

**Edita Baltrėnaitė
Pranas Baltrėnas
Arvydas Lietuvninkas**



**TVARUS MEDŽIO VAIDMUO
APLINKOS APSAUGOS
TECHNOLOGIJOSE**

Monografija

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Edita Baltrėnaitė
Pranas Baltrėnas
Arvydas Lietuvninkas

TVARUS MEDŹIO VAIDMUO APLINKOS APSAUGOS TECHNOLOGIJOSE

Monografija

VG TU leidykla TECHNIKA
Vilnius

UDK 504:674

Ba301

Leidinį rekomendavo VGTU Aplinkos inžinerijos mokslo krypties komitetas

Recenzavo: prof. habil. dr. Irena Eitminavičiūtė, Vilnius, Lietuva
dr. Arūnas Draugelis, Čikaga, Jungtinės Amerikos Valstijos
prof. habil. dr. Petras Vaitiekūnas, Vilnius, Lietuva

Autoriai nuoširdžiai dėkoja verslo įmonėms ir jų atstovams,
tikėjusiems monografijos idėja ir padėjusiems ją išleisti:

UAB „Vilniaus energija“,
„Protective Seals Solutions“,
„Chill&Grill“

UAB „Baldai Jums“,
UAB „Armgate“,
UAB „Vildeta“.

Versta iš leidinio anglų kalba:

The Sustainable Role of the Tree in Environmental Protection Technologies
by Edita Baltrėnaitė, Pranas Baltrėnas, and Arvydas Lietuvninkas

Copyright © Springer International Publishing

Springer International Publishing is part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

VGTU leidyklos TECHNIKA mokslo literatūros knyga (2377-M)

<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-609-457-953-0

eISBN 978-609-457-952-3

doi:10.20334/2377-M

Šį kūrinį, esantį bibliotekose, mokymo ir mokslo įstaigų bibliotekose, muziejuose arba archyvuose,
be leidėjo sutikimo draudžiama mokslinių tyrimų ar asmeninių studijų tikslais atgaminti, viešai skelbti
ar padaryti viešai prieinamą kompiuterių tinklais tam skirtuose terminaluose tų įstaigų patalpose.

Dėl leidimo kreiptis el. paštu leidyba@vgtu.lt

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2016

TURINYS

Įvadas	5
1. Medis žemės sausumos ekosistemose	9
1.1. Medžio funkcijos biogeocheminėje medžiagų apytakoje	10
1.2. Medžio būvio ciklas.....	21
1.3. Medžio panaudojimo aplinkos apsaugos technologijose prasmingumas.....	30
2. Atskirų ekosistemų komponentų medžio aplinkoje užtaršos ypatumai	35
2.1. Edafinis užterštumas ir jo ekogeologinis vertinimas	36
2.2. Vandeninės terpės (paviršinio nuotėkio) užtaršos urbanizuotose teritorijose ypatumai.....	49
2.3. Aerogeninė užtarša ir jos vertinimas ekosisteminio požiūriu	61
3. Metalų pernaša į medį kaip biogeocheminis procesas	86
3.1. Metalų patekimas į miškų ekosistemas	86
3.2. Metalai medžio rizosferoje, jų pernaša ir kaupimasis medyje	88
3.3. Biotinių ir abiotinių veiksnių įtaka metalų pernašai į medį.....	113
4. Biogeocheminiai ir funkciniai medžio ypatumai metalais užterštoje teritorijoje.....	136
4.1. Metalų nustatymo medyje metodiniai aspektai	136
4.2. Biogeocheminiai medžio bruožai užterštoje teritorijoje	142
4.3. Funkciniai medžio bruožai užterštoje teritorijoje	152
5. Medžio vaidmuo ekotechnologijose	156
5.1. Bioindikacija ir fitoremediacija – praktiniai metalų bioakumuliacijos medžiuose ypatumai	156
5.2. Dinaminiai cheminių elementų pernašos į medžius ir medžiuose rodikliai	160
5.3. Metalų pernašos sistemoje <i>atmosfera – medis – dirvožemis</i> modeliavimas	169
6. Medienos produktų panaudojimas vandens ir dirvožemio kokybei gerinti.....	191
6.1. Medienos bioanglis: savybės, ištekliai ir panaudojimo galimybės.....	192
6.2. Medienos bioanglis kaip dirvožemio meliorantas vertinant užtaršos metalais riziką.....	214

6.3. Medienos bioanglies panaudojimas nuotėkio užtaršai mažinti	232
6.4. Medienos pelenai kaip trąša: aplinkosaugos problema ar nauda?	240
7. Medienos produktų panaudojimas oro kokybei gerinti	256
7.1. Medžio produktai biologinio oro valymo sistemose	256
7.2. Medžio produktų, kaip biofiltracijos sistemų įkrovų, fizikinių cheminių savybių ypatumai	267
7.3. Mikrobiologiniai biofiltracijos sistemų su medžio produktais ypatumai	276
7.4. Biofiltracijos sistemų su medžio produktais konstrukciniai sprendimai ir jų veiksmingumas	292
Išvados	307
Dalykinė rodyklė	314
Literatūra	320

IVADAS

*O virš tų krantų, virš to mylimo Nemuno dangus toks skaistus,
toks švelnus, toks lietuviškas – žiūri žiūri ir negali atsižiūrėti.
Tuomet širdis smarkiau pradeda plakti,
o siela nudžiugus himną pradeda giedoti Tam, kuris
tėvynę tau davė Lietuvą.
O ir graži ta mūsų Lietuva.
Graži savo liūdnumu, graži paprastumu ir širdingumu.
Nėra čia kalnų, debesis remiančių, nei kaskadų užiančių;
Pažvelk tik aplink! –
Koks graudus paprastumas tame reginyje*

M. K. Čiurlionis

Neatsitiktinai šioje knygoje kalbame apie medį kaip svarbią gamtos ir žmogaus aplinkos dalį. Savo forma ir prasme medis išlieka sakraliausias žmogaus gyvenime objektas. Tiesa, nors medžio įprastos funkcijos nepakito, tačiau vystantis žmonijai formavosi skirtingos jo suvokimo ir pajautos išraiškos formos. Pasaulio ir jo analogo – Gyvybės medžio – kultas kilo iš ankstyvojoje giminingėje santvarkoje susidariusių medžių kulto vaizdinių: medžių totemų, dvasių buveinių. Mitologinis Pasaulio medis buvo svarbiausias veiksnys, padedantis žmogaus mitologinei erdvės sampratai formuotis. Jis augęs pasaulio centre. Tai pasaulio ašis, jungianti dangų, žemę ir požemį. Šis medis yra trijų Visatos pasaulių tarpininkas, čia ir slypi jo sakralioji esmė. Pasaulio medis viršūne remia dangų, šakomis apglėbia visą pasaulį, šaknimis siekia žemės gelmes (Dundulienė 2008¹).

Kalbėdami apie modernias medžio prasmės suvokimo formas, prisiminkime pasaulinio garso kino filmus. 2009 m. visuomenei pristatytame Jameso Camerono kino filme „Įsikūnijimas“ svarbiausias ir mistiškiausias vaidmuo suteikiamas Sielų medžiui (arba Gimtajam medžiui, Balsų medžiui), kuris yra gyvybiškai svarbus fantastinės planetos Pandoros čiabuviams naviams. Kalnakasyba besiverčiantys kolonizatoriai siekė sunaikinti medį šioje planetoje. Trečiojoje filmo „Žvaigždžių karai“ dalyje parodytas Visatoje egzistuojantis mistiškasis miškų mėnulis Endor – gigantiš-

¹ Dundulienė, P. 2008. Gyvybės medis lietuvių mene ir tautosakoje. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas. 165 p.

kais medžiais apaugęs pasaulis. „Žiedų valdovo“ filmo serijose *ents* vadinama gyvųjų, primenančių medžius, rasė.

Šiomis dienomis plačiai kalbant apie įvairių procesų tvarumą, medžio tvarumo prasmė išryškėja, kai apmąstome jo būvio ciklą urbanizuotose, dideles technologines teršalų apkrovas patiriančiose teritorijose. Ne mažesnę susirūpinimą kelia ir blogėjanti globali Žemės ekosferos būseną, šiltnamio efektą skatinančių dujų koncentracijos didėjimas atmosferoje ir planetos klimato pokyčių prognozės. Kalbant apie ilgalaikį darnų vaidmenį, medžio vaidmuo pirmiausia siejamas su anglies ciklo ir tokių pavojingų technologinės produkcijos produktų, kaip sunkieji metalai, geocheminio statuso nūdienos antropogenizuotoje biosferoje palaikymu.

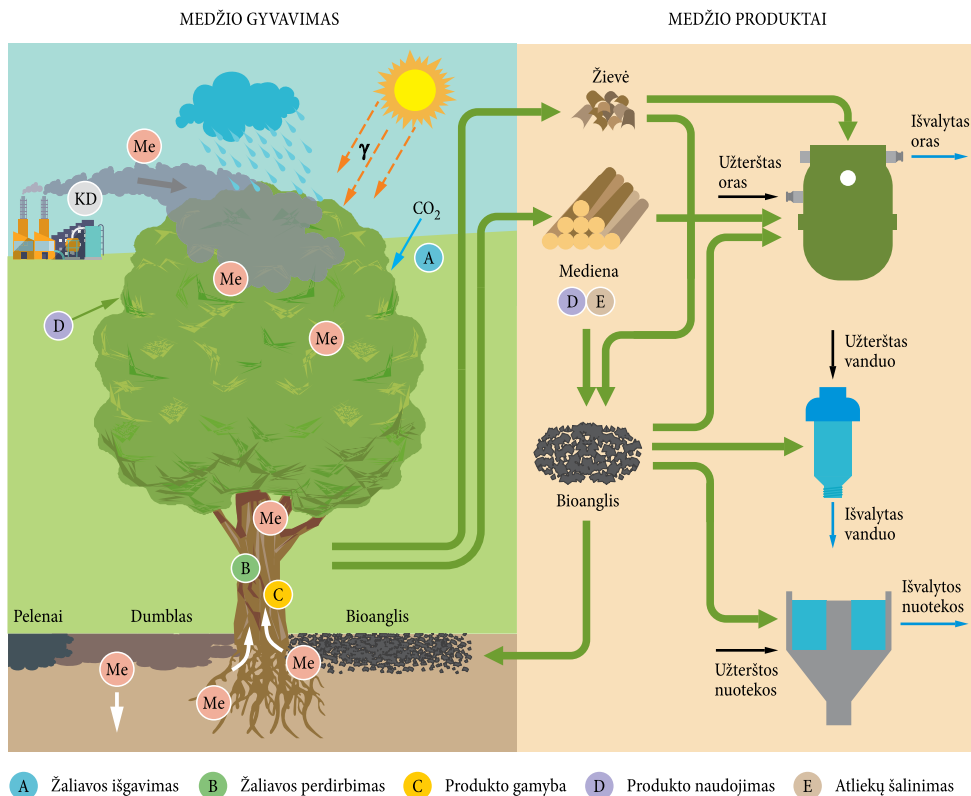
Tad medžio gyvavimas ir jo produktų naudojimas yra iš esmės susiję su būvio ciklo etapais, o medžio funkcijos, ypač dėl jo ilgo gyvavimo ir ilgalaikio efekto, patvirtina jo tvarų vaidmenį aplinkos apsaugos technologijose.

Išskirtinos dvi pagrindinės medžio vaidmens aplinkos apsaugoje sritys: jo gyvavimo metu ir produktų panaudojimo metu. Pirmojoje srityje medžio funkcijos apima jo savybių taikymą ekoteknologijose, antrojoje – aplinkos inžinerijoje. Kartu jos susieja medžio gyvos ir negyvos formų panaudojimą aplinkos apsaugos technologijose. Pagrindiniai bendrieji medžio būvio ciklo etapai: mitybinių medžiagų kaip žaliavos ir energijos iš aplinkos išgavimas (A), žaliavos perdirbimas (B), produkto gamyba (C), produkto naudojimas (D) ir atliekų šalinimas (E).

A etape žaliavomis laikomi ne gyvosios aplinkos ištekčiai, kuriuos medis naudoja gyvybinėms funkcijoms palaikyti. Jis naudoja negyvosios gamtos medžiagas, pasisavindamas CO₂ iš aplinkos oro ir mitybines medžiagas iš dirvožemio biomasei sintetinti ir savo dalims auginti, aktyviai dalyvaudamas mažajame medžiagų apykaitos rate (žr. 1 skyrių). Užterštos teritorijose šiems procesams įtakos turi su medžio aplinka susijusių ekosistemų užtaršos pobūdis (žr. 2 skyrių) ir taršos komponentų pernaša į medžio organizmą. Medžio, kaip funkcinio miškų plotų vieneto, tvarumo reikšmė ypač išryškėja jam aktyviai dalyvaujant biogeocheminėje anglies apytakoje biosferoje, pasisavinant atmosferos anglies dioksidą ir mažinant jo, kaip šiltnamio efektą skatinančio komponento, koncentraciją. Paminėtinas taip pat svarbus medžio tvarumo bruožas – gebėjimas šalinti iš aplinkos ir akumuliuoti (stabilizuoti) savo organizme tokius teršalus, kaip sunkieji metalai, tokiu būdu ilgą apribojant jų judrumą ir galimą neigiamą poveikį ekosistemose.

Būtent ši medžių funkcija – stabilizuoti sunkiuosius metalus – nagrinėjama 3 skyriuje. Jame iš dalies apibūdinamas ir medžio būvio ciklo B etapas – žaliavos perdirbimas, kuriame vyksta minėtų medžiagų pernaša, transformacija ir kaupimasis medžio organizme. Tačiau šiomis sąlygomis procesus gali gerokai paveikti ir vadinamieji biotiniai veiksniai.

C etapas – produkto gamyba. Medžio būvio cikle produkto gamyba suprantama kaip biomasės sintezė ir prieaugis. Technologinėje aplinkoje augantis medis yra



1 pav. Pagrindiniai medžio būvio ciklo etapai

veikiamas aerogeninės ir edafinės užtaršos, o tai sąlygoja ne tik kokybinius, bet ir kiekybinius biomasės savybių pokyčius. Kokybinius pokyčius apibūdina biogeocheminiai medžio ypatumai, kiekybinius – funkciniai (žr. 4 skyrių).

D etape – produkto panaudojimas – aptariamas platesnis medžio panaudojimas. Taikant ekotechnologijas tai įprasminama bioindikacijos ir fitoremediacijos funkcijomis. Tai santykinai pigios novatoriškos ir efektyvios technologijos, panaudojančios aplinkos gebėjimus mažinti taršą ir stabilizuoti riziką ilgą laikotarpį. Tai ir yra svarbiausi tvarios plėtros principai. Aplinkos apsaugos inžinerijoje panaudojami tiek tiesioginiai, tiek apdoroti medžio produktai. Skaitiniai šių procesų modeliai tampa praktiniais įrankiais (žr. 5, 6 ir 7 skyrius).

E etape produkto atliekomis priskiriamos medžio atliekos, kurios neapdorotos (medžio žievė, medžio drožlės) ar termiškai apdorotos (pelenai, bioanglis, plaušas) gali būti praktiškai panaudojamos. Daugeliu atveju šios atliekos tampa produktais, kuriuos galima savitai panaudoti ir kurie atitinka techninius reikalavimus. Plėtojama tokio panaudojimo rinka ir kartu išvengiama neigiamo poveikio aplinkai ir žmogaus

sveikatai. Tokiu būdu tvariau (nes racionaliau) valdomi gamtos ištekliai, o atgautos iš medžio atliekų medžiagos panaudojamos efektyviau (žr. 6 ir 7 skyrius).

Šios knygos tikslas – parodyti, kaip kiekviename būvio ciklo etape medžio funkcijos yra susijusios su tvaria plėtra, o jo panaudojimas aplinkos apsaugos technologijose patvirtina žmonijos gebėjimą pažinti ir gerbti gamtą, suvokti medžio prasmę. Kartu su gerai žinomu bendru ekologiniu medžio vaidmeniu pristatome medžio vaidmenį taikant aplinkosaugos technologijas. Knygoje pateikiamos dvi informacijos praktinio pritaikomumo kryptys: medžio panaudojimas ekotechnologijose baigiamas modelių šiems procesams kurti ir prognozėms formuoti pristatymu, o inžinerinėse sistemose praktinis medžio produktų panaudojimas išreiškiamas tiesioginiu efekto pristatymu.

Knygoje pateiktu medžio aplinkosauginiu vaidmeniu įvairiame jo būvio etape norima pabrėžti medžio gebėjimus gerinti aplinkos būklę ne tik ekologiniu, bet ir aplinkos apsaugos inžinerijos aspektu. Medis geba sindikuoti aplinkos kokybės pokyčius, stabilizuoti taršą, išlaikyti aplinkosaugines funkcijas ir gyvavimo etapui pasibaigus, netiesiogiai dalyvaudamas inžineriniuose aplinkos apsaugos sprendimuose.

Ši knyga – darbas, jungiantis gamtą ir techniką, ekologiją ir inžineriją, pažinimo ir pritaikymo pagrindus, prasmę ir naudą, nes gamtoje ir gyvenime viskas turi prasmę ir paskirtį ir, kaip teigia B. Commoneris, „viskas yra susijęs su viskuo“.