

Nekaj scenarijev vplivov gozdne politike na kroženje ogljika na primeru Slovenije

Some scenarios of the impact of forest policy on the carbon cycle on the example of Slovenia

Aleksander GOLOB¹

Izvleček:

Golob, A.: Nekaj scenarijev vplivov gozdne politike na kroženje ogljika na primeru Slovenije. *Gozdarski vestnik*, 65/2007, št. 5-6. V slovenščini, z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 30. Prevod v angleščino: avtor. Lektura angleškega besedila: Jana Oštir.

V prispevku je predstavljen model tokov in skladišč ogljika v organski snovi povezani z gozdom za namene gozdne politike. Zlasti glede ohranjanja mrtve organske snovi je pomembno preprečevati steljarjenje in gozdne požare, sicer pa se je ob ohranjanju stabilne površine gozdov smotno osredotočiti na živo organsko snov v gozdnih ekosistemih, ki se jo v Sloveniji ohranja z določanjem največjega možnega poseka. Njen delež je bil za slovenske gozdove ocenjen na 53 % in bi se moral v smislu doseganja optimalne lesne zaloge še nekoliko povečati. Izdelani so trije scenariji možnih vplivov odločitev v gozdni politiki na učinek gozdno-lesnega sektorja na zaviranje naraščanja koncentracij CO₂ v atmosferi do leta 2100. Dva scenarija z uravnoteženo stopnjo sečenj glede na prirastek v smislu trajnostnega gospodarjenja z gozdovi kažeta boljše učinke na kroženje ogljika kot scenarij, po katerem bi gozdove v Sloveniji prepustili naravnemu razvoju brez sečenj. Ti učinki so posledica vloge lesnih proizvodov pri nadomeščanju ogljika, ki bi se sicer v atmosfero sprostil iz fosilnih goriv ob njihovi neposredni energetski uporabi ali pri proizvodnji materialov, ki jih je mogoče nadomestiti z lesnimi proizvodi zlasti v gradbeništvu. Celotni zaviralni učinek gozdno-lesnega sektorja na koncentracije CO₂ je ob trajnostnem gospodarjenju z gozdovi in smotni rabi lesa ocenjen na obseg, ki je enak prirastku lesa, če ga izrazimo z ekvivalentom CO₂. Ta učinek je lahko nenehen, medtem ko bi lahko gozdovi delovali kot ponor CO₂ največ do leta 2040, če želimo, da ohranjajo njihovo multifunkcionalno vlogo.

Ključne besede: gozdna politika, kroženje ogljika, konvencija ZN o spremembi podnebja, modeliranje

Abstract:

Golob, A.: Some scenarios of the impact of forest policy on the carbon cycle on the example of Slovenia. *Gozdarski vestnik*, Vol. 65/2007, No. 5-6. In Slovene, with abstract and summary in English, lit. quot. 30. Translated into English by the author. English language editing by Jana Oštir.

The paper presents a model of carbon flows and pools in forest related organic matter for the purposes of forest policy. In order to conserve dead organic matter, it is important to prevent litter gathering and forest fires. Under the condition the forest area remains unchanged, special attention should be focused on the living forest biomass, which is being preserved in Slovenian forests through determination of allowable cut. The share of living biomass is estimated to be 53 % and should still be slightly augmented to reach the optimal growing stock. Three scenarios of possible impacts of forest policy decisions intended to retard the rising of CO₂ concentrations in the atmosphere until the year 2100 have been elaborated. Two scenarios with a balanced level of felling in relation to increment in line with sustainable forest management show better impacts on the carbon cycle than does the scenario according to which forests would be left to natural development with no felling. These effects are due to the role wood products play in the substitution of carbon that would otherwise be released from fossil fuels when used directly for energy or for the purpose of producing materials which can be substituted by wood products, especially in the building industry. The total retarding effect of the forest-wood sector on CO₂ concentrations under the conditions of sustainable forest management and rational use of wood products is estimated at the level of forest wood increment expressed by the CO₂ equivalent. This total effect could be sustainable, but the effect of the forests acting as a carbon sink could only last until 2040 under the conditions of multifunctional forest management.

Key words: forest policy, carbon cycle, UNFCCC, modelling

1 UVOD

Ljudje vplivamo na naravno biogeokemično kroženje ogljika med geosfero, hidrosfero, biosfero in atmosfero zlasti s pospeševanjem črpanja ogljika iz geosfere in biosfere v atmosfero, kjer deluje ogljikov

dioksid (CO₂) kot toplogredni plin (SMITH in SMITH 2001, KAJFEŽ-BOGATAJ 2007). Ne glede na to, da morda v Evropi otoplitev podnebja na

¹ mag. A. G., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, Ljubljana

podlagi izkušenj iz preteklosti (FAGAN 2002) ne bo imela samo negativnih učinkov, postajajo prizadevanja za stabilizacijo koncentracije toplogrednih plinov in med njimi posebej CO₂ v ozračju ena najpomembnejših tem okoljske politike.

V gozdnem delu biosfere oziroma v gozdni biomasi vključno z mrtvim lesom je po zadnjih ocenah FAO (2005) shranjenega 321 Gt ogljika, pri čemer je to znatno manj, kot naj bi ga bilo pred človekovim vplivom na gozdove (825 Gt), vendar pa več, kot je znašala kumulativna emisija ogljika v atmosfero zaradi kurjenja fosilnih goriv v 19. in 20. stoletju (280 Gt) oziroma 40 % več, kot je ogljika v atmosferi (KAUPPI 2003). Ogljik, ki je vezan v gozdni biomasi, je torej zelo pomemben pri obravnavanju njegovega kroženja oziroma zadrževanja v atmosferi v obliki CO₂. Če upoštevamo še ogljik v listnem opadu in gozdnih tleh (do globine 30 cm), katerega količina je na podlagi sicer pomanjkljivih podatkov ocenjena na 317 Gt (FAO 2005), pa so gozdni ekosistemi s skupaj 638 Gt sploh zelo pomembno skladišče ogljika.

Zaradi neprimerne gozdne politike ali njene odsotnosti so izkrčeni ali drugače uničeni gozdovi zlasti v tropskem delu sveta pomemben vir emisij CO₂ (WALLACE 2007). Tako naj bi se po podatkih IPCC (2007) na svetovni ravni zaradi krčitev gozdov letno sprostil v atmosfero 1,6 do 5,9 Gt ogljika, kar je v skladu s podatki FAO (2006), po katerih se je količina ogljika v živi organski snovi gozdov od leta 1990 do leta 2005 zmanjšala za 17,5 Gt oziroma za 6 %. Po oceni, ki je navedena v Sternovem poročilu (STERN 2006), se s krčenjem gozdov na svetovni ravni sprošča v atmosfero 18 % vseh emisij CO₂. To pa je več, kot je emisija CO₂, ki izvira iz prometa (14 %). S primernimi ukrepi gozdne politike, s katero bi zaustavili krčenje gozdov na globalni ravni, bi lahko zelo zmanjšali emisije CO₂ in s tem pripomogli k ustalitvi koncentracij CO₂ v atmosferi, kar je tudi temeljni cilj Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja (v nadaljevanju UNFCCC). Gozdovi v povezavi s spremembami podnebja tako postajajo ena najpomembnejših žgočih točk gozdne politike na globalni ravni, in sicer ne le zaradi njihove potencialne ogroženosti, ampak pa tudi zaradi njihove izjemno pomembne vloge pri emisijah CO₂ (CAPISTRANO *et al.* 2007).

Po podatkih FAO (2006) so v Evropi (in tudi v Sloveniji) nasprotno kot v svetu površine gozdov po posameznih državah od devetdesetih let naprej naraščale. Ne glede na to pa je Evropska unija zlasti

pod vplivom zavez iz Kjoto protokola namenila veliko pozornosti učinkom, ki jih imajo lahko gozdovi in iz njih pridobljeni lesni proizvodi na zmanjšanje oziroma zaviranje naraščanja koncentracij CO₂ v atmosferi. V Gozdarski strategiji EU (1999) je tako navedeno, da lahko EU in države članice največ prispevajo k strategijam za stabilizacijo toplogrednih plinov v skladu z UNFCCC tako, da ohranjajo in povečujejo obstoječe zaloge ogljika, vzpostavljajo nove zaloge ogljika in spodbujajo rabo biomase in lesnih izdelkov.

Pri analizi izvajanja gozdarske strategije je Evropska komisija (2005) povzela kot primerne vse ukrepe, ki jih je za blaženje spremembe podnebja navedla posebna delovna skupina za vezavo ogljika v gozdovih (EPPC 2003). V smislu člena 3.3 Kjoto protokola so ti ukrepi zlasti preprečevanje krčitev gozdov, pogodovanje negozdskih zemljišč, usmerjanje naravnega procesa zaraščanja in snovanje plantaž drevja na kmetijskih zemljiščih, v smislu člena 3.4 pa preprečevanje gozdnih požarov, kopičenje ogljika v rezervatih, gozdnih mokriščih in v večnamenskih gozdovih, med drugim v slednjih tudi z izbiro drevesnih vrst. S temi ukrepi naj bi se v gozdovih EU-15 ob njihovem obsegu 113 Mha v prvem obdobju uresničevanja Kjoto protokola 2008-2012 vezalo 33 Mt CO₂ letno, kar je približno desetina ciljne količine zmanjšanja CO₂ emisij, ki so je bila za EU-15 določena na 337 Mt CO₂ letno.

Sicer pa Evropska komisija (2005) priporoča še tole politiko v zvezi z vlogo gozdov pri vezavi ogljika:

- več naj bo raziskav v zvezi s trajnostjo ponorov in ravnijo talnega ogljika;
- pri gozdarskih ukrepih v zvezi s podnebjem naj se upoštevajo gospodarski vidiki;
- upoštevajo naj se načela trajnostnega gospodarjenja in večnamenske vloge gozdov;
- ukrepi naj bodo hkrati ugodni za razvoj podeželja, okolje in gospodarsko dejavnost;
- ukrepi naj se prilagajajo posebnim situacijam v različnih predelih EU;
- ukrepi naj bodo takšni, da bo na eni strani izboljšana vezava ogljika v gozdnih ekosistemih, na drugi pa naj se izboljša raba lesnih izdelkov zlasti za dolgotrajnejše namene.

V zvezi s spodbujanjem rabe biomase in lesnih izdelkov je Svetovalni odbor za gozdarstvo in lesno industrijo pri Evropski komisiji (2004) v svojem poročilu navedel, da je mogoče z višjo stopnjo uporabe lesnih izdelkov povečati izločanje ogljika iz atmosfere, ker imajo lesni izdelki sposobnost vezave ogljika, jih je mogoče reciklirati

in je za njihovo proizvodnjo potrebnih manj fosilnih goriv kot za izdelke iz drugih materialov. Pri tem je najpomembnejši nadomestni učinek, ki je definiran kot »povečanje prenosa gozdne biomase na lesne proizvode z učinkom nadomestitve uporabe proizvodov in energije, ki temeljijo na fosilnih gorivih, z uporabo lesnih namesto nelesnih materialov oziroma lesa namesto fosilnih goriv«. V poročilu odbora je podana tudi ocena, da bi lahko nadomestni učinek v EU-15 zaradi povečane porabe lesnih proizvodov dosegel 139 Mt C (509 Mt CO₂). To se zdi ob skromni oceni vezave CO₂ razmeroma veliko, vendar pa konsistentno s politiko EU, ki predvideva povečanje dobave lesa na trg EU, pri čemer naj bi se bolj izkoristili lesnoproizvodni potenciali gozdov v EU (VERHEUGEN 2006).

Iz Poročila o vidnem napredku Slovenije po členu 3.2 Kjoto protokola (ČESEN 2006) je razbrati, da bo Slovenija lahko dosegla cilj zmanjšanja emisij toplogrednih plinov za 8 % v referenčnem obdobju 2008 do 2012 na 18,6 Mt CO₂ekv samo zaradi priznanega ponora CO₂ v gozdovih v obsegu 1,32 Mt CO₂, ki Sloveniji za prvo referenčno obdobje pripada na podlagi člena 3.4 Kjoto protokola po odločitvi na 7. Konferenci držav pogodbenic UNFCCC, ki je bila leta 2001 v Marakešu, saj v drugih sektorjih, razen pri ravnanju z odpadki, ne bo doseženo ustrezno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Priznani ponor je bistveno manjši od dejanske akumulacije CO₂ v nadzemnem in podzemnem delu dreves v gozdovih, ki je bila za leto 2004 ocenjena na 5,5 do 6,4 Mt (PIŠKUR / KRAJNC 2007). Tako visoka akumulacija očitno ni bila namenjena vezavi ogljika v gozdovih, ampak so zanjo obstajali drugi razlogi.

Nadomestni učinek uporabe lesa namesto fosilnih goriv je v Sloveniji znaten, saj naj bi se z lesom za kurjavo pokrila tretjina potreb po ogrevanju v gospodinjstvih, za kar naj bi se leta 2002 uporabilo skoraj 1,3 Mm³ lesa (DRIGO / VESELIČ 2006) oziroma letno 1,068 Mm³ lesa (PIŠKUR / KRAJNC 2007). Industrijska raba lesa za energijo je po prvem viru ocenjena na 0,5 Mm³, po drugem pa na vsaj 0,275 Mm³. Letna proizvodnja energije, ki temelji na lesu, je bila v letu 2002 ocenjena na 14 PJ, pri čemer naj bi bila samo slaba polovica te energije proizvedena iz lesa, ki je namenjen za kurjavo neposredno iz gozda, 14 % iz lesa zunaj gozda, preostali delež pa iz industrijskih ostankov (DRIGO / VESELIČ 2006).

Nadomestni učinek uporabe lesnih izdelkov namesto nelesnih, s katerim se tudi prihranijo fosilna goriva, v Sloveniji ni bil kvantitativno ocenjen, mu je pa v zadnjem času namenjene čedalje več pozornosti (TORELLI 2007).

Kot vidimo, je z gozdno politiko, ki po mednarodno uveljavljenem razumevanju obsega gozdarstvo in primarno predelavo lesa, mogoče vplivati na kroženje ogljika na dveh ravneh, in sicer z vezavo ogljika v gozdnem ekosistemu ter z uporabo posekanega lesa, ki nadomešča fosilna goriva. Posekani les je mogoče uporabiti neposredno za energijo ali pa ga nameniti za lesne proizvode s krajšo ali daljšo življenjsko dobo in z različnim nadomestnim učinkom oziroma učinkom vezave ogljika v njih. Pri evidenci emisij za potrebe poročanja v skladu z UNFCCC (ČESEN *et al.*) se učinki gozdne politike v zvezi s kroženjem ogljika jasno izkažejo samo v primeru vezave v gozdovih, v primeru rabe lesa pa so zajeti v sektorjih energetike in industrije.

Ukrepi vezave ogljika v gozdnih ekosistemih in večjega izkoriščanja lesnoproizvodnih potencialov gozdov so si očitno v medsebojnem konkurenčnem razmerju (BROWN 1998), zato jih je treba uskladiti z ustrezno gozdno politiko, ki se oblikuje z nacionalnimi gozdnimi programi, v katerih je treba uravnotežiti vse funkcije gozdov v dolgoročni perspektivi.

Namen pričujočega prispevka je prispevati k razjasnitvi izhodišč za ustrezno s kroženjem ogljika povezano gozdno politiko v Sloveniji:

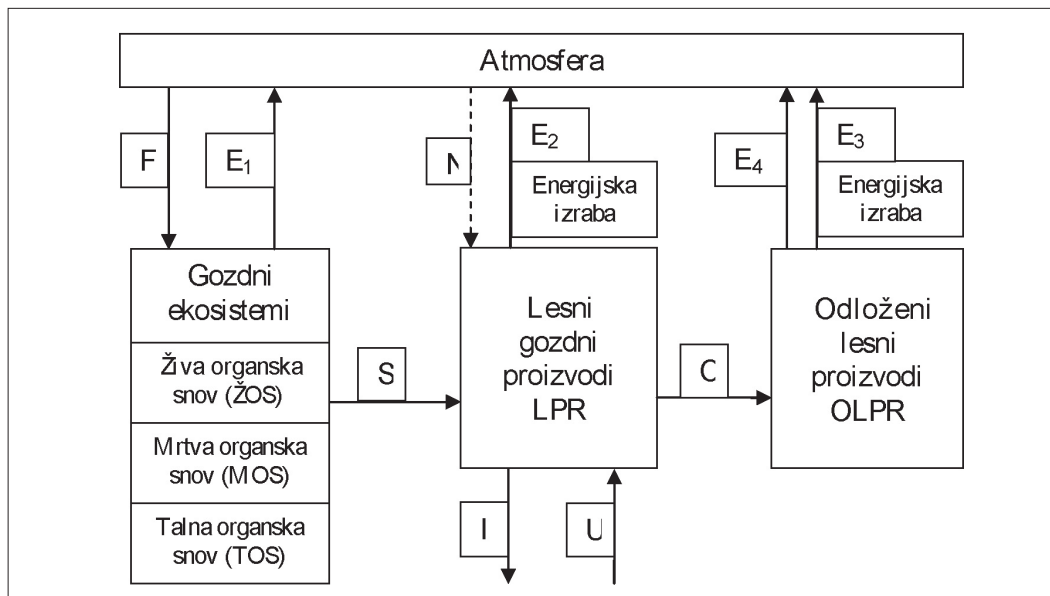
- s ponazoritvijo tokov in skladišč ogljika v organski snovi povezani z gozdom;
- z oceno zalog v glavnih z gozdom povezanih skladiščih in tokovih ogljika;
- s predstavitvijo nekaj scenarijev možnih vplivov različnih odločitev v gozdni politiki na učinek gozdno-lesnega sektorja na zaviranje naraščanja koncentracij CO₂ v atmosferi, pri čemer naj bi bila ocenjena tudi trajnost ponorov.

2 METODA

Metoda temelji na modelu, ki ga kaže slika 1. Temeljna skladišča ogljika po tem modelu so gozdni ekosistemi, lesni proizvodi, ki izhajajo iz gozdov, ter odloženi lesni proizvodi. Pri tokovih ogljika v razmerju do atmosfere so posebej označeni tisti, pri katerih je mogoče doseči tudi energijsko izrabo.

2.1 Metoda za oceno zalog v skladiščih ogljika

Metode za oceno skladišč ogljika iz slike 1 so dobro poznane zlasti za gozdne ekosisteme, za zaloge ogljika v lesnih proizvodih in odloženih lesnih proizvodih pa v tem prispevku uporabljamo priložnostni pristop, ki bi ga bilo treba razviti še naprej.



Slika 1: Tokovi in skladišča ogljika v organski snovi povezani z gozdom (prirejeno po IPCC 2003, slika 3a.1.3), pri čemer pomeni: F – neto vezava ogljika v ekosistemu na podlagi fotosinteze, S – sečnja, I – izvoz lesnih proizvodov, U – uvoz lesnih proizvodov, O – odložitev izrabljenih ali neuporabljenih lesnih proizvodov, N – nadomestni učinek zaradi uporabe lesnih proizvodov namesto drugih materialov, E – emisije CO₂ zaradi (1) izgub pri dekompoziciji organske snovi v gozdovih, (2) kurjenja lesnih gozdnih proizvodov, (3) kurjenja odloženih lesnih proizvodov in (4) oksidacije odloženih lesnih proizvodov.

Figure 1: Flows and pools of carbon in organic matter related to forests (adapted according to IPCC 2003, Fig. 3a.1.3), where the letters have the following meaning: F – net photosynthesis effect, S – felling, I – export, U – import, O – disposal of used wood products, N – substitution effect of wood products, E – CO₂ emissions because of (1) losses through decomposition of organic matter in forests, (2) burning of wood products, (3) burning of disposed wood products, (4) decomposition of disposed wood products.

2.1.1 Gozdni ekosistemi

Komponente gozdnih ekosistemov imajo na podlagi tabele 3.1.2 IPCC smernic (IPCC 2003) tale pomen:

- Živa organska snov (ŽOS) obsega nadzemno in podzemno živo organsko snov v gozdu. Nadzemna živa organska snov (ŽOSn) obsega vso živo organsko snov nad tlemi vključujoč steblo, panj, veje, skorjo, semena in listje. Podzemna živa organska snov (ŽOSp) obsega žive korenine s premerom več kot 2 mm.
- Mrtva organska snov (MOS) obsega mrtev les in opad. Mrtev les (MOSles) vključuje vso neživo lesno organsko snov s premerom, ki je večji od minimalnega premera, ki si ga izbere posamezna država (v primeru Slovenije 10 cm). Vsebuje les, ki stoji ali leži na tleh, mrtve korenine in panje, ki so debelejši kot 10 cm. Opad (MOSop) obsega vso neživo organsko snov s premerom manjšim od 10 cm, ki leži mrtva v različnih stopnjah raz-

gradnje nad mineralnimi ali organskimi tlemi. Vključen je listni opad in celotni O-horizont tal. Vključene so tudi žive koreninice s premerom manjšim od 2 mm.

- Talna organska snov (TOS) vključuje organski ogljik v mineralnih in organskih tleh (vključujoč šotna tla) do globine, ki jo določi posamezna država in jo potem dosledno uporablja.

Količina ogljika v živi organski snovi je bila ocenjena na podlagi tele enačbe:

$$\text{ŽOS (C)} = V \times (\text{lst} \% \times D_l + \text{igl} \% \times D_i) \times P \times (1 + R) \times CF \times BEF \quad (1)$$

Kjer je:

V – lesna zaloga (266 m³/ha na podlagi ocene iz študije ZGS (VESELIČ 2006), ki je bila tudi referenca za optimalno lesno zalogo, sicer pa je številka med 257 m³/ha - ZGS 2006 in 283 m³/ha - FAO 2006)

Ist/igl % - deleža iglavcev (47 %) in listavcev (53 % - ZGS 2006)

P – površina (1,17 M ha – ZGS 2006)

D – gostota lesa v tonah suhe snovi na m³ (za listavce $D_1 = 0,56$ in za iglavce $D_1 = 0,45$ – IPCC 2003, tabela 3a.1.1)

R – razmerje med podzemnim in nadzemnim delom drevja (Na podlagi IPCC 2003, tabela 3A.1.8, je bil upoštevan enotni koeficient 0,26 za iglavce (0,23-0,32) in listavce (0,24-0,26, ki je sicer blizu 0,28, kolikor je povprečni R za Slovenijo v FAO 2006.)

CF – delež C v suhi snovi lesa – dogovorjena konstanta 0,5 (IPCC 2003, enačba 3.2.3)

BEF – biomasni ekspanzijski faktor (Ob upoštevanju, da sta v lesno zalogo všteta lubje in vejovina, se zdi BEF iz IPCC, 2003, tabela 3A.1.10 za razmere v Sloveniji previsok, saj npr. po oceni HOČEVARJA in BEHINA (1999) delež drevja pod 10 cm prsnega premera, ki se ne meri, ne znaša več kot 1,5 % lesne zaloge. Ob razmeroma visokem faktorju R – primerjaj KOESTLER 1968, cit. KOTAR 2005 – je bila za potrebe tega članka uporabljena vrednost BEF = 1.0, čeprav se zdi, da bi bil primeren BEF, v katerem bi bila upoštevana drobna vejovina in iglice približno 1,05.)

Količina ogljika v mrtvi organski snovi je bila ocenjena:

– za mrtev les (podatki ZGS 2007) na podlagi enačbe:

$$MOS_{les}(C) = \text{ležeče in stoječe odmrlo drevje} \\ (14 \text{ m}^3/\text{ha}) \times P \times D \times CF \quad (2)$$

– za listni opad (podatek IPCC 2003, tabela 3.2.1-izbrana točkovna vrednost iz razpona 16-26 ton C na ha, ki je naveden za vlažne gozdove zmerno toplega pasu) pa na podlagi obrazca:

$$MOS_{op}(C) = P \times 18 \text{ t/ha} \quad (3)$$

Količina ogljika v talni organski snovi je bila ocenjena na podlagi podatka IPCC 2003, tabela 3.2.4, ki za vlažne gozdove zmerno toplega pasu navaja vrednosti med 34 in 88 tonami C na hektar za globino od 0-30 cm:

$$TOS(C) = P \times 50 \text{ t/ha} \quad (4)$$

2.1.2 Lesni proizvodi

Količina ogljika v lesnih proizvodih je bila ocenjena na podlagi predpostavke, da so lesni proizvodi

uskладиščeni v stavbah, in sicer v stanovanjskih, industrijskih in drugih objektih, namenjenih za različne dejavnosti.

V stavbah so lahko lesni izdelki del njihove konstrukcije ali pa se uporabljajo kot oprema. V zalogi lesnih izdelkov je bil upoštevan tudi papir v različnih oblikah (knjige, časopisi, ipd.) in zaloge lesa za kurjavo, žaganega lesa in drugih lesnih polizdelkov, ki se pojavljajo v stavbah in drugih pokritih površinah na podeželju.

Količina ogljika v lesnih proizvodih je bila ocenjena na podlagi obrazca:

$$LPR(C) = V_{lpr} \times D \times P_{stavb} \times CF \quad (5)$$

Kjer je:

- V_{lpr} – zaloga v lesnih izdelkih, ocenjena za:
 - opremo: $V_{lpr} = 0,04 \text{ m}^3 \text{ na m}^2 \text{ stavbe pri } D = 0,5 \text{ t/m}^3$
 - konstrukcije: $V_{lpr} = 0,02 \text{ m}^3 \text{ na m}^2 \text{ stavbe pri } D = 0,5 \text{ t/m}^3$
 - papir: $V_{lpr} = 100 \text{ kg/prebivalca pri } D = 0,9 \text{ t/t}$ (IPCC 2003, tabela 3a.1.1)
 - lesnih polizdelkih: $0,5 \text{ m}^3/\text{prebivalca in } D = 0,56 \text{ t/m}^3$
- $P_{stavb} = 20.000 \text{ ha}$ (ocena na podlagi podatkov Statističnega urada RS o stanovanjskem skladu in površini stavb (2005).

2.1.3 Odloženi lesni proizvodi

Ocena količine ogljika v odloženih gozdnih proizvodih (OLPR) temelji na podmeni, da se skladišče ogljika v lesnih proizvodih (LPR) s časom ne spreminja, kar pomeni, da velja izraz (glej sliko 1):

$$O = S - E_2 \\ \text{in sledi} \\ OLPR(C) = (S - E_2) \times f_{bn} \times D \times CF \times t \quad (6)$$

Kjer je:

- S – sečnja (posek 3,2 Mm³ – ZGS 2006)
- E_2 – les za energijsko izrabo (1 Mm³ v gospodinjstvih – PIŠKUR in KRAJNC 2007; 0,5 Mm³ v industriji – DRIGO in VESELIČ 2006)
- f_{bn} – faktor za preračun bruto količin v neto količine (namesto običajnih 0,88 za listavce in 0,85 za iglavce je tu upoštevan enotni faktor 0,9 zaradi dejstva, ker se del vejevja tudi energijsko izrabi)
- t – povprečna življenjska doba odloženih lesnih proizvodov preden preidejo v emisije CO₂ preko E_3 (energijska izraba) ali E_4 (zgnijejo) - upoštevana je doba enega leta

2.2 Metoda za izdelavo scenarijev

Metoda za izdelavo scenarijev učinkov gozdne politike za doseganje ciljev UNFCCC temelji na:

- spremembah uskladiščenega ogljika v gozdnih ekosistemih in na
- nadomestnem učinku lesnih proizvodov, s katerim se zaradi prihranka fosilnih goriv zmanjšujejo emisije CO₂ v energetske in industrijske sektorju.

Spremembe uskladiščenega ogljika v lesnih proizvodih in odloženih lesnih proizvodih niso bile upoštevane zlasti zato, ker metode za njihovo zaznavanje in spremljanje mednarodno še niso dovolj poenotene oziroma dogovorjene (EC 2004).

Izbrani so bili trije scenariji, ki se zdijo najbolj aktualni iz zornega kota učinkov gozdne politike na kroženje ogljika za obdobje od leta 2005 do leta 2100 s spremljevalnimi periodami vsakih 10 let, in sicer:

1. scenarij optimalne lesne zaloge, pri katerem naj bi z akumulacijo prirastka razmeroma hitro dosegli povprečno optimalno lesno zalogo za Slovenijo v obsegu 330 m³/ha (primerjaj VESELIČ 2006), potem pa sekali toliko lesa, kot ga priraste;
2. scenarij priznane vezave po členu 3.4 Kjoto protokola, po katerem naj bi z gozdovi gospodarili tako, da bi vsako leto posekali toliko lesa, kot ga priraste, zmanjšano za priznano letno količino vezave CO₂ v gozdnih ekosistemih (1,32 Mt), pri čemer se ta priznana količina ne bi spremenila tudi po letu 2012, do katerega sicer velja;
3. scenarij pragozda, po katerem naj ne bi sekali nič in prepustili gozdove naravnemu razvoju ter ustrezni akumulaciji lesa v njih, dokler ne bi dosegli največje možne zaloge, ki je značilna za pragozdove.

Količine v scenarijih so zaradi primerljivosti z emisijami podane v CO₂ in ne v C, sicer pa velja CO₂ = 44/12 C.

2.2.1 Spremembe uskladiščenega ogljika v gozdnih ekosistemih

Za oceno sprememb uskladiščenega ogljika v gozdnih ekosistemih je v splošnem najbolj primerna enačba 3.1.1.2 (IPCC 2003):

$$\Delta C = (C_2 - C_1) / (t_2 - t_1)$$

Kjer je:

C₁ - zaloga ogljika v času t₁

C₂ - zaloga ogljika v času t₂

Pri izdelavi scenarijev je bilo upoštevano samo skladišče ogljika v živi organski snovi gozdov, saj zaloge ogljika v gozdnih tleh in listnem opadu kot pomembnem delu mrtve organske snovi za zdaj niso dovolj znane, da bi lahko zanesljivo in redno ocenjevali spremembe uskladiščenega ogljika v teh dveh komponentah gozdnih ekosistemov v Sloveniji. Ob nadaljevanju politike sonaravnega gospodarjenja, politike boja proti gozdnim požarom, prepovedi steljarjenja, ohranjanja mokrišč v gozdovih in hitrega obnavljanja gozdov na površinah, ki so jih prizadele naravne ujme, tudi ni verjetno, da bi se zaloga ogljika v teh dveh skladiščih zmanjšali.

Scenariji so bili izračunani na podlagi prirejene enačbe 3.1.1 (IPCC 2003):

$$\Delta C = P \times (pr - s) \times D \times CF \quad (7)$$

Kjer je:

P – površina gozdov, ki za potrebe izračuna scenarijev ostaja kljub morda drugačnim pričakovanjem nenehno enaka in znaša 1,17 Mha – ZGS 2006;

pr – prirastek, ki znaša 6,5 m³/ha (ZGS 2006) in ostaja pri prvih dveh scenarijih nenehno enak (ocenjevanje gibanja prirastka bi bilo za namen tega prispevka prezahtevno), pri tretjem pa začne upadati za 0,5 m³/ha na desetletje takoj po prenehanju gospodarjenja oziroma opustitvi ukrepov varstva gozdov; razmerje med iglavci in listavci ostaja enako (47 : 53);

s – sečnja oziroma posek v m³/ha, ki je edina prava spremenljivka gozdne politike v obravnavanem smislu, in se izvede po:

– scenariju optimalne lesne zaloge do leta 2010 v načrtovanem obsegu (S = P • s = 4,5 Mm³ letno), v obdobju 2011-2020 v obsegu 5,0 Mm³ letno in po stopnji povečanja za 0,5 Mm³ naprej dokler ni dosežena optimalna zaloga; od tedaj naprej naj bi bil posek enak prirastku;

– scenariju priznane vezave po Kjoto protokolu že od naslednjega načrtovalnega obdobja naprej v obsegu prirastka, zmanjšanim za nadzemni del priznane vezave (1,32/1,26);

– scenariju pragozda v načrtovanem obsegu do leta 2010, potem pa sečnje ne bi bilo.

D – 0,5 t suhe snovi/m³ (poenostavljena enotna vrednost za iglavce in listavce skupaj)

Preglednica 1: Ocena ogljika, ki je uskladiščen v gozdnih ekosistemih in lesnih proizvodih v Sloveniji v letu 2005 in primerjava s podatki za Evropo in svet (FAO 2006)

Table 1: Assessment of carbon stock in forest ecosystems and wood products in Slovenia in 2005 and comparison to data for Europe and the world (FAO 2006)

Skladišča ogljika	Ocena			FAO 2006		
	Mt C	Delež (%)	Slo (t/ha)	Slovenija (t/ha)	Evropa (t/ha)	Svet (t/ha)
Živa organska snov	97,4	52,9	83,2	116,3	43,9	71,5
ŽOS – nadzemna	77,3		66,0	91,0		
– iglavci	32,2		27,5			
– listavci	45,1		38,5			
ŽOS – podzemna	20,1		17,2	25,3		
Mrtva organska snov	24,7	13,4	21,1	19,0	20,1	16,0
– v lesu	3,7		3,2	19,0	14,0	9,7
– v listnem opadu	21,0		17,9		6,1	6,3
Talna organska snov	58,5	31,8	50,0	70,4	112,9	73,5
Lesni proizvodi	3,2	1,7				
Odloženi lesni proizvodi	0,4	0,2				
Skupaj	184,2	100,0	154,3	205,7	176,9	161,0

2.2.2 Nadomestni učinek lesnih proizvodov

Pri izračunu nadomestnega učinka gozdnih proizvodov sta bila upoštevana prihranek fosilnih goriv zaradi neposredne uporabe lesa za energijo in prihranek fosilnih goriv pri proizvodnji funkcionalno primerljivih materialov.

Ob upoštevanju, da je mogoče ves posekani les prej ali slej energijsko izkoristiti, velja za oceno neposrednega učinka nadomeščanja fosilnih goriv obrazec:

$$NF_n = (S \times f_{bn} \times l_e + OLPR - E_e) \times K_n \times i \quad (8)$$

Kjer je poleg opisanih spremenljivk in konstant iz prejšnjih enačb:

l_e – delež lesnih proizvodov za energijo (E_e/S), ki ima na podlagi izhodišč v enačbi (6) vrednost 0,5

K_n – količina prihranjenega CO_2 zaradi kurjenja lesa namesto kurilnega olja, ki znaša 0,9 t CO_2/m^3 lesa (izračun na podlagi podatkov ARSO (2005), po katerih je s tono lesne biomase mogoče nadomestiti 0,3 t kurilnega olja, katerega emisije pri sežiganju so 3 t CO_2 /tono olja (zaokrožene vrednosti)

i – koeficient izkoristka v primerjavi s kurjenjem s kurilnim oljem, ki je odvisen predvsem od kakovosti kurilnih naprav in izgube energije pri pripravi lesa za kurjavo

Posredni učinek nadomestitve materialov z lesom za žago je bil izračunan po obrazcu:

$$NF_p = S \times f_{bn} \times l_z \times K_p \quad (9)$$

Kjer je:

l_z – delež okroglega lesa za žago (izhodiščna ocena za leto 2004: 41 % - PIŠKUR / KRAJNC 2007)

K_p – količina prihranjenega CO_2 zaradi uporabe lesnih izdelkov namesto drugih materialov, ki znaša 1,0 t CO_2/m^3 lesa - izbor vrednosti na podlagi navedbe EC (2004): 0,28 t C/ m^3 (1,03 t CO_2/m^3) in RTS (2004), ki navaja, da je z uporabo 1 m^3 žaganega lesa namesto drugih materialov v gradbeništvu mogoče privarčevati za beton od 725 do 1010 kg CO_2 , za opeko pa 922 kg CO_2 .

3 IZSLEDKI

3.1 Ocena zalog v skladiščih ogljika

Ocenjeni deleži obravnavanih skladišč ogljika (preglednica 1) kažejo, da je velika večina ogljika vezana v gozdnih ekosistemih (98 %), le malo (2 %) pa ga je v lesnih proizvodih. Pri tem je treba tudi upoštevati, da so lahko napake pri oceni ogljika v gozdnih ekosistemih večje od 2 %, torej večje, kot je delež ogljika v lesnih proizvodih.

Kar zadeva količine ogljika, ki so shranjene v gozdnih ekosistemih (preglednica 1), je ocena, ki je pridobljena na podlagi metode, opisane v tem prispevku, precej nižja kot tista, ki jo je objavil FAO (2006). Pri živi organski snovi je ocena nižja zlasti zaradi razlike v biomasnem ekspanzijskem faktorju, pri mrtvi organski snovi je v celoti količina podobna, vendar pa ostaja

Nadaljevanje na strani 277

Nadaljevanje s strani 260

nepojasnjeno razmerje med količino v lesu in listnem opadu, pri talni organski snovi pa je očitno uporabljena konstanta za naše razmere prenizka.

Primerjava podatkov za Slovenijo s povprečjem za Evropo in svet kaže (preglednica 1), da je količina ogljika v živi organski snovi na hektar v Sloveniji večja, kot je povprečje v svetu, znatno pa presega povprečje v Evropi, kamor FAO šteje tudi Rusijo. Konstanta 50 t C/ha za talno organsko snov je nizka tudi v primerjavi s podatki FAO za Evropo in svet, za listni opad pa se zdi IPCC konstanta v primerjavi z dejanskimi podatki visoka. Razmeroma zanesljivi podatki ZGS o količini odmrlega drevja kažejo primerjalno zelo nizko vrednost, ki bi jo morda lahko obrazložili s tem, da v Evropi prevladujejo manj intenzivno gospodarjene ruske tajge, v svetu kot celoti pa je po podatkih FAO še vedno 36,4 % primarnih gozdov, ki nedvomno vsebujejo veliko več odmrlega drevja kot slovenski večnamenski gozd.

3.2 Scenariji

Izbrani scenariji učinkov gozdno-lesnega sektorja na zaviranje naraščanja koncentracij CO₂ v atmosferi so podani v preglednicah 2 do 4 in primerjalno na sliki 2. Pri vseh treh scenarijih je bistvena dinamika odločitev glede poseka, ki na eni strani vpliva na stopnjo vezave ogljika v gozdovih in na drugi strani na razpoložljivost lesa za neposredne in posredne nadomestne učinke. Podatki v posameznih vrsticah

v preglednicah veljajo za zadnje leto v desetletju in za predhodnih devet let.

Za scenarij optimalne lesne zaloge je značilno, da bi s posekom dveh tretjin prirastka v desetletju 2011-2020 in treh četrtin prirastka v desetletju 2021-2030 dosegli optimalno lesno zalogo v desetletju 2031-2040, zato bi bilo mogoče od tedaj naprej sekati celoten prirastek. To bi hkrati pomenilo, da se od leta 2040 naprej ogljik v gozdovih ne bi več akumuliral, nadomestni učinek lesa, ki bi se izrazil s prihranki emisij v energetiki in industriji, pa bi bil od takrat naprej maksimalen. S povečevanjem poseka in zmanjševanjem stopnje vezave ogljika v gozdovih bi se celotni učinek gozdno lesnega sektorja zmanjšal z 8,06 na 7,17 Mt CO₂, ob upoštevanju zgolj priznane vezave v gozdovih v obsegu 1,32 Mt O₂ pa povečal s 4,38 na 7,17 Mt CO₂. Priznavanje manjše vezave ogljika v gozdovih od dejanske v zvezi z izpolnjevanjem zavez Kjoto protokola torej spodbuja k večjim sečnjam. Pri tem pa je treba upoštevati, da se na konferenci pogodbenic za obdobje po letu 2012 države lahko dogovorijo tudi drugače in Sloveniji ob ustreznih podatkih in njihovih obrazložitvah priznajo drugačno kvoto.

Pri scenariju priznane vezave po členu 3.4 Kjoto protokola (preglednica 3) naj bi se posek takoj povečal do stopnje, ki bi v gozdovih omogočala trajno vezavo 1,32 Mt CO₂, kar pomeni, da bi bila povprečna načrtovana in uresničena stopnja poseka nenehno vse do leta 2100 85 % prirastka, s čimer naj bi bil maksimiran priznani učinek gozdno-lesnega sektorja na stabili-

Preglednica 2: Scenarij optimalne lesne zaloge

Table 2: Scenario of optimal growing stock

Leto	LZ	Prirastek	Posek	Posek	Vezava	Priznana vezava*	NFn	NFp	NF	Učinek GL sektorja	Priznani učinek GL sektorja
	m ³ /ha	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mm ³	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	E + I	F + I
2005	266	6,92	-2,95	-3,24	5,00	1,32	1,97	1,09	3,06	8,06	4,38
2010	280	6,92	-4,10	-4,50	3,56	1,32	2,73	1,51	4,24	7,80	5,56
2020	302	6,92	-4,55	-5,00	2,99	1,32*	3,04	1,68	4,72	7,70	6,04
2030	320	6,92	-5,01	-5,50	2,41	1,32*	3,34	1,85	5,19	7,60	6,51
2040	333	6,92	-5,46	-6,00	1,84	1,32*	3,64	2,01	5,66	7,50	6,98
2050	333	6,92	-6,92	-7,61	0,00	0,00	4,62	2,55	7,17	7,17	7,17
2060	333	6,92	-6,92	-7,61	0,00	0,00	4,62	2,55	7,17	7,17	7,17
2070	333	6,92	-6,92	-7,61	0,00	0,00	4,62	2,55	7,17	7,17	7,17
2080	333	6,92	-6,92	-7,61	0,00	0,00	4,62	2,55	7,17	7,17	7,17
2090	333	6,92	-6,92	-7,61	0,00	0,00	4,62	2,55	7,17	7,17	7,17
2100	333	6,92	-6,92	-7,61	0,00	0,00	4,62	2,55	7,17	7,17	7,17

* od leta 2012 naprej hipotetične vrednosti

Preglednica 3: Scenarij priznane vezave po členu 3.4 Kjoto protokola

Table 3: Acknowledged sequestration scenario according to the Kyoto protocol Art. 3.4

Leto	LZ	Prirastek	Posek	Posek	Vezava	Priznana vezava	NFn	NFp	NF	Učinek GL sektorja	Priznani učinek GL sektorja
	m ³ /ha	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mm ³	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	E + I	F + I
2005	266	6,92	-2,95	-3,24	5,00	1,32	1,97	1,09	3,06	8,06	4,38
2010	271	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2020	281	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2030	291	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2040	301	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2050	311	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2060	320	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2070	330	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2080	340	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2090	350	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41
2100	360	6,92	-5,87	-6,45	1,32	1,32*	3,92	2,17	6,09	7,41	7,41

* od leta 2012 naprej hipotetične vrednosti

zacija CO₂ v atmosferi. Optimalna lesna zaloga bi bila dosežena 30 let pozneje kot pri prvem scenariju, vendar pa bi do konca stoletja še naprej naraščala in bi tedaj znašala 360 m³/ha. Z nadaljevanjem takšnega pristopa gozdovi v skladu z mnenjem več avtorjev

(BUERGI in BRANG 2001, LEXER et. al. 2006, cit. DIACI 2007) zelo verjetno ne bi mogli več optimalno izpolnjevati svojih funkcij, zato ideja o gozdovih kot trajnih ponorih ogljika ni upravičena.

Skupni učinek gozdno-lesnega sektorja bi bil po

Preglednica 4: Scenarij pragozda

Table 4: Virgin forests scenario

Leto	LZ	Prirastek	Posek	Posek	Vezava	Priznana vezava	NFn	NFp	NF	Učinek GL sektorja	Priznani učinek GL sektorja
	m ³ /ha	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mm ³	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂	Mt CO ₂
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	E + I	F + I
2005	266	6,92	-2,95	-3,24	5,00	1,32	1,97	1,09	3,06	8,06	4,38
2010	299	6,92	0,00	0,00	8,72	1,32	0,00	0,00	0,00	8,72	1,32
2020	359	6,39	0,00	0,00	8,05	1,32*	0,00	0,00	0,00	8,05	1,32*
2030	414	5,86	0,00	0,00	7,38	1,32*	0,00	0,00	0,00	7,38	1,32*
2040	464	5,32	0,00	0,00	6,71	1,32*	0,00	0,00	0,00	6,71	1,32*
2050	509	4,79	0,00	0,00	6,04	1,32*	0,00	0,00	0,00	6,04	1,32*
2060	549	4,26	0,00	0,00	5,37	1,32*	0,00	0,00	0,00	5,37	1,32*
2070	584	3,73	0,00	0,00	4,70	1,32*	0,00	0,00	0,00	4,70	1,32*
2080	614	3,19	0,00	0,00	4,02	1,32*	0,00	0,00	0,00	4,02	1,32*
2090	639	2,66	0,00	0,00	3,35	1,32*	0,00	0,00	0,00	3,35	1,32*
2100	659	2,13	0,00	0,00	2,68	1,32*	0,00	0,00	0,00	2,68	1,32*

* od leta 2012 naprej hipotetične vrednosti



Slika 2: Primerjava med scenariji optimalne lesne zaloge, priznane vezave ogljika po Kyoto protokolu in scenarijem ničelne sečnje (pragozda) glede akumulacije ogljika v živi organski snovi gozdnih ekosistemov in glede učinkov gozdno-lesnega sektorja za obdobje do leta 2100

Figure 2: Comparison among scenarios of optimal growing stock, acknowledged sequestration and no cutting concerning with regard to accumulation of carbon in living forest biomass and the effect of the forest sector

tem scenariju do leta 2040 manjši, od tega leta naprej nekoliko večji kot v primeru scenarija optimalne lesne zaloge, priznani učinek pa bi bil vseskozi večji.

Pri scenariju pragozda (preglednica 4) naj bi v gozdovih prenehali sekati in bi jih prepustili njihovem naravnemu razvoju, s čimer bi dosegli veliko kopičenje ogljika v njih. Ob prenehanju sečenj bi se začel proces razgradnje čedalje večjega deleža drevja, pri čemer bi začel prirastek postopno upadati. Ob linearni stopnji upadanja $0,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ na desetletje bi znašal prirastek leta 2100 le še $2 \text{ m}^3/\text{ha}$. Pri tem bi se lesna zaloga na hektar povečala na stopnjo ($659 \text{ m}^3/\text{ha}$), ki je blizu pragozdni. Dejanski učinek gozdno-lesnega sektorja na zaviranje naraščanja koncentracij CO_2 v atmosferi bi bil do leta 2030 primerljiv s prvima dvema scenarijema oziroma celo višji, po tem letu pa bi zmanjševanje vezave ogljika v gozdovih leta 2100 privedlo do doseganja le še nekaj več kot 40 % njihovih učinkov. Zaradi popolne odsotnosti nadomestnih učinkov lesnih proizvodov bi začele v energetskem sektorju emisije CO_2 naraščati, in sicer v primerjavi s prvim scenarijem za več kot 4 Mt CO_2 letno z naraščajočim trendom, v primerjavi z drugim scenarijem pa za 6 Mt CO_2 letno. V bilanci za poročanje o doseganju ciljev konvencije UNFCCC bi bil celotni učinek gozdno-lesnega sektorja v vsem obdobju brez sečnje izražen le s količino priznane vezave v

gozdovih ($1,32 \text{ Mt CO}_2$ oziroma z drugo v prihodnosti dogovorjeno vrednostjo).

Slika 2 nazorno kaže, da je scenarij opustitve sečnje zaradi velike vezave ogljika učinkovit le v začetnem obdobju, v daljšem obdobju pa se izkaže za izrazito neugodnega v primerjavi s scenarijema uravnoveženega poseka, ki imata podoben učinek, le dinamika med njima se nekoliko razlikuje. Podobno majhen učinek, kot ga ima scenarij pragozda, bi imel v daljšem časovnem obdobju tudi scenarij trajne zelo majhne sečnje, kjer bi tudi prišlo do zasičenja možnosti nadaljnje akumulacije ogljika v gozdovih.

4 RAZPRAVA IN SKLEPI

Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembah podnebja in na njeni podlagi zasnovan Kjoto protokol čedalje bolj vplivata na politične odločitve držav, ki so ju ratificirale. Zaradi velike zaloge ogljika, ki je vezan v gozdnih ekosistemih in možnih nadomestnih učinkov, ki jih imajo lahko gozdni lesni proizvodi, postaja tudi gozdna politika čedalje bolj povezana s skrbjo za omilitev sprememb podnebja, ki naj bi jo povzročala naraščajoča koncentracija toplogrednih plinov in med njimi zlasti ogljikovega dioksida.

Za Slovenijo je ob uveljavljenem trajnostnem gospodarjenju z gozdovi pri gozdni politiki v zvezi s kroženjem ogljika manj pomembno, kako preprečevati emisije CO₂ zaradi uničevanja gozdov, saj je z zakonom o gozdovih uveljavljena politika sonaravnega in večnamenskega gospodarjenja z gozdovi glede ohranjanja gozdnih ekosistemov uspešna. Zaradi že dosežene velike gozdnatosti v Sloveniji in omejene razsežnosti kmetijskih zemljišč tudi ni mogoče pričakovati, da bi pomembne učinke glede kopičenja ogljika lahko dosegali na novih gozdnih površinah ali na plantažah gozdnih drevesnih vrst zunaj gozdov. Bolj pomembno za razvoj slovenske gozdne politike v prihodnje se zdi vprašanje prihodnje stopnje sečenj, posebej zato, ker se povprečne lesne zaloge približujejo optimalnim in jih marsikje že presegajo.

Scenariji, ki so predstavljeni v tem prispevku, se zdijo z metodološkega stališča dober pripomoček za oblikovanje gozdne politike v zvezi s kroženjem ogljika, ne glede na to, da izhodišča zanje niso dovolj preverjena. To zlasti velja za lesne proizvode in njihov nadomestni učinek, ki se zadnje čase v Evropi posebej poudarja (BEYER *et al.* 2006) in je odvisen od stopnje izkoristka pri rabi lesa za energijo, od vrste materialov, ki jih nadomeščamo z lesnimi proizvodi in nenazadnje od deleža fosilnih goriv v celotni energijski preskrbi neke države ter njenem razvoju v prihodnosti. Predstavljeni scenariji so morda najbolj zanimivi zaradi ponazoritve, ki kaže, kako hitro bi upadel velik pozitivni učinek gozdov in lesnega sektorja na kroženje ogljika, če bi prenehali z uravnoteženimi sečnjami.

Na podlagi uporabljenega metodološkega pristopa in izsledkov je mogoče podati sledeče sklepe:

1. Celovita obravnava gozdov in lesnih proizvodov, ki izhajajo iz njih, omogoča bistveno boljšo oceno pomena gozdno-lesnega sektorja za kroženje ogljika, kot bi jo dala posamična obravnava komponent razmeroma zapletenega sistema.
2. Uporabljeni prirejeni IPCC model tokov in skladišč ogljika v organski snovi povezani z gozdom se zdi dobra podlaga za dialog pri oblikovanju gozdne politike v razmerju do okoljske politike in tehnološkega razvoja v zvezi s smotrno rabo lesa.
3. S pridržkom, da je uporabljena metoda za oceno skladišč ogljika v gozdovih in lesnih proizvodih v tem prispevku ni dovolj preverjena, je mogoče sklepati, da je velika večina obravnavanih skladišč ogljika vezana v gozdnih ekosistemih (98 %), le malo (2 %) pa ga je v lesnih proizvodih. V živi organski snovi gozdov v Sloveniji je nekaj več kot polovica ogljika, tretjina pa naj bi ga bila v talni organski snovi. V listnem opadu je uskladiščena približno desetina gozdnega ogljika.
4. S trajnostnim gospodarjenjem z gozdovi z dodatnimi zahtevami glede sonaravnosti ter preprečeva-

nja požarov in steljarjenja se v gozdnih ekosistemih ohranja ne le ogljik v živi organski snovi, pač pa tudi pomembne količine ogljika v mrtvi in talni organski snovi gozdnih ekosistemov. Pri takšnem gospodarjenju gozdovi ne bi postali oddajalci ogljika v atmosfero tudi v primeru, če bi bil posek enak prirastku.

5. V razmerah, ko so fosilna goriva tako pomemben energijski vir kot dandanes, je učinek lesnih proizvodov, ki jih uporabimo za energijo neposredno ali po zaključku njihove življenjske dobe, zelo pomemben. Enako pomemben je učinek nadomeščanja drugih materialov z lesom, zlasti v gradbeništvu. Primerjava med scenariji je zato pokazala, da bi že po 25 letih gozdovi, ki so dosegli ustrezno raven lesne zaloge, zlasti zaradi nadomestnih učinkov lesnih proizvodov iz njih, bolj zaviralno učinkovali na koncentracijo ogljikovega dioksida v atmosferi kot gozdovi, ki bi jih prepustili naravnemu razvoju in bi s časom postajal njihov prirastek čedalje manjši.
6. V primeru, da bi sečnja v slovenskih gozdnih potekala po scenariju optimalne lesne zaloge, ki je najbolj v skladu z načeli večnamenskega in sonaravnega gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji, bi vse do leta 2040 gozdovi letno vezali več CO₂ od priznane vezave po členu 3.4 Kjoto protokola za obdobje 2008-2012, in sicer v obdobju 2011-2020 3,0 Mt CO₂ letno, v obdobju 2021-2030 2,4 Mt CO₂ letno in v obdobju 2031-2040 1,8 Mt CO₂ letno. Po letu 2040 bi prišli do izraza samo nadomestni učinki lesnih proizvodov zaradi prihranka fosilnih goriv, in sicer v obsegu 7,2 Mt CO₂ letno.
7. V primeru, da bi sečnja v slovenskih gozdnih načrtovali tako, da bi poskušali doseči trajno vezavo CO₂ v gozdnih v obsegu zdaj priznane vezave (1,32 Mt CO₂ letno) vse do leta 2100, bi bil zaviralni učinek na koncentracijo CO₂ v atmosferi skupaj z nadomestnim učinkom lesnih proizvodov podobno velik kot pri scenariju optimalne lesne zaloge (7,4 Mt CO₂ letno), vendar pa gozdovi zaradi svoje neprimerne strukture v drugi polovici 21. stoletja ne bi več optimalno uresničevali svojih funkcij, zmanjševati bi se začel tudi prirastek, zlasti po vrednosti.
8. Na podlagi podmen in scenarijev, ki so uporabljeni v tem članku, lahko v grobem ocenimo, da znaša zaviralni učinek gozdov ob trajnostnem gospodarjenju z njimi skupaj z nadomestnimi učinki lesnih proizvodov približno toliko, kot je letni prirastek gozdov, izražen z ekvivalentom CO₂. Pri tem je pomembno skrbno ravnanje z lesnimi proizvodi in njihova dosledna uporaba za energijo na koncu njihove življenjske dobe.

5 SUMMARY

According to the Stern Report deforestation represents 18 % of global CO₂ emissions, which is even more than is emitted by transport. In Europe with Slovenia included, the forest sector can, with adequate policy, play just the opposite role to the inefficient forest policy worldwide.

The purpose of the paper was to clarify the background information for adequate carbon related forest policy by (1) presenting a comprehensive model of forest ecosystems and the use of wood from them based on assessments of stocks in main forest related pools and on carbon flows and (2) by elaborating some scenarios of possible impacts of forest policy decisions on the contributions of the forest sector to mitigate the rise of CO₂ concentrations in the atmosphere.

Estimates of pools in a model adapted from IPCC Good Practice Guidance for LULUCF show that dead organic matter and soil organic matter represent 45 % (13 % + 32 %) of carbon in the forest ecosystems of Slovenia and that it is unlikely that carbon from these pools would be lost under the conditions of close to nature forest management enforced by the present forest policy. Restrictions of clearing forests for other purposes, prohibition of clear-cutting and litter gathering and quite efficient measures to combat forest fires are the most important policy instruments to preserve carbon in the two pools.

Living biomass represents 53 % of forest carbon storage in Slovenia and is the most important carbon related variable for forest policy under the existing circumstances. Forest owners are obliged not to exceed the allowable cut, which is set lower than the increment in order to achieve optimal growing stock regionally as well as in the whole country, taking into account all forest functions, including biodiversity. According to the Slovenian Forest Service, which is responsible for steering forest management in Slovenia, the actual growing stock is assessed at around 266 m³ per ha and the optimal is set in the range of 320 to 330 m³ per ha, leaving room still for 60 m³ per ha to be accumulated.

The carbon pool of wood products was estimated to represent only 2 % of forest related carbon storage; therefore wood products are relatively unimportant as a carbon sink. On the other hand they are very important as they act as substitution to carbon which would otherwise be released from fossil fuels when used directly for energy or for the production of materials which can be substituted by wood products.

In order to understand well the mutual effects of accumulation of living biomass in forest ecosystems and the substitution effects of forest products through

time, three scenarios have been calculated for the period to 2100:

- the optimal growing stock scenario, where after the growing stock will have been reached (in 2030) the cutting level in forests would equal the growth;
- the acknowledged sequestration scenario according to Kyoto 3.4, where the cutting level in forests would equal the growth reduced by 1.32 Mt CO₂, a quantity so far internationally acknowledged to be purposely accumulated in Slovenian forests (through management) until 2012 to tackle climate change; and
- the primary forest scenario, where all forests would be left to natural development with no felling, which is meant to represent a reference to assess the effects of the both managed forests scenarios.

According to the optimal growing stock scenario, which is in line with the principles of multifunctional and close-to-nature forest management as traditionally applied in Slovenia, the forests would sequester 3.0 Mt CO₂ annually in the period 2011-2020, 2.4 Mt CO₂ annually in the period 2021-2030 and 1.8 Mt CO₂ annually in the period 2031-2040, all the time well above the current acknowledged quantity for the period 2008-2012 (1.32 Mt CO₂). After 2040 only substitution effects due to fossil fuel savings would be manifested, estimated at 7.2 Mt CO₂ annually.

According to the scenario by which the forest would act as a permanent sink of 1.32 Mt CO₂ annually, the combined effect of this sink and the fossil fuels substitution effect would equal 7.4 Mt CO₂ annually, however the consequence would be excessive growing stock accumulation in the second half of the century, when forests would lose their capacity to fulfil their functions optimally, including their production function.

Comparison between the scenarios shows that after a certain period of time (25 years) the first two scenarios begin exhibiting better impacts on the carbon cycle than does the third scenario, because substitution effects of wood products last through time and the accumulation effect of the natural forest ecosystem steadily diminishes, finally reaching a balanced exchange of CO₂ with the atmosphere.

The first two scenarios of active sustainable forest management show that the total mitigation effect of forest-wood sector on CO₂ concentrations would approximately equal forest wood increment expressed by the CO₂ equivalent. Although forests can act as important CO₂ sinks on the short run until optimal growing stock and structure are achieved, it is important to be aware of the fact that this sink

cannot be sustained. Nevertheless, the forests retain their climate change mitigation effect further acting as providers of wood-products, which can effectively save fossil fuels provided that they are used for energy generation after their life cycle is concluded.

6 VIRI

- ARSO. 2006. Značilne neto kalorične vrednosti in emisijski faktorji. <http://rte.arso.gov.si/Default.aspx?Module=/Obvestila> (1.3.2007)
- BEYER, G., DEFAYS, M., FISCHER, M., FLETCHER, J., DE MUNCK, E., DE JAEGER, F., VAN RIET, C., VANDEWEGHE, K., WIJNENDAELE, K. 2006. Tackle Climate Change: Use Wood. CEI-Bois, 84 s.
- BROWN, P. 1998. Climate, Biodiversity and Forests. Issues and Opportunities Emerging from the Kyoto Protocol. World Resources Institute, IUCN, Washington, 36 s.
- CAPISTRANO, D., KANNINEN, M., GUARIGUATA, M.R., BARR, C., SUNDERLAND, T., RAITZER, D. 2007. Revitalizing the United Nations Forum on Forests. Critical Issues and Ways Forward. CIFOR, Bogor, 24 s.
- ČESEN, M. 2006. Poročilo Slovenije o vidnem napredku po členu 3.2 Kyotskega protokola. Ministrstvo za okolje in prostor RS, 50 s.
- ČESEN, M., LAH, P., CEGNAR, T. 2006. Četrto državno poročilo Konferenci pogodbenic Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja. Ministrstvo za okolje in prostor RS, 147 s.
- DIACI, J. 2007. Prilaganje gojenja gozdov podnebnim spremembam. V: Jurc, M. (ur.): Podnebne spremembe – vpliv na gozd in gozdarstvo. Studia Forestalia Slovenica, št. 130, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 117-132.
- DRIGO, R., VESELIČ, Ž. 2006. WISDOM – Slovenia. Spatial woodfuel production and consumption analysis applying the Woodfuel Integrated Supply / Demand Overview Mapping (WISDOM) methodology. FAO, 58 s. FAO, 2001. FRA 2000 and Working Paper 59, FRA Programme, Forestry Department of FAO, Rim, 69 s.
- ECCP – Working Group on Forest Sinks. 2003. Final Report – Conclusions and recommendations regarding forest related sinks and climate change mitigation. http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/forest_sinks_final_report.pdf (15.2.2007)
- EC. 2004. Comprehensive report 2002-2003 regarding the role of Forest products for Climate change mitigation. Enterprise DG Unit D4 Advisory Committee for Forestry and Forest-based industries. 78 s. http://ec.europa.eu/enterprise/forest_based/ccmreport.pdf (1.3.2007)
- EC. 2005. Annex to the Communication on the implementation of the EU Forestry Strategy (COM 2005/84 final). Brussels, 87 s.
- FAGAN, B. 2002. The Little Ice Age. How Climate Made History. Basic Books, 246 s.
- FAO. 2006. Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO, Rim, 320 str.
- HOČEVAR, M., BEHIN, L. 1999. Zaključno poročilo: UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000 for Slovenia. Gozdarski inštitut Slovenije, 7 s. in priloge
- IPCC. 2003. Good practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.htm (15.2.2007)
- KAJFEŽ-BOGATAJ, L. 2007. Spreminjanje podnebja – zdaj in v prihodnosti. V: Jurc, M. (ur.): Podnebne spremembe – vpliv na gozd in gozdarstvo. Studia Forestalia Slovenica, št. 130, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 13-26.
- KAUPPI, P.E. 2003. New, low estimate for carbon stock in global forest vegetation based on inventory data. *Silva Fennica* 37(4), s. 451-457.
- KOTAR, M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije, 500 s.
- PIŠKUR, M., KRAJNC, N. 2007. Pomen gozdov in rabe lesa za bilanco CO₂ v Sloveniji. V: Jurc, M. (ur.): Podnebne spremembe – vpliv na gozd in gozdarstvo. Studia Forestalia Slovenica, št. 130, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 237-250.
- Resolution on a Forestry Strategy for the European Union. OJ C56, 26.2.1999
- RTS Building Information Foundation, Finland, 2004. Environmental Reporting for Building Materials, 1998 – 2001 and IIED – Using Wood Products to Mitigate Climate Change.
- SMITH, R.L., SMITH T.M., 2001. Ecology and field biology. Benjamin Cummings, San Francisco, 766 s.
- SURS. 2005. Stanovanjski sklad, stanovanja po številu sob in površini po občinah Slovenije, po metodologiji popisa 2002, za leto 2005. <http://www.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp> (1.3.2007)
- STERN, N. 2006. The economics of climate change. The Stern review. http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/ (15.2.2007)
- TORELLI, N. 2007. Vloga gospodarjenja z gozdovi in raba lesa pri blaženju podnebnih sprememb. V: Jurc, M. (ur.): Podnebne spremembe – vpliv na gozd in gozdarstvo. Studia Forestalia Slovenica, št. 130, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, str. 27-43.
- VERHEUGEN, G. 2006. The EU vision for a competitive and sustainable Forest-based Industry. http://ec.europa.eu/enterprise/forest_based/gvatfbconference.pdf
- VESELIČ, Ž. 2006. Možni posek v gozdovih Slovenije. Stanje in predvidevanja. Interno gradivo ZGS, 23 s.
- WALLACE, S. 2007. Last of the Amazon. *National Geographic*, 211(1), s. 40-71.
- ZGS. 2006. Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2005. Urednik: Veselič, Ž. Ljubljana, 71 s.
- ZGS. 2007. Podatki o odmrli lesni masi za leto 2006. Obdelava podatkov: Ogrizek, R., 2 s.