjem stroškov pridobivanja informacij, ki so trenutno zelo veliki. Poleg tega sistemski modul, uveden na regionalni ravni, predstavlja prvo informacijsko bazo, dostopno vsem podjetjem in strokovnjakom, kar bo povzročilo korenito spremembo pri pridobivanju informacij o gozdnih sistemih Toskane in še posebno v vseh občinah Kalabrije. V Italiji še ni nacionalnega trga ogljika, dejavnosti pa potekajo predvsem v prostovoljnem sektorju. V tem kontekstu sta izračun stanja običajnega gospodarjenja (angleško »*business as usual*« *krajše BAU*) in nadomestilo, ki izhaja iz prilagojenega načina gospodarjenja z gozdno posestjo, ključnega pomena.

### 3.1 Inovacija Obračunavanje ogljika, namenjeno plačilom za ekosistemske storitve

### 3.1 Innovation Carbon accounting to pay for ecosystem services

Kopenski ekosistemi, vključno z gozdovi, imajo pomembno vlogo v kroženju ogljika, saj delujejo kot ponori in viri ogljikovega dioksida, odvisno od njihovih razmer, uporabljenih praks upravljanja ter človeških in naravnih povezav znotraj siste-



mov. Mednarodna tehnična in politična telesa, ki se ukvarjajo s podnebnimi spremembami in težavami povečevanja emisij ogljika, so ustvarili celovit sistem za izračun in vrednotenje emisijki ga redno pregledujejo in posodablajo na letnih konferencah (COP/MOP).

V tem kontekstu je bistveno upoštevati ogljik, ki ga hranijo gozdni ekosistemi. Prav tako je ključnega pomena oceniti potencialna povečanja in zmanjšanja CO<sub>2</sub>, ki jih lahko države uporabijo za zmanjšanje stroškov, povezanih s preseganjem mejnih vrednosti emisij, ki jih je do leta 2020 določal Kjotski protokol (v EU zdaj to določajo različne uredbe). Omenjeni protokol in njegov nadaljnji razvoj sta postavila temelje do opredelitev in ureditve trgovanja z ogljikom. Trg ogljičnih dobropisov širi možnost razvoja energetskih načrtov z mednarodne ravni na nacionalno, regionalno in lokalno raven, in sicer tako, da omogoča trgovanje z emisijskimi kuponi. Poleg tega obstaja izravnava ogljika, kjer se zmanjšajo emisije ogljikovega dioksida ali toplogrednih plinov, da se nadomestijo emisije, ki nastanejo drugje. V tem kontekstu razlikujemo med dvema glavnima sistemoma, in sicer: uradni trg za trgovanje z emisijami (npr. EU ETS) in prostovoljni trg. Na obeh se trguje z emisijskimi kuponi za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, enega glavnih vzrokov podnebnih sprememb. Emisijski kupon je dovoljenje, ki ga država ali ustrezna organizacija podeli podjetjem za izpust določene količine toplogrednih plinov, največkrat izražene v tonah CO<sub>2</sub>.

## 3.2 Uradni trg

### 3.2 Official market

Uradni trg za Kjotski protokol zajema vse vrste kuponov, vključno z enoto odvzema (RMU) za rabo zemljišč, spremembo rabe zemljišč in gozdarstvo (LULUCF). Zgornja meja je najmanjši znesek, ki ga država jamči v neprenosljivih enotah dodeljene količine (AAU), potrjenih zmanjšanjih emisij (CER), enotah zmanjšanjih emisij (ERU) in RMU-jih za vzdrževanje rezerve za ciljno obdobje. Od leta 2008 Italija uporablja ogljične dobropise iz svojih gozdov za mednarodne cilje Kjotskega protokola. Trenutno na uradnem trgu ni mogoče sodelovati s posameznim upravljavcem ali lastnikom gozdov.

Poleg tega v Italiji še ni mehanizma za nadomestilo lastnikom za emisijske kupone (UNFCCC, 2008).

Tradicionalni odvzemi na zemljiščih (pogozdovanje, ponovno pogozdovanje, sekvestracija ogljika v tleh) niso povezani z EU ETS prek mehanizmov prožnosti. Zato je zelo malo verjetno, da bi imelo ogljično kmetijstvo v okviru sistema EU ETS pomembno vlogo. Poleg tega Evropska komisija razmišlja o vključitvi takšnih odvzemov v sistem trgovanja z emisijami v kmetijstvu (Tamme, 2024).

## 3.3 Prostovoljni trg

### 3.3 Voluntary market

Prostovoljni ogljični trg je zanimiv za lastnike gozdov in podjetja, ker temelji na prostovoljnih pravilih znotraj sistema in ni navezan na določeni cilj. Pri prostovoljnem trgu je treba opredeliti razliko v količini uskladiščenega ogljika pri gospodarjenju z izbranim območjem v izbranem obdobju. To je lahko težavno, vendar nekateri certifikacijski programi, kot so program za potrjevanje certificiranja gozdov (PEFC), svet za gospodarjenje z gozdovi (FSC), standard preverjenega ogljika (VERRA) ali program Gold Standard, ponujajo metodologije za izračun skladiščenega ogljika. Programi zagotavljajo splošen okvir znanja za količinsko opredelitev skladiščenja ogljika, kar je mogoče uporabiti v tržne ali dobrodelne namene po ceni od 5,50 do 30 EUR na tono CO<sub>2</sub>. Čeprav vsak certifikacijski program uporablja različne metodologije za količinsko opredelitev skladiščenja ogljika, obstajajo formalni standardi za njihovo količinsko opredelitev, ki temeljijo na sodelovanju med onesnaževalci, regulatorji, okoljevarstveniki in razvijalci projektov.

V dveh gozdarskih podjetjih, ki sta del partnerstva operativne skupine GO FOR.TRACK, uporabljajo »izboljšano gospodarjenje z gozdovi« kot izravnalni ukrep. Če želi kompleks obeh gozdarskih podjetij vstopiti na prostovoljni trg emisijskih kuponov, mora upoštevati nekaj osnovnih tehničnih pravil:

- dodatnost je treba izračunati v običajnih razmerah upravljanja. To pomeni, da jih izračunajo s specifičnim projektom, ki se razlikuje od običajnega dela (BAU). Upoštevati je mogoče le dejavnosti, ki vodijo do zmanjšanja emisij

in povečanega skladiščenja (dodatnega) v primerjavi z BAU;

- učinki absorpcije morajo biti skozi čas trajni. Tveganja, povezana s požari, nevihtami in napadi škodljivcev, je treba vedno obravnavati z veliko previdnostjo;
- obstajati mora ravnotežje med naložbami v skladiščenje ogljika in naložbami v ohranjanje ter pretvorbo energije, pri čemer je treba upoštevati tudi interese kupcev kuponov;
- dodatnost je treba meriti in boljše je, če to poteka s preverljivimi metodološkimi standardi.

### 3.4 Metodološki pristop inovacije

#### 3.4 Methodological approach of the innovation

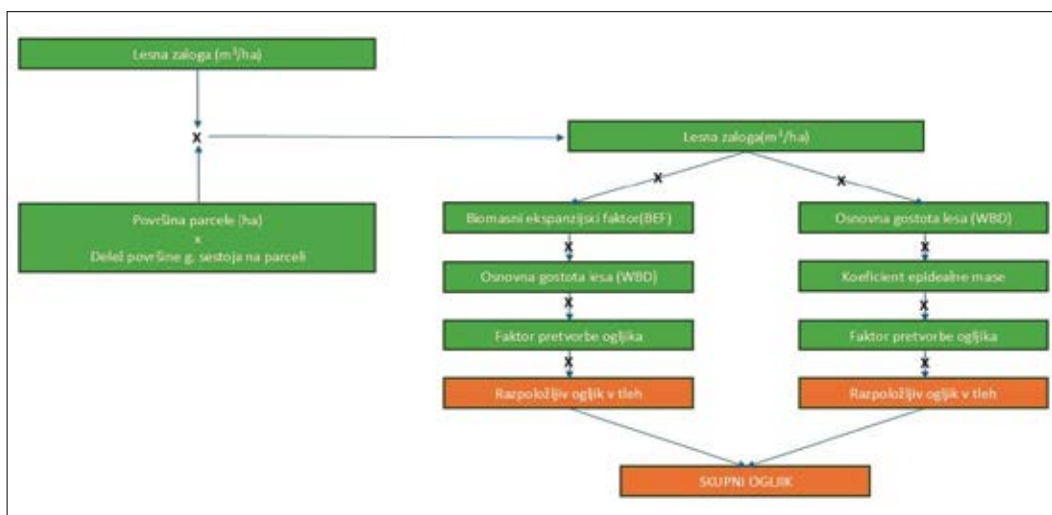
Za kartiranje gozdne biomase je ključnega pomena dostop do različnih informacij. V procesu razvoja so bili uporabljeni podatki, ki so po navadi na voljo za gozdnogospodarske načrte v dveh gozdovih, ki ju upravljata dva od partnerjev operativne skupine GO FOR.TRACK. Za kartiranje lesne zaloge kot podlage za oceno uskladiščenega ogljika v gozdnih sestojih so za italijanske gozdove razvili pristop po Federici in sod. (2008). V skladu s takim pristopom je bila lesna zaloga pretvorjena v nadzemno biomaso [t/ha] in nato v ogljik, v

skladu s shemo na sliki 1, in vrstno specifičnimi razmerji, navedenimi v preglednici 2.

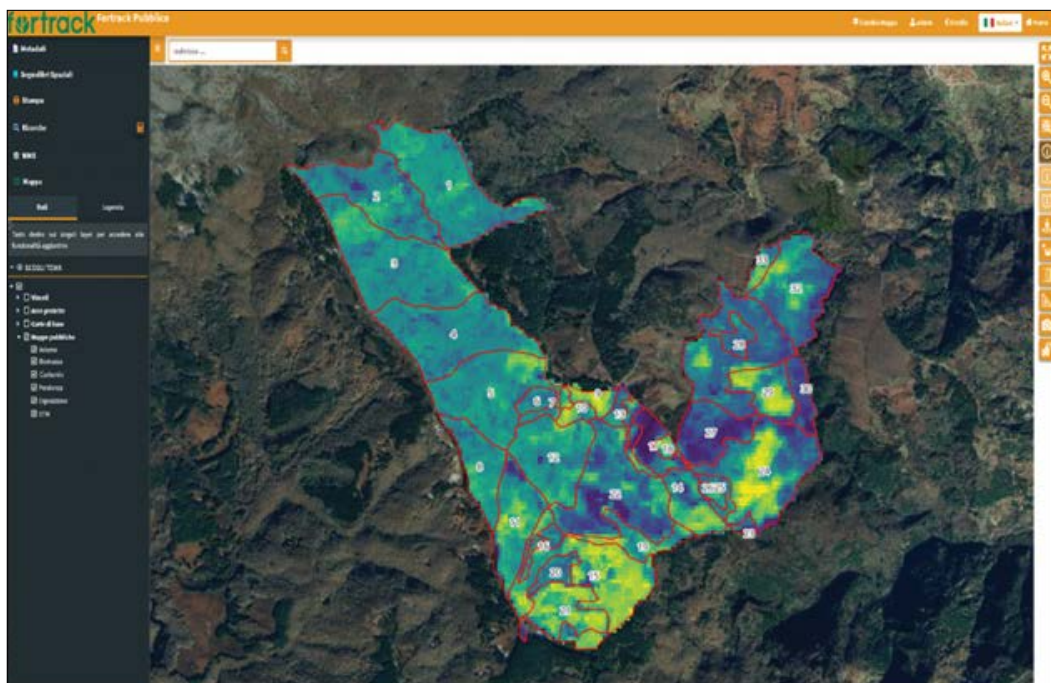
Podatke na terenu so zbrali s sprejemnikom GNSS. Opravljena je bila terenska inventura, med katero so poleg informacije o količini lesne mase pridobili tudi natančno geolokacijo drevesa. Podatke terenske inventure so uporabili za razvoj karte lesne zaloge z uporabo posnetkov Sentinel-2. Na tej podlagi so razvili karto lesne zaloge gozdnih sestojev z rastersko resolucijo 23 x 23 m (Giannetti in sod., 2022). Za pretvorbo lesne zaloge v celotno zalogo lesne biomase so uporabili ključni informaciji: (1) prostorska porazdelitev različnih sestojev z lesno zalogo na hektar površine; (2) biomasni ekspanzijski faktor (BEF) in osnovna gostota lesa (WBD). Za pretvorbo so uporabili podrobne karte gozdnih sestojev, ki so jih razvili v okviru gozdnogospodarskih načrtov. Izračun lesne biomase sledi enačbi Federici in sod. (2008):

$$BIO = GSV * BEF * WDB.$$

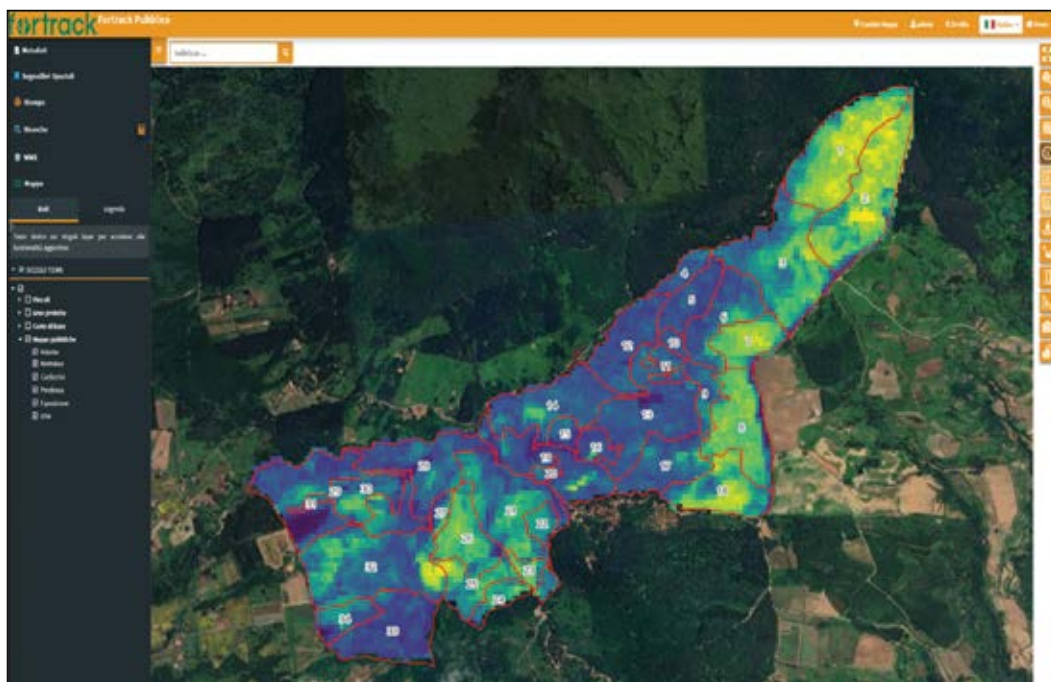
Pomen enačbe: GSV je vrednost prostornine lesne zaloge na hektar površine [m<sup>3</sup>/ha], BEF je biomasni ekspanzijski faktor za vsak tip sestoja (po CLC-CORINE Land Cover) in WBD je osnovna gostota lesa glede na drevesne vrste. Dobljena karta označujejo gozdno biomaso v suhih tonah



Slika 1: Shema za izračun ogljika, ki ga skladiščijo gozdovi zgornjega dela regije Bidente Ridracoli  
 Figure 1: Calculation scheme for the carbon storage by the forests of the upper region Bidente Ridracoli



Slika 2: Karte lesne zaloge enega območja, uvedene v sistem za podporo odločanju GO FOR.TRACK  
*Figure 2: Details of the growing stock map of one area of the OG implemented in the GO FOR.TRACK selection system*



Slika 3: Karta ogljika enega področja OS, uvedene v sistem za podporo odločanju GO FOR.TRACK  
*Figure 3: Details of the carbon of one area of the OG implemented in the GO FOR.TRACK selection system*



**Preglednica 2:** Biomasni ekspanzijski faktor (BEF), osnovna gostota lesa (WBD) in razmerje med podzemno in nadzemno biomaso (razmerje koren/poganjki—R) glede na način gospodarjenja in prevladujočo vrsto, izpeljano iz dela Federici in sod., 2008

**Table 2:** Biomass expansion factors (BEF), wood basal density (WBD) and the ratio of belowground to aboveground biomass (root/shoot ratio—R) according to management type and dominant species, derived from the work of Federici et al., 2008

Vrsta gospodarjenja	Drevesne vrste	Biomasni ekspanzijski faktor (BEF) Vrednost nadzemne biomase/lesnega volumna	Osnovna gostota lesa (WBD) Ananderjeva masa (t)/ prostornina svežega lesa (m <sup>3</sup> )	(R) Masa podzemne biomase/Masa lesne biomase
Visoki gozdovi	Smreka ( <i>Picea abies</i> )	1,29	0,38	0,29
	Jelka ( <i>Abies alba</i> )	1,34	0,38	0,28
	Bori (črni— <i>Pinus nigra</i> , Rdeči— <i>Pinus sylvestris</i> , himalajski bor . <i>Pinus wallichiana</i> )	1,33	0,47	0,36
	Drugi iglavci (grška jelka— <i>Abies cephalonica</i> , macesen— <i>Larix decidua</i> , brini— <i>Juniperus spp.</i> )	1,37	0,43	0,29
	Bukev ( <i>Fagus Sylvatica</i> )	1,36	0,61	0,20
	Cer ( <i>Quercus cerris</i> )	1,45	0,69	0,24
	Drugi hrasti ( <i>Quercus spp.</i> )	1,42	0,67	0,20
	Kostanj ( <i>Castanea sativa</i> )	1,33	0,49	0,28
	Drugi listavci (beli in črni gaber— <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Carpinus betulus</i> , češnja— <i>Prunus avium</i> )	1,47	0,53	0,24
Panjevec	Bukev ( <i>Fagus Sylvatica</i> )	1,36	0,61	0,20
	Kostanj ( <i>Castanea sativa</i> )	1,33	0,46	0,28
	Črni in beli gaber ( <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Carpinus betulus</i> )	1,28	0,66	0,28
	Cer ( <i>Quercus cerris</i> )	1,23	0,69	0,24
	Puhasti hrast ( <i>Quercus pubescens</i> )	1,23	0,69	0,24
	Drugi hrasti ( <i>Quercus spp.</i> )	1,39	0,65	0,20
	Drugi listavci (Veliki in mali jesen— <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Fraxinus ornus</i> )	1,53	0,53	0,29
Plantaže	Iglavci (Duglazija <i>Pseudotsuga menziesii</i> )	1,41	0,43	0,29

na hektar. Za pretvorbo biomase v ogljik so uporabili pretvorbeni faktor 0,5 in tako pridobili karto uskladiščenega ogljika [t/ha], ki je izhodišče za BAU (Giannetti in sod., 2022). BEF so pridobili za vsako gozdno parcelo na podlagi prevladujočih vrst, ki ga je izvedla ISAFa (ISAFa 2004), medtem ko je osnovne gostote za pretvorbe sveže prostornine v suho težo za vsako prevladujočo vrsto izpeljal Giordano (1988) (preglednica 2).

Nadzemna in podzemna biomasa vsake gozdne parcele sta bili izračunani z naslednjima enačbama:

Nadzemna biomasa =  $lesna\ zaloga\ m^3/ha * (površina\ gozdne\ parcele\ ha * odstotek\ pokritosti) * BEF * WDB$

Pomen enačbe: lesna zaloga [ $m^3/ha$ ]; površina gozdne parcele je površina, ki jo obsega sestoj v hektarih; odstotek pokritosti je odstotek pokritosti parcele z drevesnimi vrstami; BEF je biomasni ekspanzijski faktor, ki prostornino lesa pretvori v nadzemno lesno biomaso prevladujoče vrste; WDB je osnovna gostota lesa [ $t/m^3$ ] prevladujoče vrste.

Podzemna biomasa =  $lesna\ zaloga\ m^3/ha * (površina\ gozdne\ parcele\ ha * odstotek\ pokritosti) * WDB * R$

Pomen enačbe: lesna zaloga je prostornina lesa [ $m^3/ha$ ]; površina gozdne parcele je površina, izražena v hektarih; odstotek pokritosti je odstotek pokritosti parcele z gozdnimi sestoji; WDB je osnovna gostota lesa ( $t/m^3$ ) prevladujoče vrste; koeficient R pa lesno zalogo pretvori v podzemno biomaso prevladujoče vrste.

S pridobljenimi informacijami gozdne biomase so izdelali karte uskladiščenega ogljika s pretvorbenim faktorjem, izračunanim na podlagi standarda EN-16449, kar so uporabili tudi Federici in sod. (2008). Kot je navedeno v standardu EN-16449 iz leta 2014, les vsebuje različne količine celuloze (od 40 % do 55 %), hemiceluloze (od 12 % do 15 %), lignina (od 15 % do 30 %) in ekstraktivnih snovi (od 2 % do 15%), odvisno od drevesne vrste. Na podlagi sestave navedenih spojin lahko domnevamo, da je v lesu povprečna vsebnost ogljika približno 50 % suhe teže lesa. V skladu s postopkom, opisanim v Federici in sod. (2008) in standardom EN-16449 (2014), je v tem načrtu

kot vrednost za vsebnost ogljika v lesni biomasi uporabljen pretvorbeni faktor 0,50. Nadzemno biomaso, podzemno biomaso, nadzemni skladiščeni ogljik in podzemni skladiščeni ogljik so izračunali za vsak obravnavani gozdni sestoj s predstavljeno metodo.

## 4 ZAKLJUČEK

## 4 CONCLUSION

V zdajšnjem času se soočamo z vedno večjimi izzivi glede podnebnih sprememb in varstvom okolja. Vprašanje je, kako omejiti dvig globalne temperature pod kritično mejo 2 °C oziroma 1,50 °C v primerjavi s predindustrijsko ravno (Martes in Köhl, 2022). EU je prepoznala nujnost ukrepanja in je z načrtom Pripravljeni na 55 nastavila ambiciozen podnebni cilj za leto 2030 (Fit for 55, 2024). Vendar le politični okviri niso dovolj. Potrebne bodo obsežne spremembe v industrijskih procesih, energetskem sektorju in prevozu ter potrošnji, da bi dosegli zmanjševanje toplogrednih plinov (Martes in Köhl, 2022). Gozdovi imajo ključno vlogo pri uravnavanju ogljika v atmosferi. Kot največji kopenski ponor ogljika so v zadnjih desetletjih gozdovi uspeli adsorbirati približno dve milijardi ton ogljikovega dioksida na leto iz atmosfere (Bellassen in Luyssaert, 2014). Sposobnost gozdov, da vežejo in skladiščijo ogljik, je izjemno pomembna v boju proti podnebnim spremembam.

Ponori ogljika pomagajo blažiti učinke povečanih koncentracij toplogrednih plinov v ozračju, ki vodijo v podnebne spremembe (EU ETS, b. l.). Evropski gozdovi imajo trenutno pomembno vlogo pri skladiščenju ogljika in velik srednjeročni potencial za nadaljnje kopičenje ogljika, zlasti ob upoštevanju sodobnih pristopov k upravljanju gozdov. Raziskave kažejo, da ustrezno upravljanje, ki vključuje uravnoteženo intenzivnost sečnje, obnovo gozdov in nadzor nad motnjami, omogoča nadaljnje povečevanje zmogljivosti gozdov kot ponorov ogljika (Korosuo in sod., 2023). Čeprav gozdovi opravljajo to pomembno ekosistemsko storitev, so v zadnjih letih pod velikim pritiskom zaradi krčenja in uničevanja. Ohranitev in obnova gozdnih površin je zato ključnega pomena za zagotavljanje učinkovitega ponora ogljika in zmanjševanje negativnih vplivov na podnebje.

Nadaljnje raziskave in ukrepi za zaščito ter obnovo gozdov bodo v prihodnosti nujni za blaženje podnebnih sprememb. Za učinkovito spopadanje s podnebno krizo so ključnega pomena ekosistemi in rešitve, ki posnemajo naravne procese, vključno z zmožnostjo ekosistemov za shranjevanje in absorpcijo ogljika.

Pomembno je, da so gozdovi v dobrem stanju, da lahko učinkovito zajemajo in shranjujejo ogljik. V tem kontekstu morajo države EU na nacionalni ravni dosegati trend povečanja stoječe in ležeče odmrle lesne mase, gozdove z neenakomerno starostno strukturo, povezljivost gozdov, indeks splošno razširjenih gozdnih ptic in zalog organskega ogljika (EK, 2022). Izzivi, s katerim se soočata kmetijstvo in gozdarstvo EU, je pomembno podpreti z inovacijami, ki so ključne za ohranjanje konkurenčnosti in dolgoročne trajnosti. Pri preoblikovanju inovativnih zamisli v praktične rešitve, ki prinašajo konkretne koristi v kmetijstvu in gozdarstvu, imajo eno izmed ključnih vlog OS. Namen ustanovitve OS je združevanje deležnikov z raznolikimi znanji in izkušnjami. Tak pristop omogoča celovito obravnavanje aktualnih izzivov in iskanje prilagojenih rešitev.

Projekt FOREST4EU poskuša promovirati različne OS v državah EU, razvrstiti njihove inovacije v pet inovacijskih stičišč (ITHubov) in jih ovrednotiti. V postopku treh stopenj ocenjevanja smo izbrali 25 najpomembnejših inovacij. Ena izmed njih je Obračunavanje ogljika namenjeno plačilom za ekosistemske storitve. Deležniki operativne skupine GO FOR.TRACK so razvili metodo ocenjevanja količine ogljika, ki temelji na terenskih meritvah gozdnih sestojev, prosto dostopnih podatkih iz gozdnogospodarskih načrtov ter uporabi satelitskih podatkov. Merjenje količine CO<sub>2</sub> v gozdnih ekosistemih je obvezno v podporo novi strategiji EU za gozdove do leta 2030, vodilni pobudi zelenega dogovora EU, da bi do leta 2050 dosegli nevtralnost glede emisij toplogrednih plinov. V tem okviru je ocena gozdne biomase ključna za oceno potenciala gozdnih ekosistemov za skladiščenje ogljika (Giannetti in sod., 2022). Za italijanske gozdove je nastal model na primeru dela Federici in sod. (2008). Podatki sprva niso bili uporabljani za trg z emisijskimi kuponi, ampak le za zagotavljanje referenčnega okvira za BAU in

za sprožitev predlaganih sprememb upravljanja za izračun nadomestil v poznejši fazi. Inovacija ima potencial za oceno zaloge ogljika v gozdovih in izračun odvzemov ogljika v času ter tako vzpostavitev trga, ki bi lahko koristil številnim deležnikom tudi v Sloveniji. Inovacija ocenjevanja uskladiščenega ogljika GO FOR.TRACK poudarja pomen podatkovno vodenih rešitev pri napredovanju okoljskih ciljev in ustvarjanju gospodarskih priložnosti prek mehanizmov, kot so emisijski kuponi.

Mreženje operativnih skupin v okviru programa razvoja podeželja in projekta FOREST4EU se je izkazalo za ključno pri spodbujanju inovacij in trajnosti v kmetijsko-gozdarskem sektorju. V nadaljevanju je stalna podpora OS in njihovim inovativnim projektom ključnega pomena za spodbujanje napredka k bolj trajnostnemu in ekonomsko uspešnemu gozdarskemu sektorju v Sloveniji in širše.

## 5 ZAHVALA

## 5 ACKNOWLEDGEMENT

Prispevek je nastal v okviru projekta FOREST4EU (*FOREST4EU-European innovation partnership network promoting operational group dedicated to forestry and agroforestry*), ki ga financira program Obzorje Evropa (GA 101086216).

## 6 VIRI

## 6 REFERENCES

- STANDARD EN 16449:2014. Wood And Wood-Based Products. Calculation Of The Biogenic Carbon Content Of Wood And Conversion To Carbon Dioxide (British Standard). 2014.
- Bellassen V., Luysaert S. 2014. Carbon sequestration : Managing forests in uncertain times. *Nature*, 506 : 153155. <https://doi.org/10.1038/506153a>.
- EU Cap Network. Bruselj, Evropska komisija. [https://eu-cap-network.ec.europa.eu/operational-groups\\_en](https://eu-cap-network.ec.europa.eu/operational-groups_en) (24.5.2024).
- EU Emissions Trading System (EU ETS). Bruselj, Evropska komisija. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en) (28.06.2024).
- Evropska komisija. (2022). Predlog Uredba Evropskega parlamenta in sveta o obnovi narave. COM (2022). Bruselj. Dostopano: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0304> (3.12.2024).

- Evropska komisija. (2023). Guidance to Member States in improving the contribution of land-use, forestry and agriculture to enhance climate, energy and environment ambition.
- Evropska komisija (2014). Guidelines on programming for innovation and the implementation of the EIP for agricultural productivity and sustainability. Bruselj, Belgija. 22 str. Dostopano: [https://eu-cap-network.ec.europa.eu/publications/guidelines-programming-innovation-and-implementation-eip-agricultural-productivity-and\\_en](https://eu-cap-network.ec.europa.eu/publications/guidelines-programming-innovation-and-implementation-eip-agricultural-productivity-and_en) (3.12.2024).
- Federici, S., Vitullo, M., Tulipano, S., De Lauretis, R., Seufert, G. 2008. An approach to estimate carbon stocks change in forest carbon pools under the UN-FCCC: The Italian case. *IForest*, 1, 86–95.
- Fortrack. <https://fortrack.it/> (29.05.2024).
- Fieldsend A.F., Cronin E., Varga E., Biro S., Rogge E. (2021). 'Sharing the space' in the agricultural knowledge and innovation system: multi-actor innovation partnerships with farmers and foresters in Europe. *J. Agric. Educ. Ext.* 27, 423–442. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2021.1873156>.
- Fit for 55. Bruselj, Evropski svet. <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55/> (28.06.2024).
- Giannetti, F.; Chirici, G.; Vangi, E.; Corona, P.; Maselli, F.; Chiesi, M.; D'Amico, G.; Puletti, N. 2022. Wall-to-Wall Mapping of Forest Biomass and Wood Volume Increment in Italy. *Forests*, 13, 1989. <https://doi.org/10.3390/f13121989>.
- Giordano, G. 1988. Tecnologia del legno, Tecnologia del legno. Unione tipografico-editrice torinese.
- Guidelines On Programming for Innovation and Implementation of the EIP for Agricultural Productivity and Sustainability. 2013. Brussels, European Commission.
- INFC Il disegno di campionatoo. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. 2004.
- Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULCF). <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulcf> (24.5.2024).
- Martes L., Köhl M. 2022. Improving the Contribution of Forests to Carbon Neutrality under Different Policies – A Case Study from the Hamburg Metropolitan Area. *Sustainability*, 14, 2088. <https://doi.org/10.3390/su14042088>.
- Ministrstvo za naravne vire in prostor, Direktorat za okolje, Sektor za podnebne spremembe in biotehnologijo. Trogavnje s pravicami do emisije. <https://www.gov.si teme/trgovanje-s-pravicami-do-emisije/> (10.06.2024).
- Nieto Aleman P A., Garcia-Alvarez-Coque J., Corbi J M., Pineiro V. 2021. Collaboration through EIP-AGRI operational groups and their role as innovation intermediaries' special issue innovation and sustainability of agri-food system in the Mediterranean area. *New Medit*, 3: 17 – 32. <http://dx.doi.org/10.30682/nm2103b>.
- Operativne skupine: spremenite svojo zamisel v inovacijo. 2016. [brochure\\_operationalgroups\\_slovenian\\_web.pdf](https://www.slovenski.gov.si/skopsi/26.06.2024) (skp.si)(26.06.2024).
- Parzonko A J., Wawrzyniak S., Krzyzanowska K. 2022. The role of the innovation broker in the formation of EIP-AGRI operational groups. *Annals of the polish association of agricultural and agribusiness economists*, 24, 1: 194 – 208. <http://dx.doi.org/10.5604/01.3001.0015.7252>.
- Tamme E. 2024. How to Include Carbon Removals in the EU ETS? By Eve Tamme / Carbon Removal, Carbon Markets, Climate Policy, European Union, Net Zero. Dostopano: <https://evetamme.com/2023/09/10/carbon-removals-in-the-eu-ets/> (3.12.2024).
- Vayreda J., Martinez-Vilalta J., Gracia M., Retana J. 2012. Recent climate changes interact with stand structure and management to determine changes in tree carbon stock in Spanish forests. *Global Change Biology*, 18, 10281041. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02606.x>.
- Weiss G., Ludvig A., Živojinović I. 2020. Four decades of innovation research in forestry and the forest-based industries – a systematic literature review. *Forest Policy and Economics*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102288>.