

Creșterea contribuției pădurilor la stocarea bioxidului de carbon prin măsuri adecvate de gospodărire: o abordare pan-europeană

M. Drăgoi

Drăgoi, M., 2016. Creșterea contribuției pădurilor la stocarea bioxidului de carbon prin măsuri adecvate de gospodărire: o abordare pan-europeană. Bucov. For. 16(2): 197-204.

Abstract. The paper summarizes the methodological background and the main outcomes of the FORMIT project (Forest Management Options for Enhancing the Mitigation Potential for European Forest), an FP7 undertaking run by Wageningen University and employing 11 participants (research institutes and universities). Because this research note was published before having the final deliverables approved by the Commission we have confined our presentation the methodological challenges the project team had to deal with and the main results of the Life Cycle Assessment component, which is by far the most interesting and provocative contribution of the project to drafting a post-Kyoto agenda for forestry. Because many results are based on a very consistent use of rough data coming from national forest inventories, and the Romanian partner had not made use of a great deal of data which might have contributed to a better evaluation of the growth potential of Romanian forests, the methodological background was thoroughly explained in Romanian language.

Keywords forest management, mitigation capacity, climate change

Author. Marian Drăgoi (dragoi@usv.ro) - Ștefan cel Mare University of Suceava, 13 Universității, 720229 Suceava, Romania.

Manuscript received November 15, 2016; revised December 10, 2016; accepted December 27, 2016; online first December 31, 2016.

Ce a motivat o asemenea inițiativă?

Deși există un puternic curent de opinie po-

¹ Proiectul FORMIT (Creșterea potențialului de stocare a bioxidului de carbon în păduri prin strategii de management forestier), un proiect FP7 condus de Universitatea din Wageningen și un consorțiu alcătuit din 11 participanți (institute de cercetare și universități, între care și Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava).

trivită căruia pădurile contribuie semnificativ la reducerea amplitudinii și impactului schimbărilor climatice, cuantificarea acestor efecte benefice la nivel macro este dificilă, mai ales când pune problema implementării unui sistem instituțional de monitorizare permanentă a emisiilor nete de gaze cu efect de seră, asociate principalelor folosințe funciare (forestieră,

respectiv agricolă) și tipurilor de management aplicate în interiorul acestora (pădure pentru care se reglementează sau nu procesul de producție, respectiv pășuni, cultură mare, legumicultură, zootehnie etc.).

Lucrurile se complică și mai mult dacă se dorește identificarea acelor scenarii de gestionare multifuncțională a pădurilor, capabile să asigure, pe o perioadă de timp suficient de lungă, stocarea unei cantități maxime de bioxid de carbon. Un asemenea deziderat este perfect justificat la nivelul Uniunii Europene, ce are propriile angajamente în ceea ce privește reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, reducerea consumului de combustibili fosili și creșterea eficienței energetice (Calvin et al. 2014, Reckien et al. 2014). Una din cele mai provocatoare dificultăți ce trebuiau surmontate prin acest proiect este analiza potențialului de reducere a concentrației de CO₂ la o rezoluție spațială și temporală optime, astfel încât să poată fi decelate efectele locale și regionale ale anumitor măsuri de gestionare a pădurilor.

Complexitatea unei asemenea probleme constă în gestionarea diversității biologice, a diversității tehnologiilor de exploatare precum și a diversității utilizărilor pe care lemnul le poate avea după ce a fost exploatat - lemn de foc, lemn pentru celuloză, sau lemn ce va fi imobilizat în bunuri de folosință îndelungată. Acest ultim aspect este extrem de actual, deoarece Acordul de la Paris privind schimbările

climatice recunoaște explicit rolul pe care managementul forestier îl joacă în creșterea capacității pădurilor de a reduce emisiile nete de CO₂, un aspect cu totul nou și destul de riscant, dacă este să ne raportăm la modul în care pădurile erau luate în considerare în vechiul acord de la Kyoto, potrivit căruia ceea ce conta era doar modificarea de suprafață forestieră, în raport cu nivelul de referință de la 1 ianuarie 1990.

Riscul constă în posibilitatea includerii în stocul de carbon creat în mod intenționat și a lemnului imobilizat în bunuri de folosință îndelungată, de cel puțin 50 ani. La prima vedere - nimic rău, doar că se creează astfel premisa schimbării radicale a bazelor de amenajare, în sensul înlocuirii și mai accelerate a pădurii naturale cu pădurea cultivată, cu toate efectele negative asupra conservării biodiversității. În plus, mai apare o problemă, a cărei consecință pe termen lung poate fi adâncirea discrepanțelor dintre țările bogate și cele sărace: dat fiind comerțul internațional cu cherestea și produse semifinite, în contul cărei țări se contabilizează bioxidul de carbon imobilizat în bunuri de folosință îndelungată? În contul țării de origine a lemnului, sau în contul țării ce a utilizat respectiva materie primă?

Elementele de cercetare fundamentală

Inițiatorii acestui proiect și-au propus de la bun

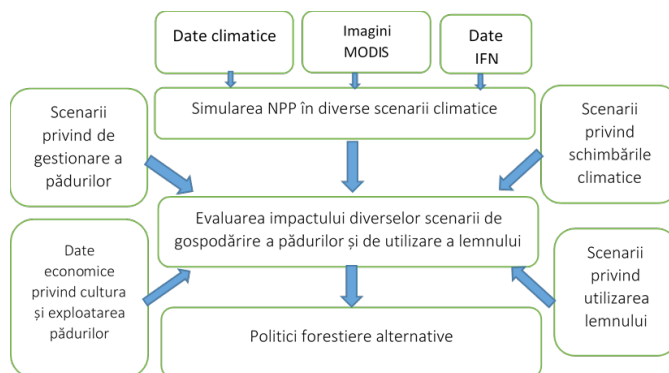


Figura 1 Schema cadru a organizării direcțiilor de cercetare
FORMIT simplified workflow

început o abordare total diferită a măsurilor de gospodărire a pădurilor, pornind literalmente de sus în jos, adică de la imagini satelitare MODIS (Spectroradiometrul pentru Imagistică de Rezoluție Moderată).

Figura 1 prezintă modul în care s-au desfășurat cercetările pe parcursul celor trei ani (octombrie 2012-septembrie 2016). Consorțiul ce a conlucrat la conceperea și finalizarea acestui proiect a avut următoarea structură: Universitatea din Wageningen, Universitatea de Științe ale Vieții din Viena, Universitatea din Hamburg, Universitatea din Florența, Universitatea din Helsinki, Universitatea din Leuven, Universitatea din Praga, Universitatea Norvegiană de Științe ale Vieții, Institutul Tehnologic pentru Celuloză și Lemn din Franța, Universitatea Ștefan cel Mare, Centrul de Cercetare din Tartu - Estonia, Universitate de Științe ale Vieții din Varșovia. Bugetul total a fost de 1,8 milioane €.

Din punct de vedere metodologic marea provocare a acestui proiect a fost aceea de a calibra, pe baza diferențelor texturale, pixelii MODIS cu productivitatea potențială netă (NPP) dată de estimările bazate pe suprafețele de probă ale inventarelor forestiere naționale, după care a urmat calibrarea simulatorului FORMIT, ce estimează NPP în funcție de specie, regim pluviometric și temperatură, cu NPP

dată de MODIS ajustat.

Datele climatice au avut aceeași rezoluție spațială ca imaginile MODIS și, pe baza lor și a indicelui suprafeței foliare (LAI) (Chen et al. 1997) și a fracțiunii radiației fotosintetic active s-a estimat productivitatea potențială brută (GPP) și apoi, scăzând biomasa foliară, productivitatea potențială netă (NPP) aferentă deceniului 2000-2010, în fiecare din cele 650.000 de suprafețe din cele 13 țări care au contribuit cu astfel de date, la care s-au adăugat și 335 din monitoringul forestier de nivel II. În continuare vom exemplifica acest proces cu rezultatele (grafice) obținute pentru România², preluate din al doilea raport livrat Comisiei Europene.

Figura 2 prezintă graficele box-plot ale NPP, valabile doar pentru țara noastră: primul arată distribuția NPP în ploturile IFN, calculate pe baza măsurătorilor terestre, al doilea arată distribuția estimărilor făcute cu ajutorul imaginilor MODIS, în aceleași locații, dar cu date climatice generale, iar al treilea grafic arată distribuția estimărilor MODIS ajustate, în funcție de datele climatice din rețeaua națională.

Diferențele dintre NPP estimat prin cele două

² Datele au fost furnizate în baza unui contract încheiat între USV și INCSD „Marin Drăcea”, contravaloarea acestora fiind plătită din cota de cofinanțare asigurată de UEFISCDI..

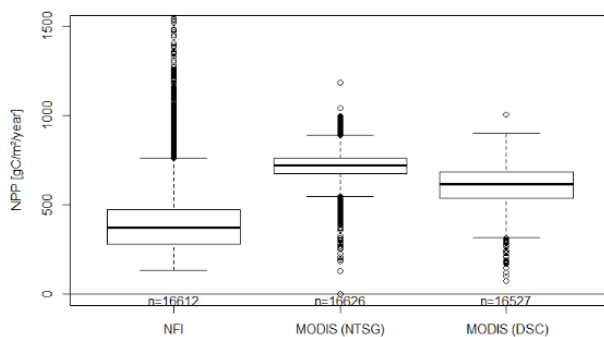


Figura 2 Distribuția NPP în funcție de datele IFN, estimările MODIS bazate pe date climatice generale (NTSG), respectiv estimările MODIS bazate pe date climatice din rețeaua europeană (DSC) *NPP based on NFI data, MODIS based on general climate data and MODIS adjusted to the European climate data (for Romania only)*

metode (IFN, respectiv simulatorul FORMIT³) sunt detaliate pe clase altitudinale în figura 3, unde se observă un bias pozitiv al NPP estimat de IFN, mai mare la câmpie și zona de dealuri joase. Această observație este importantă pentru analizele ulterioare, diferența sistematic pozitivă dintre estimările IFN și cele MODIS fiind dovada unei ușoare subestimări a NPP în diversele scenarii de gospodărire, ceea ce reflectă o abordare prudentă a scenariilor de gospodărire a pădurilor.

Diversitatea ecosistemelor forestiere și a sistemelor de gestionare a acestora

Estimarea NPP și a efectelor pe care diversele tratamente le au asupra productivității pădurilor, în două scenarii climatice de referință nu ar fi posibilă fără a sacrifica cumva diversitatea biologică, în sensul eliminării din model a speciilor mai puțin relevante.

Algoritmul MOD17, utilizat pentru calibrarea informației preluate din imaginile satelitare folosește doar zece tipuri de folosință terestră, ceea ce înseamnă că toate tipurile de pădure întâlnite la nivel continental trebuie reduse la cel mult zece unități tipologice. Din aceste con-

³ Deoarece conducerea INCSD „Marin Drăcea” a renunțat ulterior la colaborare în cadrul acestui proiect, simulatorul FORMIT nu a fost calibrat pe date provenite din IFN România.

siderente, cele 235 tipuri de pădure identificate în cele 28 țări “acoperite” de proiect au rămas doar următoarele tipuri generice de pădure: (1) rășinoase de lumină (pin), rășinoase de umbră (brad, chiparos, tisă, *Pseudotsuga* sp.), rășinoase mediteraneene (pin mediteranean), foioase repede crescătoare (mesteacăn, plop, salcâm, eucalipt), foioase încet crescătoare de lumină, foioase încet crescătoare de umbră (fag, carpen, tei, ulm, nuc, sorb, paltin) și stejari și arbuști mediteraneeni veșnic verzi. Pentru fiecare din țările pentru care s-au făcut estimări privind stocul de bioxid de carbon, fondul forestier a fost pus într-un astfel de „pat procustian”, completat cu următoarele sisteme silviculturale: pădure ne-amenajată (arii protejate), tăieri rase urmate de împăduriri, tăieri cu regenerare sub adăpost, tăieri cu regenerare continuă (grădinărit), crâng, crâng compus și crâng cu rezerve și culturi intensive cu ciclul scurt.

În ceea ce privește schimbările climatice, simulările s-au făcut în patru scenarii, după cum urmează: (i) scenariul de bază – valorile medii pentru perioada 2000-2006 vor rămâne neschimbate până în 2100, (ii) conform estimărilor IPCC, radiația solară la nivelul solului, în 2100, va ajunge la 2,6 W/m², (iii) radiația solară va ajunge în 2100 la 4,5 W/m², (iv) radiația solară va ajunge la 8,5 W/m², ca

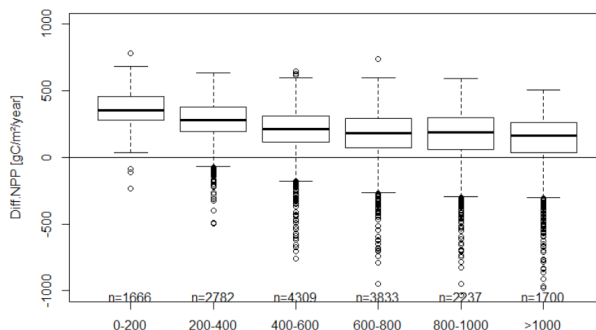


Figura 3 Distribuția diferențelor la nivel de plot (ordonată) între NPP date de IFN și NPP calculate cu simulatorul FORMIT, în funcție de indicele de densitatea standardizat (abscisă)

Distribution of differences between NFI based NPP and simulated NPP (for Romania only)

urmare a accelerării efectului de seră⁴ (Moss et al. 2010).

În accepțiunea consorțiului implicat în acest proiect, prin scenariu de gospodărire se înțelege orientarea întregului sistem de intervenții (ciclul, tratamentul prioritar și intensitatea operațiunilor culturale), iar simulările finale s-au realizat pentru următoarele ipoteze de lucru:

(1) scenariul actual, respectiv păstrarea actualelor baze de amenajare⁵ până în 2100;

(2) maximizarea biodiversității (20% din suprafață - păduri în regim de protecție absolută, fără nicio intervenție; acolo unde se reglementează procesul de producție, doar regenerare naturală și cicluri cu 25% mai lungi);

(3) maximizarea biomasei destinată producției de energie (65% din resturile de exploatare devin bio-combustibil, exploatabilitate absolută, nicio răritură, înlocuirea speciilor încet crescătoare cu cele repede crescătoare, aplicarea de fertilizanți, cicluri mai scurte pe stațiuni de productivitate superioară);

(4) maximizarea efectului de substituire a materialelor de construcții cu lemn și a combustibililor fosili (ciclul și fondul de producție mai mari cu 25% unde este posibil, rărituri de sus și grădinarit în nord, în sud trecerea de la crânguri la codru regulat, speciile repede crescătoare înlocuite cu cele încet crescătoare, rășinoasele cu foioasele iar arboretele pure cu păduri de amestec);

(5) maximizarea stocului de carbon pe picior (fond de producție cu 25% mai mare, unde este posibilă creșterea, grădinarit cu rotație de 20 ani prin care se vor extrage arbori de foarte bună calitate; costuri de exploatare minime; menținerea neutralității în ceea ce privește emisiile nete de CO₂ pentru pădurile de crâng. Pădurile virgine și cvasi-virgine pe stațiuni de productivitate redusă rămân negospodărite).

Analiza eficienței economice a actualelor sisteme de gestionare a pădurilor

Gestionarea sustenabilă a pădurilor depinde și de eficiența economică a tuturor măsurilor silvotehnice aplicate de-a lungul unui ciclu de producție. Această dimensiune nu poate fi neglijată până la finele secolului, pentru că economia forestieră în sine este un sistem cât se poate de dinamic și, în mare măsură, predictibil, supus legilor ce guvernează piața liberă. O componentă importantă a analizei a fost chiar estimarea unui indicator de referință pentru orice sistem de gospodărire, și anume rata internă de revenire (RIR). Până acum, niciun proiect nu și-a propus în mod explicit să ofere RIR pentru principalele specii forestiere la nivel european, ceea ce conferă un plus de valoare rezultatelor finale.

Pentru România, Bulgaria, Croația, Serbia și Moldova, valorile prezente nete ale unui hectar de pădure, la trei rate de scont, precum și rata internă de revenire, au fost calculate în funcție de actualele costuri medii de producție și de prețurile medii de livrare, ținând cont de toate intrările necesare pe parcursul unui ciclu de producție. În primul rând, astfel de estimări își găsesc utilitatea în evaluarea terenurilor forestiere, pentru România acestea fiind primele estimări publicate după 1990.

Două valori RIR atrag atenția, cel puțin pentru România: rentabilitatea foarte mare a pădurilor de molid, regenerate prin tăieri rase urmate de împăduriri (acesta a fost considerat tratamentul tipic pentru această specie, nu tratamentul regenerărilor progresive), și rentabilitatea extrem de mică a crângurilor de salcâm. Explicațiile sunt simple: la molid, rentabilitatea ridicată se datorează prețului mare plătit de firma Schweighoffer, celelalte costuri fiind mici (am spune anormal de mici, pentru lucrările de exploatare), pe când la salcâm rentabilitatea foarte mică se datorează costurilor foarte mari de instalare, știut fiind faptul că astfel de păduri au fost create pe terenurile agricole și nu în fondul forestier propriu-zis. Și cum salcâmul a fost instalat, în ultimii ani,

⁴ Creșterile temperaturilor medii, corespunzătoare acestor praguri sunt următoarele: 1,8°C, 2,4 °C, respectiv 3,4 °C

⁵ Nicăieri în proiect nu se face referire la conceptul de „bază de amenajare” dar folosim acest termen acum, pentru a fi mai clar înțeleși de cititorii români.

Tabelul 1 Valorile prezente nete și ratele interne de revenire, pentru principalele grupe de specii în România, Bulgaria, Serbia, Croația și Moldova
Expected net present values per hectare and internal return rate for the main species and silvicultural systems in Romania, Moldova, Serbia, Bulgaria and Croatia

Grupa de specii	Țara	Valoarea prezentă netă (€/ha)			Rata internă de revenire (%)
		2%	3%	4%	
Tăieri progresive și succesive					
Rășinoase de lumină	Bulgaria	1959	586	119	4,6
Rășinoase de umbră	Bulgaria	2887	943	240	4,8
Foiase de lumină încet crescătoare	Bulgaria	-163	-544	-618	1,9
	Croația	888	301	77	4,7
	Moldova	2037	599	90	4,4
	Romania	8784	2665	621	4,7
	Serbia	680	-812	-1307	2,4
Foiase încet crescătoare de umbră	Bulgaria	1475	347	-54	3,8
	România	6847	2968	1480	9,4
	Serbia	4664	1713	729	>10,0
Tăieri rase urmate de împăduriri					
Rășinoase de lumină	Romania	79936	66530	60827	>10,0
	Serbia	5345	1059	-619	3,6
Crânguri	Moldova	3727	1776	831	5,8
	Romania	-702	-1978	-2586	1,7

în special pe terenuri degradate, rentabilitatea redusă este încă și mai ușor de explicat. Cvercineele din Croația sunt la fel de rentabile ca și cele din România datorită proporționalității costurilor de producție și prețurilor de vânzare, bazele de amenajare fiind aceleași.

Costurile de producție sunt determinate în primul rând de tehnologiile folosite, mai precis de măsura în care sunt folosite utilaje performante, de productivitate ridicată. În Tabelul 2 sunt prezentate costurile mediane, pe tratamente și grupe de specii. Ceea ce prezintă interes pentru creionarea unor scenarii de maximizare a producției de energie din biomasă sunt valorile minime din coloana a III-a. Culturile energetice bazate pe specii repede crescătoare sunt destul de scumpe, comparativ cu cele încet crescătoare.

Din perspectiva scenariilor de gospodărire, mai interesante sunt datele din tabelul 3, respectiv beneficii mediane, la nivel european, pe grupe de specii și tratamente⁶, din perspec-

tiva a două utilizări pe care lemnul le-a avut totdeauna: aceea de sursă de energie și/sau materie primă pentru bunuri de folosință îndelungată.

Simularea efectului schimbărilor climatice asupra mărimii fondului de producție

Figura 4 prezintă rezultatele simulării mărimii fondului de producție calibrate, așa cum s-a precizat, în raport cu datele complete IFN, în două scenarii de creștere a radiației directe; anii de referință sunt 2030 (verde), respectiv 2050 (albastru), anul începerii simulării fiind 2010 (portocaliu).

Se observă că, în cel mai nefavorabil scenariu de schimbare climatică, fondul de producție al Franței va scădea puțin în 2050, ca urmare a reducerii randamentului fotosintetic. În cazul Germaniei, unde ponderea mare a rășinoaselor în afara arealului este mare, reducerea randamentului fotosintetic se va manifesta după de „unitate forestieră”. În acest articol nu am folosit acest termen, pentru a nu crea confuzie.

⁶ Pentru combinația grupă de tratamente + grupă de specii în cadrul proiectului s-a convenit să se folosească termenul 202

Tablelul 2 Costul median la metru cub, în funcție de tratament, grupă de specii și destinația finală a masei lemnoase recoltate (€ m⁻³)
Median cost per cubic meter across silvicultural systems and groups of species according to the end-use of wood (energy only, timber and energy and timber only)

Tratatamentul	Grupa de specii	Doar energie	Lemn de lucru și energie	Doar lemn de lucru
Crâng	Foioase repede crescătoare	19	11	
	Arbuști mediteraneeni		13	
	Foioase lumină încet crescătoare	35	29	
Crâng cu rezerve	Foioase de lumină încet crescătoare		30	
	Foioase de umbră încet crescătoare		11	
Codru regulat, regenerare sub adăpost	Foioase repede crescătoare		28	2
	Rășinoase de lumină		26	19
	Rășinoase mediteraneene		8	
	Arbuști mediteraneeni		9	
	Rășinoase de umbră	84	27	15
	Foioase de lumină încet crescătoare	25	17	25
	Foioase de umbră încet crescătoare	42	21	23
Codru regulat, tăieri rase	Foioase repede crescătoare	25	26	6
	Rășinoase de lumină	162	25	16
	Rășinoase mediteraneene		7	
	Rășinoase de umbră	137	17	28
	Foioase de lumină încet crescătoare	83	11	23
	Foioase de umbră încet crescătoare		15	
	Foioase repede crescătoare	46	7	21
Cicluri scurte	Foioase repede crescătoare		4	
	Rășinoase de lumină		8	
	Foioase de lumină încet crescătoare	6		

2030, în ambele scenarii de încălzire (graficele marcate cu două elipse de culoare roșie).

Așa cum era de așteptat, încălzirea va afecta în sens pozitiv mai mult țările nordice, unde temperatura este factorul limitativ, și în sens negativ țările sudice, unde deficitul de umiditate este factorul limitativ principal. Deci nu în această zonă trebuie căutate soluțiile, ci în zona creșterii stabilității funcționale a pădurilor, deoarece nu reducerea capacității fotosintetice va duce la înlocuirea unei specii forestiere cu o alta, ci incendiile de pădure, doborâturile de vânt și/sau atacurile de insecte, dar care nu au fost modelate prin niciuna din componentele acestui proiect.

De asemenea, analiza ciclului de viață al produselor lemnoase, ce va face obiectului unui articol distinct, ce va fi publicat în *The International Journal of Life Cycle Assessment*, s-a încheiat cu o concluzie ce face notă dis-

cordantă cu metodologia unitară utilizată până în această fază: „din cauza variabilității foarte mari a datelor privind sistemele de mașini, consumurile specifice și productivitatea muncii (ce depinde de tratamentele silviculturale aplicate), analiza ciclului de viață este bine să se facă la nivel regional (nu continental - n.n.), cu date cât mai dezagregate”.

Bibliografie

- Calvin, K., Edmonds, J., Bakken B., Wise M., Kim S., Luckow P., Patel P., Graabak I., 2014. EU 20-20-20 energy policy as a model for global climate mitigation. *Climate Policy* 14 (5): 581–598.
- Chen, J. M., Plummer, P. S., Rich, M., Gower, S. T., Norman, J. M. 1997. Leaf area index measurements. *Journal of Geophysical Research* 102(D24): 29-429.
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., Van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., 2010. The

Tabelul 3 Beneficiul median la metru cub, în funcție de tratament, grupă de specii și destinația finală a masei lemnoase recoltate (€ m^{-3})

Median benefit per cubic meter across silvicultural systems and groups of species according to the end-use of wood (energy only, timber and energy and timber only) (in € m^{-3})

Tratamentul	Grupa de specii	Beneficiu median în eventualitatea folosirii lemnului doar ca resursă energetică	Lemn de lucru + energie	Doar lemn de lucru
Crâng	Foioase repede crescătoare	36	18	
	Foioase de lumină încet crescătoare		112	
Crâng cu rezerve	Foioase încet crescătoare de lumină	22	43	
	Foioase încet crescătoare de Umbră		19	
Codru regulat, regenerare sub adăpost	Foioase repede crescătoare		42	61
	Rășinoase de lumină		60	35
	Rășinoase de umbră		57	45
	Foioase de lumină		56	61
	Foioase de umbră		54	47
Codru regulat, tăieri rase	Foioase repede crescătoare	87	48	45
	Rășinoase de lumină	17	58	44
	Rășinoase de umbră	24	68	42
	Foioase de lumină	20	60	50
	Foioase de umbră		65	

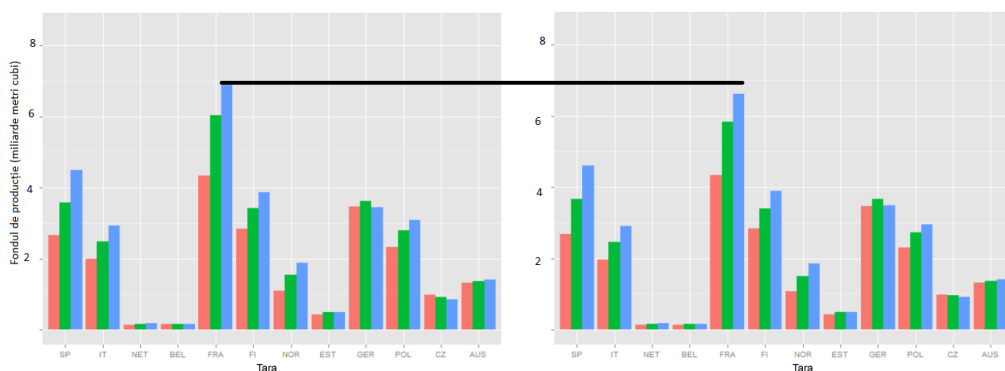


Figura 4 Evoluția fondului de producție pentru țările ce au furnizat date complete din IFN, în două scenarii de încălzire (stânga - $4,5 \text{ W m}^{-2}$; dreapta $8,5 \text{ W m}^{-2}$). Cu portocaliu: anul 2010, cu verde 2030, cu albastru 2050.

Estimated growing stock for the countries that provided complete sets of NFI data according to two climate change scenarios (left panel: 4.5 W m^{-2} , right panel: 8.5 W m^{-2}). orange: 2010 (base level), green - 2030, blue - 2050)

next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463(7282): 747-756.

Reckien, D., Flacke, J., Dawson, R.J., Heidrich, O., Olazabal, M., Foley, A., Hamann, J.P., Orru, H., Salvia, M., 204

Hurtado, S.D.G. and Geneletti, D., 2014. Climate change response in Europe: what's the reality? Analysis of adaptation and mitigation plans from 200 urban areas in 11 countries. *Climatic Change* 122(1-2): 331-340.