

Lesní bioekonomika



2024

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.
Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.
Ing. et Ing. Štěpán Hýsek, Ph.D.
doc. Ing. Martin Jankovský, Ph.D.
prof. Ing. Lukáš Kalous, Ph.D.

Ing. Radim Löwe, Ph.D.
Ing. Bc. Petra Palátová, Ph.D.
doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, Ph.D.
doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.



Lesní bioekonomika

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.

Ing. et Ing. Štěpán Hýsek, Ph.D.

doc. Ing. Martin Jankovský, Ph.D.

prof. Ing. Lukáš Kalous, Ph.D.

Ing. Radim Löwe, Ph.D.

Ing. Bc. Petra Palátová, Ph.D.

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, Ph.D.

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

OBSAH

Úvod	4
1 Úvod do bioekonomiky	5
1.1 Definice bioekonomiky	5
1.2 Bioekonomika a bioekonomie.....	7
1.3 Historie bioekonomie	7
1.4 Priority bioekonomiky	9
2 Udržitelný rozvoj a význam obnovitelných zdrojů v bioekonomice	11
2.1 Historický vývoj a definice udržitelného rozvoje.....	11
2.2 Udržitelný rozvoj a bioekonomika.....	14
3 Bioekonomika podle původu obnovitelných přírodních zdrojů	16
3.1 Zemědělská bioekonomika	16
3.1.1 Hlavní výzvy zemědělské ekonomiky	16
3.1.2 Nepotravinářská zemědělská bioekonomika.....	18
3.1.3 Trendy v evropské regulaci zemědělství.....	19
3.2 Lesní bioekonomika	21
3.2.1 Bioekonomika a lesní bioekonomika – EU.....	21
3.2.2 Lesní bioekonomika – ČR	22
3.2.3 Lesní bioekonomika - příklad dobré praxe z Finska a povědomí o bioekonomice	23
3.3 Akvakultura	24
3.3.1 Co je akvakultura	24
3.3.2 Produkční systémy v akvakultuře.....	24
3.3.3 Cirkularita v akvakultuře	25
4 Ekosystémové služby lesa	33
4.1 Ekosystémové služby – definice a rozdělení.....	33
4.2 Návštěvnost lesa a non-wood forest products (NWFP).....	34
4.3 Platby za ekosystémové služby.....	35
5 Lesní biomasa.....	37
5.1 Dendromasa.....	37
5.1.1 Produkce dendromasy v Evropě a v České republice.....	37
5.2 Vlastnosti dřeva.....	41
5.2.1 Tvorba dřeva.....	41
5.2.2 Pozice dřeva ve společnosti.....	42
5.2.3 Přednosti a nevýhody dřeva.....	42
5.2.4 Obecné charakteristiky.....	43
5.2.5 Vlastnosti dřeva.....	46
5.2.6 Kvalita dřeva.....	47
6 Odvětví zpracovávající dendromasu	50
6.1 Mechanické zpracování dřeva	50
6.1.1 Využití dřeva jednotlivých druhů stromů.....	54
6.1.2 Vedlejší produkt dřevovýroby - dřevní odpad.....	56
6.1.3 Zpracování sypkých dřevních odpadů mechanickými postupy.....	58
6.2 Chemické zpracování dřeva.....	61
6.2.1 Chemie a analýza dřeva	61
6.2.2 Chemické zpracování dřeva.....	65

6.3 Inovativní technologie.....	69
6.3.1. Materiálové využití ligninu.....	69
6.3.2 Kompozitní materiály z recyklovaného dřeva.....	70
6.3.3 Dřevoplastové kompozitní materiály.....	71
6.4 Energetické využití dřevní biomasy.....	73
7 Přidružená výroba.....	79
7.1 Lesní plody, léčivé rostliny, a jiné využití fytomasy.....	79
7.1.1 Houby.....	81
7.1.2 Léčivé rostliny.....	83
7.2 Zoomasa.....	86
7.2.1 Volně žijící zvěř a myslivost v ČR.....	86
7.2.2 Včelařství.....	88
7.2.3 Konzumace hmyzu.....	88
8 Prvky cirkularity, kaskádové využití biomasy	91
8.1 Cirkularita.....	91
8.2 Kaskádové využití biomasy.....	93
9 Bioekonomika jako součást hospodářské strategie	97
9.1 Strategie OECD.....	97
9.2 Evropské technologické platformy.....	98
9.3 Strategie a akční plán pro udržitelnou bioekonomiku.....	98
9.4 Aktualizovaná strategie bioekonomiky.....	99
9.5 Výzvy bioekonomiky.....	99
9.6 Budoucí vývoj.....	100
9.7 Strategie rozvoje bioekonomiky v České republice.....	101
9.8 Strategie BIOEAST	104
9.9 Finská strategie pro lesní bioekonomiku jako příklad národní strategie.....	104

ÚVOD

Problematika bioekonomiky má poměrně krátký historický vývoj. Nakládání s omezenými zdroji bylo sice předmětem neoklasické ekonomické teorie již v 19. století, problematika přírodních zdrojů jako součástí přírodních statků však byla definována a formulována do politik životního prostředí až v 70. letech 20. století. Vládní strategie zaměřené na bioekonomiku se vytvářely v posledních 10 letech. Předkládaná publikace shrnuje nejnovější poznatky z oblasti bioekonomiky a seznamuje čtenáře s definicí lesní bioekonomiky, souvisejícími problémy a možnostmi využití všech přírodních zdrojů pocházejících z lesa.

Lesní bioekonomika je široce pojatý interdisciplinární předmět, který je zaměřen na využití všech ekosystémových služeb lesa se zaměřením na dřevoproductční a nedřevoproductční služby. Zabývá se zejména možnostmi využití dřevní suroviny, jako nejdůležitějšího přírodního zdroje, ale i řadou dalších zdrojů a jejich zpracováním v potravinářském, chemickém i farmaceutickém průmyslu. V souvislosti se zpracováním všech přírodních zdrojů je důležité zaměřením na inovace, nové výrobní postupy a využití moderních technologií.

Vedle využití přírodních obnovitelných zdrojů z lesa je však důležité si uvědomit, že na rozdíl od jiných odvětví je výstupem lesního hospodářství i řada dalších velmi důležitých ekosystémových služeb, které slouží k rekreaci, zajišťování vodního režimu, vázání CO₂ a dalších. Předmětem lesní bioekonomiky proto není pouze zaměřením na maximální využití přírodních zdrojů, ale i pochopením souvislostí s ostatními ekosystémovými službami a zajišťování udržitelného rozvoje.

Publikace poskytuje základní informace o možnostech využití přírodních zdrojů z lesa v České republice včetně souvislostí s celosvětovým vývojem a strategií v této oblasti v Evropě. Lze předpokládat, že se bude jednat do budoucna o důležitou oblast našeho hospodářství, neboť význam obnovitelných zdrojů dále poroste s postupným vyčerpáváním nerostných surovin. Publikace by proto měla být i návodem, jak do budoucna efektivněji využívat přírodní zdroje z lesa a nahrazovat některé neobnovitelné zdroje.

Publikace je určena především studentům Fakulty lesnické a dřevařské ČZU v Praze, ale i dalším zájemcům, kteří si chtějí prohloubit znalosti v oblasti lesní bioekonomiky a nalézt širší souvislosti využívání všech ekosystémových služeb lesního hospodářství. Je důležitým zdrojem informací pro pracovníky státní správy i pracovníky na různých úrovních organizací.

Struktura publikace vychází z definice pojmu bioekonomika a lesní bioekonomika, věnuje se problémům souvisejícím s produkcí přírodních zdrojů, ale i ostatních ekosystémových služeb lesního hospodářství a upozorňuje na souvislosti s udržitelným rozvojem. Nejvíce prostoru je věnováno využití dřeva a je popsáno využití i dalších přírodních zdrojů z lesa. V závěru je zmíněn význam bioekonomiky do budoucna včetně seznámení se strategiemi, které jsou zpravidla schváleny v časovém horizontu do roku 2030.

1 ÚVOD DO BIOEKONOMIKY

Cílem úvodní kapitoly je definovat bioekonomiku a její význam pro společnost a blíže se seznámit s historickým vývojem a prioritami bioekonomiky.

Klíčová slova: bioekonomika, obnovitelné biologické zdroje, bioprodukt, bioenergie, biotechnologie

1.1 DEFINICE BIOEKONOMIKY

Evropská komise (EC, 2012) zpravidla popisuje bioekonomiku jako produkci obnovitelných biologických zdrojů (OBZ) a jejich přeměnu na produkty s přidanou hodnotou, např. potraviny, krmivo, výrobky z biologického materiálu a bioenergie. Složena je ze dvou klíčových komponentů, a to:

1. udržitelné produkce biomasy s cílem zvýšit využívání produktů z ní v různých odvětvích společnosti; záměrem je v tomto případě snížit dopady změn klimatu a využívání fosilních surovin;
2. zvýšení přidané hodnoty biomasy při současném snížení spotřeby energie a efektivním využití živin a energie coby dalších produktů.

Důkazem důležitosti bioekonomiky je i strategický dokument *Zelená dohoda pro Evropu* (European Green Deal), který je zcela v souladu s principy bioekonomiky a ta se promítá i do všech jeho tematických oblastí (např. biodiverzita, udržitelné zemědělství, čistá energie, udržitelný průmysl, udržitelná mobilita, klimatická změna apod.).

Chápání konceptu bioekonomiky se u jednotlivých zúčastněných stran značně liší, známější je mezi subjekty veřejného sektoru a velkými průmyslovými odvětvími než mezi menšími společnostmi. Mezi základní úkoly bioekonomiky zařazujeme:

1. trvale udržitelné řízení přírodních zdrojů;
2. trvale udržitelnou výrobu;
3. zlepšování veřejného zdraví;
4. zmírňování klimatických změn;
5. integrace a vyvážení sociálního vývoje;
6. globální trvale udržitelný rozvoj.

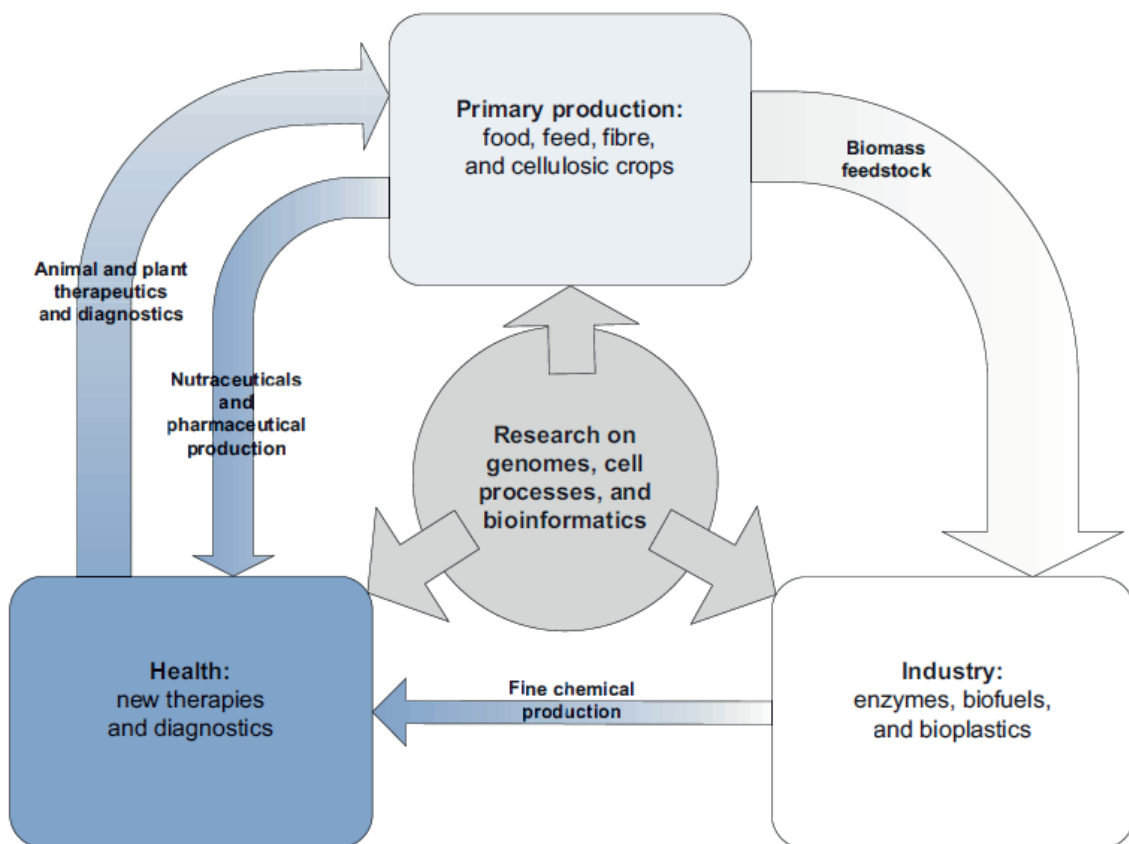
Bioekonomika je hospodářský koncept, založený na zvýšeném využívání OBZ v nových hodnotových řetězcích, což umožní zejména nasazení inovativních biotechnologií. Biotechnologie a zvýšené, ale trvale udržitelné využívání OBZ povedou ke zlepšení stavu životního prostředí prostřednictvím snížení emisních zátěží do jeho jednotlivých složek, zvýšení biodiverzity apod. Právě kvůli své multidisciplinaritě bioekonomika spojuje do jedné agendy práci několika ministerstev – Ministerstva zemědělství (MZe), které zodpovídá za trvale udržitelnou produkci OBZ, Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO), které zodpovídá za využívání těchto zdrojů v českém hospodářství při tvorbě hodnoty, Ministerstva pro místní rozvoj (MMR), které zodpovídá např. za kohezi regionů a Ministerstva životního prostředí (MŽP), které zodpovídá za ochranu a zkvalitňování životního prostředí, jeho jednotlivých složek, zlepšování biodiverzity apod.

Bioekonomiku lze definovat takto: produkce obnovitelných biologických zdrojů (OBZ) a jejich přeměna na produkty s přidanou hodnotou, např. potraviny, krmivo, výrobky z biologického materiálu a bioenergie. Základem bioekonomiky je zemědělství, lesnictví, akvakultura, potravinářský průmysl, energetika, chemický průmysl a biotechnologická odvětví. V současné době zaměstnávají odvětví bioekonomiky 22 milionů lidí v EU a roční obrat je 2 biliony EUR. Tato odvětví mají významný ekonomický, environmentální a sociální význam, a to jak dnes, tak i pro budoucí generace (EC, 2012).

Bioekonomika je interdisciplinárním oborem. Zahrnuje všechna průmyslová a ekonomická odvětví, která produkují, využívají nebo řídí biologické zdroje a souvisejí se všemi ekonomickými aktivitami vázanými na výzkum procesů na genové a molekulární úrovni a jejich využití v průmyslu.

Bioekonomika je sociální ekonomikou. Má se jednat v první řadě o službu společnosti, lidstvu a potažmo celé planetě, odpovědně vykonávanou za účelem zlepšení kvality života. Spočívá primárně v pěstování zemědělských surovin pro průmyslové využití, je to právě rozvoj zemědělství, který je pro další budoucnost bioekonomiky klíčový. Mimo jiné do této oblasti patří výroba biologicky rozložitelných plastů, léčiv a pěstování geneticky modifikovaných (GM) potravin – jeden z důvodů, proč má bioekonomika také své kritiky. Přesto se většina odborníků a politiků shoduje, že 21. století je věkem bioekonomiky.

Biotechnologie nabízejí technologická řešení v primární výrobě, zdravotnictví a průmyslu. Významně přispívají k ekonomickému růstu. Bioekonomika zahrnuje tři základní prvky: pokročilé znalosti genů a komplexních buněčných procesů, obnovitelnou biomasu a integraci biotechnologických aplikací v jednotlivých odvětvích, viz obr. 1 níže.



Obr. 1: Integrace napříč biotechnologickými aplikacemi
Zdroj: OECD, 2009

Řešení problémů jako je změna klimatu, degradace ekosystémů, chudoba a veřejné zdraví bude vyžadovat inovace, mezinárodní spolupráci, inovační politiku, hospodářské pobídky a organizaci hospodářské činnosti. Klíčovou složkou, stejně jako v minulosti, je technologická inovace, která vytváří nové zdroje a umožňuje efektivní využití stávajících zdrojů.

Biotechnologie může poskytnout takové technologické inovace. Může zlepšit zásobování a environmentální udržitelnost potravin, krmiv a výroby vláken, kvalitu vody, obnovitelné zdroje energie, zdraví zvířat a lidí a pomáhat udržovat biologickou rozmanitost a detekci invazivních druhů. Přesto je nepravděpodobné, že biotechnologie naplní svůj cílový potenciál bez vhodných regionálních, vnitrostátních a v některých případech globálních politik na podporu jejich rozvoje a aplikace.

Bioekonomie zahrnuje tři části:

- biotechnologické znalosti,
- obnovitelnou biomasu a
- integraci v různých aplikacích.

Základní věda podporující biotechnologii v primární výrobě, zdraví a průmyslu je podobná se všemi třemi aplikačními oblastmi, které sdílejí stejný soubor technologií platformy nebo výzkumných nástrojů. Primární výroba, zdraví a průmysl mají různé předpisy, průmyslové struktury a kulturu, zatímco firmy reagují na své prostředí s různými obchodními aktivitami modely.

Bioinformatika zahrnuje konstrukci a analýzu databází obsahujících informace o genomech, proteinech a dalších komplexních buňkách procesů. Bylo zřízeno množství biobank shromažďujících genetické a jiné údaje od velkého počtu osob. Analýzy databází obsahujících lidské, zvířecí a rostlinné genomy pravděpodobně povedou k lepšímu pochopení genových funkcí a ke zlepšení a prevenci, diagnostice a léčbě široké škály onemocnění. Vzhledem k tomu, že se biotechnologie vyvíjejí od genové až po multidisciplinární vědy, které berou v úvahu plné buněčné moduly a jejich interakci s vnějším prostředím, bude bioinformatika hrát stále důležitější roli. To bude zahrnovat modelování systémů a výrobu modelů trojrozměrné modely široké škály biologických složek.

Biotechnologie se používají k vývoji nových odrůd potravin, krmiv a vláken plodin, které mají komerčně cenné genetické vlastnosti. Jedna metoda je použití GM přenosu genetického materiálu mezi druhy, které se nemohou křížit. Jiné metody používají pouze genetický materiál druhů, které jsou přirozeně schopné křížení, jako je shromažďování genů a intragenika.

1.2 BIOEKONOMIKA A BIOEKONOMIE

Pojem bioekonomika je používán na základě překladu anglického výrazu „Bioeconomy“ nebo „Biobased Economy“. Bioekonomie není synonymem od výrazu bioekonomika, ale je vědou, která se zabývá bioekonomikou.

Bioekonomika není totožná s výrazem bioprodukty nebo biopotraviny. Průmyslová revoluce v 20. století přinesla zpřemyslnění zemědělství, chemii v podobě umělých hnojiv, pesticidů, velkochovů dobytka atd. (včetně chemizace dalších odvětví). V potravinářství se používají různá barviva, aromatické látky, enzymy, konzervační látky, emulgátory, stabilizátory aj. Použití předpony bio- (BIO = první část složených slov mající význam život) vyjadřuje touhu po návratu k přírodě, zdravějšímu stylu života a ochraně životního prostředí. Bioekonomika však není definována na základě této definice, ale jak již bylo uvedeno, je založena na využívání obnovitelných biologických zdrojích.

1.3 HISTORIE BIOEKONOMIE

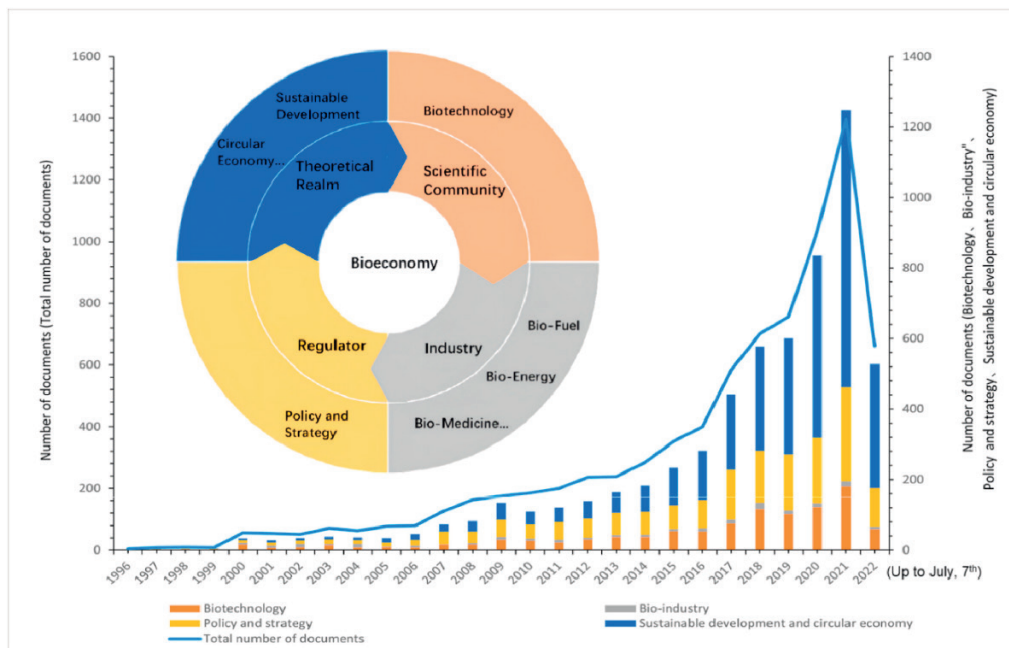
Historii bioekonomie lze do určité míry ztotožnit s historií ekonomie a zaměřením na omezenost zdrojů, kde přírodní zdroje hrají důležitou roli. Adam Smith (1723–1790) je považován za zakladatele moderní ekonomie, viz kniha „Bohatství národů“. Thomas Malthus (1766–1834) a David Ricardo (1772–1823) pojednávali o absolutní omezenosti zdrojů. S. Jevons (1835–1882), K. Menger (1840–1921), L. Walras (1834–1910), A. Marshall (1842–1924) představují neoklasickou ekonomickou teorii – koncept relativní omezenosti zdrojů. H. Hotelling (1931) zkoumal optimální využívání vyčerpatelných zdrojů.

V poměrně nedávné historii se začalo uvažovat o možnostech dalšího ekonomického růstu a udržitelnosti. První významné práce v této oblasti jsou známé zejména z počátku 70. let (Meadows a kol., 1972). Z pohledu udržitelnosti je důležité především dlouhodobé posuzování (více než 50 let) a dále například úvahy o diskontní míře, která je z pohledu času zásadní kategorií. Na nutnost stability ekonomiky a stavu životního prostředí poukazuje řada autorů. Počátky těchto úvah lze sledovat od konce 80. let. (Ritschelová a kol., 2002).

Americký fyzik a ekonom rumunského původu Nicholas Georgescu-Roegen zavedl v ekonomii pojem entropie (míra neuspořádanosti) a zformuloval teorii bioekonomie (1970). Tvrdí, že v ekonomii biologických procesů platí zákon entropie, nikoli zákony mechaniky.

Bioekonomie se vyvíjela jako pojmenování teoretického směru pro optimální využívání přírodních obnovitelných zdrojů v čase na základě matematických ekonomických modelů (ekonomické modelování populační dynamiky organismů). Byly prováděny studie na optimalizaci odlovu mořských organismů (rybaření v mořích a tragédie společného vlastnictví), modelování vývoje úrodnosti půd, optimalizaci preventivních akcí člověka před namnožením plevelů a škůdců. Byly zpracovány možnosti ochrany biologických organismů soukromým vlastnictvím a otázkou, zda je tato ochrana dostatečná.

Počet vědeckých článků zaměřených na bioekonomiku v posledních letech vypovídá o prudkém vzestupu, viz následující obr. 2.



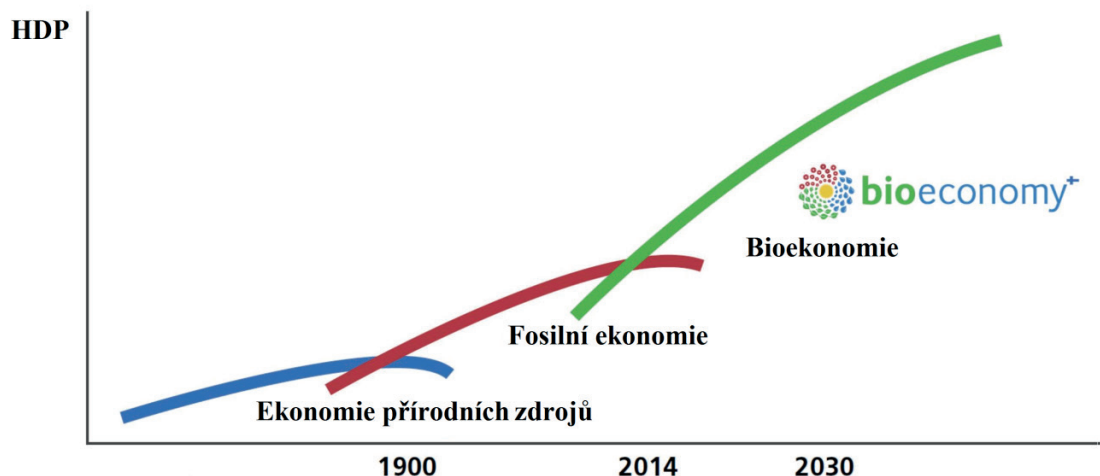
Obr. 2: Počet publikací souvisejících s bioekonomikou ve čtyřech oblastech

Zdroj: Wei a kol., 2022

Vzhledem k širokému rozšíření konceptu bioekonomie v různých vědních oborech je možné rozlišovat mezi třemi vizemi ideálního typu o tom, co bioekonomie představuje. Při úvahách o významu bioekonomie ve výzkumu v oblasti přírodních a inženýrských oborů možná není překvapující, že přinejmenším první dvě vize se zdají být výrazně ovlivněny technickou perspektivou (Bugge a kol., 2016):

1. Vize biotechnologie, která zdůrazňuje význam biotechnologického výzkumu a aplikace a komercializace biotechnologie v různých odvětvích.
2. Vize o biologických zdrojích, která se zaměřuje na úlohu výzkumu, vývoje a demonstraci v oblasti biologických surovin v odvětvích, jako zemědělství, akvakultura a lesní hospodářství a bioenergie, jakož i na vytváření nových hodnotových řetězců. Zatímco biotechnologická vize zaujímá východisko v potenciální použitelnosti vědy, vize biologických zdrojů zdůrazňuje potenciál modernizace a přeměny biologických surovin.
3. Bioekologická vize, která zdůrazňuje význam ekologických procesů, které optimalizují využívání energie a živin, podporují biologickou rozmanitost a zamezují monokulturám degradaci půdy. Zatímco předchozí dvě vize jsou zaměřeny na technologii a dávají v globalizovaných systémech centrální roli v oblasti výzkumu a vývoje, tato vize zdůrazňuje potenciál pro regionálně koncentrované kruhové a integrované procesy a systémy.

Třetí vlnu hospodářského rozvoje lze shlédnout na obr. 3.



Obr. 3: Třetí vlna v hospodářském rozvoji

Zdroj: The Finish Bioeconomy Strategy, 2014

Z dlouhodobého pohledu se očekává v příštích desetiletích vlna bioekonomiky, obdobně jako bylo využití fosilních paliv a souvisejících výrobků. Bioekonomika však má ve srovnání s fosilní ekonomikou tu výhodu, že je postavena na obnovitelných (nevyčerpatelných) zdrojích.

1.4 PRIORITY BIOEKONOMIKY

S ohledem na základní společenské strategie lze sestavit priority, na které se zaměřuje bioekonomika v nadcházejícím období do roku 2030. Jedná se o:

1. potraviny,
2. ochranu klimatu,
3. zdraví,
4. biodiverzitu.

Bioekonomika předpokládá těsné spojení s udržitelným rozvojem. Udržitelný rozvoj však není prioritou, ale doprovodným aspektem všech priorit.

SHRNUTÍ KAPITOLY

Bioekonomiku lze charakterizovat jako hospodářský koncept, založený na zvýšeném využívání obnovitelných biologických zdrojů v nových hodnotových řetězcích, což umožní zejména nasazení inovativních biotechnologií. Biotechnologie nabízejí technologická řešení v primární výrobě, zdravotnictví a průmyslu. Z definice bioekonomiky vyplývá, že se zabývá výrobou obnovitelných biologických zdrojů a jejich přeměnou na životně důležité výrobky. Bioekonomika je interdisciplinárním oborem. Největší prioritou bioekonomiky je zajištění potravin. Bioekonomie je vědou, která se zabývá bioekonomikou. Bioekonomie se vyvíjela jako pojmenování teoretického směru pro optimální využívání přírodních obnovitelných zdrojů.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jak lze definovat bioekonomiku?
2. Jaký je rozdíl mezi bioekonomikou a bioekonomií?
3. Jaké jsou priority bioekonomiky?

POUŽITÁ LITERATURA

Bugge, U., Klitkou, A., 2016. What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability*, 8(7), 691.

European Commission, 2012. Dostupné z: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/6462> [cit. 22.2.2018].

IFOAM EU Group, 2016. Dostupné z: http://www.ifoam-eu.org/sites/default/files/ifoameu_organic_in_europe_2016.pdf [cit. 22.2.2018].

Meadows, D. H., 1972. *The Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books. ISBN 0-87663-165-0.

OECD, 2009. *The Bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda*. Paris: OECD Publishing, 322, ISBN 10: 9264038531 / ISBN 13: 9789264038530.

Ritschelová, I., 2002. *Úvod do ekonomiky životního prostředí*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně. Environmentální management. ISBN 80-7044-415-0.

Sustainable growth from bioeconomy. The Finnish bioeconomy strategy, 2014. Ministry of Economy and Employment, Ministry of Agriculture and Forestry, Ministry of the Environment. Edita Prima Ltd.

Wei, X.; LIU, Q.; PU, A. et al. 2022 Knowledge Mapping of bioeconomy: A bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 373: 133824.

2 UDRŽITELNÝ ROZVOJ A VÝZNAM OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V BIOEKONOMICE

Cílem kapitoly 2 je seznámit s udržitelným rozvojem, jeho cíli a významem pro bioekonomiku.

Klíčová slova: udržitelnost, ekonomický, environmentální a sociální pilíř UR, SDGs

Hlavním cílem bioekonomiky je podporovat hospodářský rozvoj při zvyšování podílu obnovitelných přírodních zdrojů. Pro všechny související činnosti platí hlavní kritérium bioekonomiky, kterým je udržitelný rozvoj. Nejde tedy o zvyšování ekonomické výkonnosti za každou cenu, ale při dodržování principů udržitelného rozvoje.

Prioritním zaměřením bioekonomiky je potřeba reagovat na potravinové a ekonomické požadavky rostoucí populace. Přitom je potřeba se zabývat širokou škálou problémů, včetně interakcí pobřeží a země, ekosystémových služeb, produkce potravin, rozvoje venkova, zemědělství, lesního hospodářství a bioenergie (Nagothu, 2020). Současně je potřeba připomenout, jakou roli může bioekonomika sehrát při dosahování cílů udržitelného rozvoje (SDG) OSN, aniž by byla v důsledku zvyšování ekonomické výkonnosti ohrožena ekologická udržitelnost a spravedlivé rozdělení přínosů.

Podnětem pro diskusi o udržitelném rozvoji se staly zkušenosti se zhoršujícím se životním prostředím a světová energetická krize. V souvislosti s dramatickým růstem znečištění složek životního prostředí v 60. letech minulého století se začínaly tímto problémem zabývat systémově též významné vědeckovýzkumné organizace (Rynda, 2000). Vzhledem k naléhavým sociálním a environmentálním potřebám lze očekávat, že věda o udržitelnosti bude hrát důležitou roli při získávání odborných znalostí a přispívat k realizaci udržitelné společnosti (Vrabcová, 2021).

Bioekonomika je těsně spjatá s udržitelným rozvojem. Je to tím, že orientaci na přírodní, obnovitelné zdroje nelze chápat pouze jednostranně a je jí důležité posuzovat vždy komplexně z pohledu udržitelného rozvoje. Součástí lesní bioekonomiky je proto i problematika udržitelnosti, kde je snaha o udržitelnost v celém výrobním procesu. Lesní hospodářství má přitom z hlediska udržitelného rozvoje výhodu, neboť je odvětvím, které má nejdelší zkušenosti s naplňováním tohoto principu.

2.1 HISTORICKÝ VÝVOJ A DEFINICE UDRŽITELNÉHO ROZVOJE

Dvacáté století lze charakterizovat výrazným hospodářským růstem podporovaným technologickým pokrokem. K nárůstu HDP na hlavu došlo zejména po roce 1950 (OECD, 2001). Technologický pokrok byl na jednu stranu důležitou hybnou silou pro ekonomický růst, na druhou stranu se však začaly projevovat environmentální a sociální negativní dopady. Z tohoto období tedy pramení ponaučení sledovat potenciální rizika technologických změn.

Související postupné zvyšování mezinárodního obchodu přineslo nové otázky týkající se bezpečnosti pro lidské zdraví a životní prostředí a dopadů na ekosystémy ve státech exportujících zboží.

V 50. a 60. letech 20. století nebyly přijímány komplexní strategie k ochraně životního prostředí. Na základě konkrétních praktických dopadů negativního chování vůči životnímu prostředí byly přijímány zákony k řešení (úzkých) problémů ochrany životního prostředí, související zpravidla s čistotou ovzduší a vody. Celkový stav životního prostředí se výrazně zhoršoval a ze strany odborníků na životní prostředí se stále častěji poukazovalo na neudržitelný vývoj.

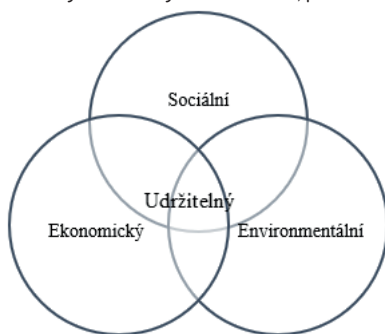
V roce 1968 byl založen tzv. Římský klub, který sdružuje uznávané osoby z mnoha zemí a provádí výzkumy, které se zabývají problémy vývoje světa jako celku, aby bylo možno vést rozhodující kroky ke stanovení limitů růstu. V roce 1972 Římský klub uveřejnil zprávu zadanou týmu vědců z Massachusettského technologického institutu, tato zpráva zveřejnila výsledky počítačově simulovaného vývoje lidské populace a využívání přírodních zdrojů do roku 2100 (Meadows, 1972). Následně byly problémy ochrany životního prostředí široce diskutovány na 1. konferenci OSN o životním prostředí ve Stockholmu v roce 1972.

V 80. letech 20. století se Valné shromáždění OSN zaměřilo na formulaci globálního programu proměny (Naše společná budoucnost, 1991). Cílem bylo

- navrhnout dlouhodobé ekologické strategie zajišťující udržitelný rozvoj do roku 2000 a dále;
- doporučit takové způsoby péče o životní prostředí, které se mohou stát předmětem významné spolupráce mezi rozvojovými zeměmi a zeměmi na různých stupních hospodářského a společenského rozvoje a které povedou ke společným, mnohostranně přínosným cílům respektujícím vzájemné vztahy mezi lidmi, zdroji, prostředím a rozvojem;
- posoudit způsoby a prostředky, jejichž prostřednictvím může mezinárodní společenství účinněji pečovat o životní prostředí;
- formulovat společné představy o dlouhodobých otázkách životního prostředí a příslušných krocích potřebných k úspěšné realizaci programů k jeho ochraně a zlepšování, o dlouhodobém programu činnosti v příštím desetiletí a o cílech, k nimž by mělo směřovat lidské společenství.

Organizace spojených národů pověřila v roce 1983 zvláštní nezávislou komisi vedenou norskou političkou Gro Harlem Brundtlandovou hledáním cesty k udržitelnému vývoji lidstva. Komise ukončila svoji činnost v roce 1987 a vydala dokument „Zpráva světové komise pro životní prostředí a rozvoj: Naše společná budoucnost“, známý také pod názvem „Tokijská deklarace“ (Naše společná budoucnost, 1991). V tomto dokumentu byl poprvé definován udržitelný rozvoj jako „takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích, a aniž by se to dělo na úkor jiných národů“.

Existuje celá řada možností, jak graficky vyjádřit udržitelný rozvoj. Jedna z nejčastějších je prostřednictvím tzv. Vennova diagramu. Jde přitom o vysvětlení příslušnosti prvků do množiny včetně vztahů mezi množinami. Jak je patrné z obrázku 4, Vennův diagram je tvořený uzavřenými křivkami, přičemž body uvnitř představují prvky množiny.



Obr. 4: Udržitelnost znázorněná Vennovým diagramem
Zdroj: Vrabcová, 2021

Je zřejmé, že všechny 3 aspekty uvedené ve Vennově diagramu jsou zcela nezbytné, poněvadž **ekonomická udržitelnost** poskytuje budoucí příjmy, zdroje a stabilní prostředí pro investory, **environmentální udržitelnost** poskytuje ekosféru, jež podporuje a chrání život, a společenská, resp. **sociální udržitelnost** poskytuje funkční společnosti a záruky dodržování lidských práv (Vrabcová, 2021).

Z definice udržitelného rozvoje se odvozují v zásadě tři pilíře udržitelnosti:

- environmentální,
- sociální,
- ekonomický.

Environmentální pilíř vychází z faktu, že v omezeném systému není neomezený růst možný. Hodnotu ekosystémů a jejich služeb si je proto nutné neustále uvědomovat a náležitě ji ocenit (ať již duchovně či materiálně) a dobře ji střežit. Aktivy **sociálního pilíře** spočívají ve vyvažování nerovností mezi jednotlivými společenskými skupinami či jednotlivci. Mezi základní předpoklady sociálního pilíře patří odstraňování chudoby, a to jak v rámci regionů a mezi nimi, tak v globálních podmínkách mezi jednotlivými zeměmi a geopolitickými celky. Je zřejmé, že ekonomická stránka udržitelnosti je úzce propojena se stránkou sociální. **Ekonomický pilíř** sestává ze všech hospodářských aktivit, interakcí mezi nimi a interakcí mezi životním prostředím a společností. Tyto tři pilíře se často dostávají do rozporu (např. ochrana přírody versus výstavba dálnice apod.) a je proto potřeba hledat konsenzus při řešení praktických problémů udržitelného rozvoje.

V tomto kontextu nelze opomenout tzv. koncept triple bottom line, který podporuje hodnocení celkového obchodního výkonu na základě tří důležitých oblastí: zisk, lidé a planeta (Elkington, 1994). Koncept vznikl z frustrace z tradičních, finančně zaměřených opatření výkonnosti podniku. Jak je zřejmé, udržitelný rozvoj je založen na třech pilířích (Klarin, 2018):

- koncept rozvoje (socio-ekonomický rozvoj v souladu s environmentálními omezeními),
- koncepce potřeb (alokace zdrojů s cílem zvýšení kvality života) a
- koncept budoucích generací (udržitelné využívání zdrojů v souladu s potřebami budoucích generací).

Z pohledu dosahované udržitelnosti lze také sledovat výkonnost podniku (Kocmanová a Hřebíček, 2013). Měření udržitelné výkonnosti podniků souvisí se zaváděním finančních a nefinančních ukazatelů do řízení podniků. V posledních letech podniky stále více využívají ESG (Environmental Social and Governance) ukazatele, a stále více se zajímají o výsledky tohoto vykazování i investoři a bankovní sektor.

Důležitým krokem v oblasti udržitelnosti byla formulace cílů udržitelného rozvoje, které jsou výsledkem tříletého procesu, který začal na Konferenci OSN o udržitelném rozvoji v roce 2012 v Riu de Janeiro.

Z obázku 5 je patrné, že bylo naformulováno celkem **17 Cílů udržitelného rozvoje (SDGs)** představující program rozvoje na 15 let (2015–2030). Cíle navazují na agendu Rozvojových cílů tisíciletí (MDGs). SDGs jsou součástí Agendy udržitelného rozvoje, kterou schválil summit OSN 25. září 2015 v New Yorku v dokumentu „Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development“.



Obr. 5: Cíle udržitelného rozvoje (SDGs)

Zdroj: OSN, 2022

Více informací, studijní materiály, akční manuály a mnoho dalších zdrojů lze nalézt na stránce OSN k SDGs (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>).

2.2 UDRŽITELNÝ ROZVOJ A BIOEKONOMIKA

Bioekonomika předpokládá těsné spojení s udržitelným rozvojem (Linser a Lier, 2020). Nejenom vývoj celosvětové populace, ale i neustálé změny prostředí, klimatu a ekosystémů a jejich negativní dopady zdůrazňují nutnost se problematikou bioekonomiky v celém širokém kontextu zabývat, a to využitím znalostního a inovačního přístupu (Vrabcová a kol., 2019). Koncept ekonomiky založený na znalostech odráží vizi dosažení hospodářského růstu prostřednictvím odvětví špičkových technologií, což vyžaduje investice do inovací a vysoce kvalifikované pracovní síly. Strategie bioekonomiky obsahuje cíle zaměřené na řešení celosvětových problémů jako je růst obyvatelstva, změna klimatu, ztráta úrodnosti půdy, transformace hospodářství ze závislosti na fosilních zdrojích na „oběhový“ nebo „recyklační“ přístup (Vrabcová a kol., 2019).

Bioekonomika může být rizikem pro udržitelnost, které je potřeba eliminovat. Toto riziko lze popsat na příkladě Německa (Bonger and Dahlke, 2022). Vládní strategie se zde neorientují dostatečně na udržitelnost. Důvodem je, že německý koncept bioekonomiky nevznikl jako program udržitelnosti, ale jako alternativní forma dosažení zisků pro ekonomiku. Německá politika v oblasti bioekonomiky je účinně řízena technologií a růstem, ale ne tzv. transformativní inovační politikou. Dále je nedostatečně prováděn transdisciplinární výzkum (vzhledem k tomu, že bioekonomika má transdisciplinární charakter) a je do něj nedostatečně zapojena celá společnost.

Při plánování bioekonomických aktivit by mělo být provedeno posouzení udržitelnosti ex-ante. To znamená, že by mělo být provedeno včas, aby sloužilo jako zdroj informací pro proces diskuse se zúčastněnými stranami, vyjednávání nejlepších kompromisů a jako podpora rozhodování při plánování. Tento postup lze charakterizovat obdobně jako princip předběžné opatrnosti v politice životního prostředí (Ritschelová a kol., 2006). Na základě výsledků hodnocení udržitelnosti lze identifikovat potenciální kompromisy mezi ekonomickými, ekologickými a sociálními (Lewandowski, 2018). Kombinace hodnocení životního cyklu (LCA), hodnocení sociálního životního cyklu (sLCA) a hodnocení nákladů životního cyklu (LCC) je považována za nejpokročilejší a nekomplexnější přístup k hodnocení udržitelnosti. Všechny tyto tři metody zahrnují myšlenku životního cyklu a společně pokrývají tři dimenze udržitelnosti.

SHRNUTÍ KAPITOLY

Pro všechny činnosti bioekonomiky platí hlavní kritérium, kterým je udržitelný rozvoj. Nejde tedy o zvyšování ekonomické výkonnosti za každou cenu, ale při dodržování principů udržitelného rozvoje. Udržitelný rozvoj byl poprvé definován v dokumentu „Zpráva světové komise pro životní prostředí a rozvoj: Naše společná budoucnost“ (1987). Udržitelný rozvoj je zpravidla definován třemi základními pilíři: environmentální, sociální a ekonomický. Důležitým krokem v oblasti udržitelnosti byla formulace cílů udržitelného rozvoje, které jsou výsledkem třiletého procesu, který začal na Konferenci OSN o udržitelném rozvoji v roce 2012 v Riu de Janeiro. Bioekonomika předpokládá těsné spojení s udržitelným rozvojem. Může být rizikem pro udržitelnost, které je potřeba eliminovat. Při plánování bioekonomických aktivit by mělo být provedeno posouzení udržitelnosti ex-ante. Na základě výsledků posouzení udržitelnosti lze identifikovat potenciální kompromisy mezi ekonomickými, ekologickými a sociálními.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaká je definice udržitelného rozvoje?
2. Kdy a kde byl udržitelný rozvoj poprvé popsán?
3. Jaké cíle udržitelného rozvoje byly formulovány ze strany OSN?
4. Jaký je význam udržitelného rozvoje pro bioekonomiku?

POUŽITÁ LITERATURA

- Brundtland, G. H.; Khalid, M.,; Agnelli, S.; Al-Athel, S.; Chidzero, B. J. N. Y., 1987. Our common future. New York, 8.
- Bugge, M., M., Hansen, T., Klitkou, A., 2016. What is the bioeconomy? A review of the literature. Sustainability, 8.7: 691.
- Elkington, J., 1994. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. California management review, 36 (2): 90–100.
- Klarin, T., 2018. The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues. Zagreb International Review of Economics and Business, 21 (1): 67–94.
- Linser, S.; Lier, M., 2020. The contribution of sustainable development goals and forest-related indicators to national bioeconomy progress monitoring. Sustainability, 12 (7): 2898.
- McCormick, K.; Kautto, N., 2013. The bioeconomy in Europe: An overview. Sustainability, 5 (6): 2589–2608.
- OSN, 2022. Dostupné z: <https://www.osn.cz/osn/hlavni-temata/sdgs/> [cit. 27. 4. 2022].
- Rynda, I., 2000. Trvale udržitelný rozvoj. Geografické rozhledy, 10 (1).
- Vrabcová, P.; Smolová, H.; Urbancová, H.; Fajčíková, A., 2019. Strategie bioekonomiky pro udržitelnou Evropu a iniciativa BioEast. Prameny a studie, 64: 17–28.
- Vrabcová, P., 2021. Udržitelné podnikání: dobrovolné nástroje (nejen) zemědělských a lesnických podniků. Praha: Grada Publishing a. s., 192 s. ISBN 978-80-271-3303-1.

3 BIOEKONOMIKA PODLE PŮVODU OBNOVITELNÝCH PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

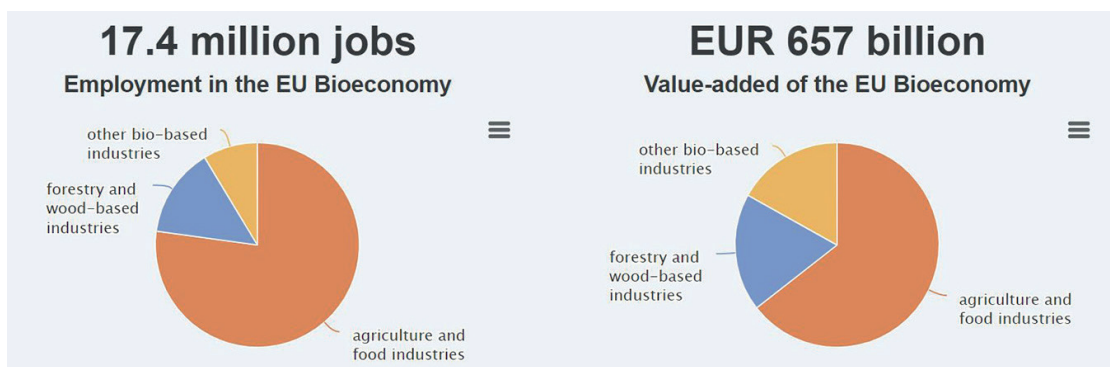
Cílem kapitoly 3 je vymezit bioekonomiku podle původu obnovitelných přírodních zdrojů, definovat zemědělskou bioekonomiku a uvést stěžejní strategické dokumenty zohledňující principy zemědělské bioekonomiky. Dalším cílem je poskytnout přehled o významu lesnictví v bioekonomice a zamyslet se nad širšími souvislostmi lesní bioekonomiky v ČR i EU. Třetím dílčím cílem je seznámit čtenáře s akvakulturou, významným odvětvím produkce potravin a technických surovin a významného a rostoucího odvětví bioprodukce.

Klíčová slova: biodiverzita, Farm to Fork, hierarchie nulového znečištění, precizní zemědělství, společná zemědělská politika, zemědělská bioekonomika, zemědělství, lesní bioekonomika, biomasa, monitoring, strategie, rostliny, měkkýši, ryby, vodní prostředí, integrovaná akvakulturní produkce

3.1 ZEMĚDĚLSKÁ BIOEKONOMIKA

Zemědělství lze považovat za klíčové odvětví pro rozvoj celé bioekonomiky. Zemědělská bioekonomika je komplexní koncept, jehož cílem je posílení a diverzifikace pomocí transformace zemědělské produkce, odpadu a jiných nevýrobných výstupů na vysoce hodnotné bioprodukty, vývoj nových odolných plodin a odrůd vůči abiotickým stresům a v neposlední řadě dlouhodobá udržitelnost životního prostředí a posilování biodiverzity.

O významu zemědělství a potravinářství mj. Vypovídá podíl na zaměstnanosti a přidané hodnotě v EU (Obrázek 6).



Obr. 6: Ekonomické indikátory bioekonomiky v EU
Zdroj: EK, 2023

3.1.1 HLAVNÍ VÝZVY ZEMĚDĚLSKÉ EKONOMIKY

Jednou z hlavních výzev zemědělské ekonomiky je transformace zemědělských systémů na podporu potravinové bezpečnosti v rámci globálních změn. Snížení zemědělské uhlíkové stopy vyžaduje rozvoj agroekologických postupů a ekologických procesů pro přeměnu biomasy a vedlejších produktů (Faucon et al., 2023). Politika dekarbonizace přináší novou poptávku po bioproduktech a může představovat příležitost pro diverzifikaci plodin a zhodnocení vedlejších produktů. Tento vývoj vede ke studiu nových zemědělských systémů soustředěných kolem konceptu bioekonomie a k rozvoji transdisciplinárních přístupů kombinující agroekologii a bioekonomii k vytvoření odolnějších ekosystémů.

Formy bioekonomiky jsou často chápány i zde v technocentrickém přístupu, jak dokazují studie, jejichž cílem je identifikovat dostupné zásoby biomasy. Výhody přechodu na zemědělskou bioekonomiku založenou na biotechnologiích zahrnují zejména:

- snížení emisí skleníkových plynů,
- snížení závislosti na fosilních zdrojích,
- rozumnější hospodaření s přírodními zdroji a
- lepší zabezpečení potravin.

Evropská komise prosazuje udržitelnost v zemědělství a ve venkovských oblastech v celé EU prostřednictvím společné zemědělské politiky (SZP). Následující obrázek 7 ukazuje tři cesty a jeden společný cíl.



Obr. 7: Kombinovaný přístup pro zabezpečení udržitelného zemědělství
Zdroj: EK, 2022a

Společná zemědělská politika kombinuje sociální, ekonomické a environmentální přístupy, čímž lze přizpůsobit zemědělství požadavkům Zelené dohody pro Evropu.

Zemědělskou bioekonomiku lze považovat jako všudypřítomnou entitu, mezi jejíž výsledky patří snížení emisí skleníkových plynů, vhodné hospodaření s vodou, půdou, zlepšování biologické rozmanitosti atd. Uvedené lze měřit technickými a ekonomickými jednotkami nebo pomocí sociálních ukazatelů v podobě dobrých životních podmínek (zdraví, snížení znečištění ovzduší, zelenější města atd.).

Zemědělská bioekonomika zahrnuje a využívá (von Braun, 2018):

- udržitelné řízení ekologických systémů,
- ochranu půdy,
- biologické vědy k transformaci zavedených hospodářských odvětví na udržitelná odvětví,
- společenskou transformaci a „biologizaci“ ekonomiky s novými produkty a řešeními, která usnadňují zajištění udržitelnosti.

Cílem zemědělské bioekonomiky je především v intenzivnějším obhospodařování půdy s cílem maximalizovat produkci biomasy (Marttila a kol., 2020). Současně je zemědělská bioekonomika zaměřena na dosažení komplexních cílů udržitelnosti v kontextu zajišťování potravin, péči o biologickou rozmanitost, kompatibilitu s energetickými a vodními systémy a odolnosti vůči změně klimatu. Vývoj biopaliv, který aktuálně exponenciálně roste, odvozený z nejedlých rostlinných složek je vhodnou alternativou k fosilním palivům a mohl by hrát významnou roli při snižování závislosti na neobnovitelných zdrojích energie. Vývoj vyspělé zemědělské bioekonomiky je důležitým krokem k dosažení udržitelného rozvoje s nižší mírou využívání fosilních paliv.

Existuje silná závislost zemědělství na řadě faktorů, jako jsou chemická hnojiva, pesticidy, dotace a různorodé cenové podpory. Navzdory velkému pokroku v produktivitě plodin a hospodářských zvířat v posledních desetiletích, kterou táhlo zejména používání minerálních hnojiv, závlahy, pokročilých technologií a zemědělských strojů, agrochemie atd., by bylo příliš optimistické předpokládat, že tento trend zůstane lineární. Zemědělská výroba má řadu dopadů na životní prostředí včetně příspěvku k emisím skleníkových plynů, významné spotřebě energie, spotřebě vody, přeměně půdy a související ztrátě biologické rozmanitosti a používání pesticidů, herbicidů a fungicidů. Zemědělství se aktuálně potýká s celou řadou problémů spojených zejména s:

- klimatickou změnou,
- nepřízní počasí (sucho, extrémní teploty...),
- rostoucími náklady všech vstupů (hnojiva, osiva, prostředky na ochranu rostlin, pohonné hmoty, pracovní síla, pronájmy...),
- stárnoucí pracovní silou,
- omezeními a rozdílností dotací a řadou dalších.

Změna klimatu bude mít pravděpodobný dopad na produktivitu zemědělství, proto musí být zavedeny politiky umožňující zmírnění i přizpůsobení. Zároveň v souladu se snahou o udržitelnost (jejíž principy byly objasněny v kapitole 2) existuje silná vůle podporovat a přeměňovat území na nízkouhlíková hospodářství. Hlavní priority zemědělské bioekonomiky jsou:

- potravinové zabezpečení a přiměřená soběstačnost,
- konkurenceschopnost zemědělství,
- udržitelné hospodaření s přírodními zdroji a opatření v oblasti klimatu,
- dosažení vyváženého územního rozvoje venkovských hospodářství a komunit včetně vytváření a udržení pracovních míst.

3.1.2 NEPOTRAVINÁŘSKÁ ZEMĚDĚLSKÁ BIOEKONOMIKA

Zemědělské ekosystémy jsou primárně řízeny tak, aby optimalizovaly zásobování potravinami, vlákninou a palivem. V tomto procesu závisí na široké škále podpůrných a regulačních služeb, jako je úrodnost půdy a opylování. Cyklus živin udržuje úrodnost půd a mikroorganismy (bakterie, houby aj.) jsou kritickými mediátory.

Kromě potravin produkuje zemědělská bioekonomika rozmanitou biomasu, která reaguje na rozmanitost ekonomických, sociálních a environmentálních cílů. Tato biomasa je například tvořena různými rostlinami s vysokou přidanou hodnotou (např. léčivé rostliny), nebo s vyhledávanými vlastnostmi a funkcemi, rostlinami s vysokým biochemickým potenciálem metanu a živé ploty (Grouiez et al. 2023). Velký rozdíl oproti předchozím zemědělským modelům je v tom, že farmář se hlásí ke své úloze a dbá na podporu zdraví a životního prostředí. Tato produkce je založena na pochopení sociálně-ekologického systému, který tvoří farma a životní prostředí.

Nepotravinová zemědělská bioekonomika umožňuje farmáři získat kontrolu nad svými výrobními volbami. Rozvíjí strategie diverzifikace ve své produkci a zlepšuje různé funkce rostlin, aby získal maximální přidanou hodnotu. Nepotravinářské hodnotové řetězce jsou vysoce specializované, různé délky a fungují v podstatě na místním nebo regionálním měřítku.

Nepotravinová produkce potřebuje zpravidla externí zdroje financování, aby byly podpořeny inovativní trendy. Pomoci mohou veřejné politiky jako je společná zemědělská politika nebo bioekonomická strategie. Podporu lze očekávat také od malých družstevních struktur a rozvoje alternativních distribučních kanálů.

Agroekologické zemědělství je model, který zahrnuje a posiluje ekologické funkce, v souladu s principy zemědělské bioekonomiky a udržitelnosti. Na regionální úrovni lze problémy udržitelnosti řešit spojením produkce potravin a nepotravinářské produkce. Zemědělská bioekonomika úzce souvisí s ekosystémovými službami, a bere v úvahu limity biosféry a kompromisy mezi potravinovými a nepotravinářskými problémy. Ekosystémové služby jsou jak regulační (např. opylování), tak kulturní (např. agroturistika). Tento přístup vychází z komplexních interakcí a koevoluce mezi přírodním prostředím a zemědělstvím, které zahrnují všechny lidské činnosti. Opatření týkající se kvality půdy, biologické rozmanitosti a udržitelnosti její úrodnosti jsou zde ústředními tématy. Rozmanitost plodin a diverzita produkce umožňuje efektivněji reagovat na klimatické změny, které ztěžují předpovídat sklizně.

3.1.3 TRENDY V EVROPSKÉ REGULACI ZEMĚDĚLSTVÍ

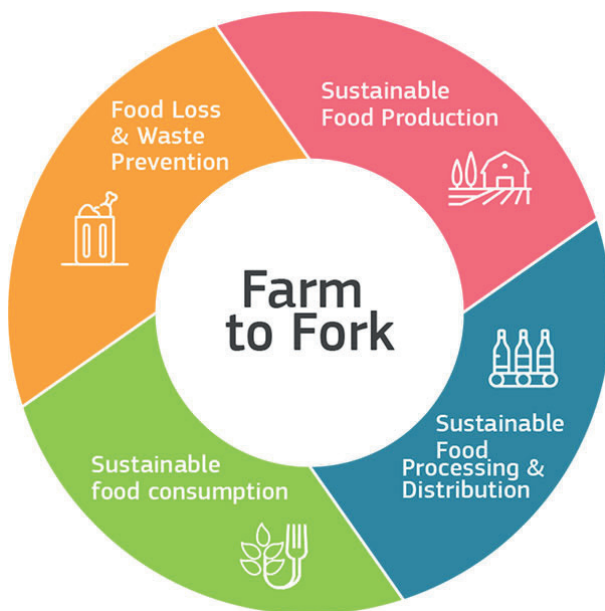
Zemědělská bioekonomika je ovlivňována rozhodnutími Evropské komise. Evropská komise v roce 2021 předložila akční plán pro rozvoj ekologické produkce, jejímž hlavním cílem je podpořit produkci a spotřebu ekologických zemědělských produktů. Do roku 2030 by se mělo dosáhnout toho, že bude ekologicky obhospodařováno 25 % zemědělské půdy a výrazně zvýšen podíl ekologické akvakultury. K tomuto kroku se EK rozhodla z celé řady důvodů, např.:

- ekologická pole mají přibližně o 30 % větší biologickou rozmanitost,
- zvířata v ekologickém chovu mají lepší životní podmínky a užívají méně antibiotik,
- ekologičtí zemědělci mají vyšší příjmy,
- zvýšené spotřebitelské preference.

Mezi stěžejní strategie EU patří Zelená dohoda pro Evropu (Green Deal) vydaná v roce 2019, jejímž cílem bylo zahájit další mezinárodní opatření k dosažení ambiciózních cílů v oblasti klimatu. Zemědělská ekonomika hraje zásadní úlohu v několika klíčových oblastech, a to v:

- vytvoření udržitelného potravinového systému na základě strategie Farm to Fork (od zemědělce ke spotřebiteli),
- doplnění nové strategie v oblasti biologické rozmanitosti o ochranu a zpestření skladby rostlinných a živočišných druhů ve venkovském ekosystému,
- účasti na opatřeních v oblasti klimatu v rámci Zelené dohody v zájmu dosažení uhlíkové neutrality EU do roku 2050,
- zapojení do akčního plánu nulového znečištění, prostřednictvím ochrany přírodních zdrojů, jako je voda, ovzduší a půda.

Strategie Farm to Fork, jejíž stěžejní oblasti jsou uvedeny v obrázku 8, je považována jako hlavní pokrok v evropské potravinářské politice (Schebesta a Candel, 2020), neboť zahrnuje cíle týkající se pesticidů, hnojiv, ekologického zemědělství a antimikrobiální rezistence, kterých má být dosaženo do roku 2030. K uskutečnění těchto cílů jsou stanoveny regulační i neregulační iniciativy, včetně legislativního rámce pro udržitelné potravinové systémy, jejichž návrh se očekává do konce roku 2023. Nejdůležitějším opatřením je navrhovaný legislativní rámec pro udržitelné potravinové systémy, jehož cílem je podpora soudržnosti politik na úrovni EU i na vnitrostátní úrovni (Schebesta a Candel, 2020).



Obr. 8: Stěžejní oblasti strategie Farm to Fork

Zdroj: EK, 2022b

Strategie EU v oblasti biologické rozmanitosti do roku 2030 je rovněž provázána s Zelenou dohodou pro Evropu. Mezi klíčové závazky do roku 2030 patří právně chránit nejméně 30 % pevniny EU a 30 % mořských oblastí EU a začlenit ekologické koridory jako součást skutečné transevropské přírodní sítě a definovat jasné cíle a opatření v oblasti ochrany území.

Akcční plán EU: „Vstříc nulovému znečištění ovzduší, vod a půdy“ byl přijat v období, kdy si EU stanovila za cíl dosáhnout do roku 2050 klimatické neutrality. V souvislosti s dosažením klimatické neutrality potřebuje EU účinnější hierarchii nulového znečištění, která deklaruje respektování a přijímání:

- zásad předběžné opatrnosti,
- preventivních opatření,
- nápravy poškození životního prostředí u zdroje,
- zásady znečišťovatel platí.

Pokud jde o předpokládaný vývoj zemědělské bioekonomiky, Sarkar a kol. (2018) uvádí v kontextu zemědělské bioekonomiky několik hlavních výzev, které budou vyžadovat transformační a inovativní procesy provázané s životním prostředím, zdravím jedinců, udržitelnou výrobou a požadavky spotřebitelů poháněné předpokládaným nárůstem světové populace. Významnou výzvou však zůstává rozvoj národních a mezinárodních politik na podporu širšího rozvoje udržitelnějších forem zemědělské výroby.

Významnou roli může hrát tzv. precizní zemědělství (neboli digitální zemědělství, Zemědělství 4.0).

Umožňuje zemědělcům činit rozhodnutí založená na datech, aby reagovali na změny vlastností plodin a půdy, čímž mohou minimalizovat vstupy a maximalizovat výstupy. Digitalizace směřuje k automatizaci procesů, které byly až dosud zpracovávány ručně. Jedná se o úlohy, které lze provádět za pomoci výpočetní techniky bez účasti člověka. Digitalizace je zejména o zavádění nových technologií, které modernizují stávající procesy. Patří sem cloudová řešení, umělá inteligence a Internet of Things, které mají potenciál pro další růst a ulehčení práce zaměstnancům. S růstem množství digitálních dat a manipulace s nimi mimo podnik vzniká však poměrně vysoké bezpečnostní riziko. Málokterý obor ekonomiky je tak konzervativní jako zemědělství (nevyzkoušené experimenty by mohly přinést neúrodu a hlad). Mezi formy digitalizace v zemědělství patří moderní technologie či nástroje (GPS, chytré stroje jako např. digitální dojení, měření ploch přes satelit, monitoring, meteostanice, záznamy osevního postupu, chytré senzory, samořiditelné traktory, drony, roboti, výroba krmných směsí, sušení obilí a jeho skladování, dálkové řízení klimatu v halách, automatické řízení spotřeby v bioplynové stanici apod.).

Zemědělská bioekonomika je z dlouhodobého hlediska založena na investicích do inovací, obdobně jako ostatní odvětví bioekonomiky. Při podpoře vědeckých a inovačních procesů se předpokládá posílení hospodářského růstu založeného na biologických základech ve spojení s udržitelností s tím, že vlastní zemědělství je svojí podstatou spojeno s respektem k přírodě a ochranou ekosystémů (Vrabcová a kol., 2024). V delším časovém období lze očekávat, že se zemědělská ekonomika bude zabývat vedle transformčních a inovačních procesů těsným vztahem k životnímu prostředí. Nezanedbatelný bude dopad na naše zdraví a požadavky spotřebitelů. Souběžně bude kladen důraz na podporu udržitelnějších forem všech činností v oblasti zemědělské bioekonomiky.

3.2 LESNÍ BIOEKONOMIKA

Lesní bioekonomika představuje jeden ze směrů v rámci bioekonomiky, který poukazuje na nezastupitelnou úlohu lesů a lesnictví v bioekonomice. Podle všeobecně akceptované definice Evropské komise jsou lesy jednou z částí bioekonomiky a obnovitelná dřevní surovina se využívá k dalšímu zpracování (EK, 2012). Někteří autoři bioekonomiku definují v přímé souvislosti s produkcí a využitím obnovitelné biomasy. Ronzon (2015) definuje bioekonomiku jako „*produkcí biomasy a její přeměnu v produkty s vyšší přidanou hodnotou. Zahrnuje zemědělství, lesnictví, rybolov, potravinářství, výrobu celulózy a papíru, částečně chemický, biotechnologický a energetický průmysl.*“ Lesní bioekonomika může být synonymní s lesnickým sektorem, zahrnuje-li veškeré ekonomické aktivity vztažené k lesnictví a ekosystémovým službám (Hájek, 2018). Pokud je zohledněn celý lesnicko-dřevařský sektor, týká se bioekonomika nejen lesních ekosystémů, biomasy a surových materiálů, ale i odvětví primárního zpracování (celulóza, bioenergetika, zpracování dříví) a sekundárního zpracování (biorafinérie, biopolymery apod.), viz vymezení dle Lovrić a kol. (2020).

Úloha lesů, lesnictví i celého lesnicko-dřevařského sektoru do značné míry závisí na národních podmínkách – svou úlohu sehrávají nejen přírodní podmínky, ale i sociální, právní a kulturní prostředí, které se odráží v cílech bioekonomiky jednotlivých států.

Stěžejní důraz je kladen na využití obnovitelné suroviny inovativním způsobem. S tím souvisí nejen problematika současného využívání biomasy, ale i hledání cest, jak zužitkovat, zpracovat a lépe využít biomasu i v nových produktech. Obnovitelné zdroje (vč. obnovitelné dřevní suroviny) mají zásadní úlohu při snaze o nahrazení fosilních zdrojů v souvislosti s adaptací na klimatickou změnu. V kontextu se Zelenou dohodou pro Evropu se začalo hovořit o lesní bioekonomice jako o centrálním systému, který pomůže naplňovat stanovené cíle (SEI, 2022). Zelená dohoda pro Evropu zahrnuje balíček politik, z nichž několik doplňuje strategii pro bioekonomiku (např. plán oběhového hospodářství – *Circular Economy Action Plan*, strategie pro biodiverzitu atp.). Dosahování různých cílů může být ve vzájemném souladu, nebo konfliktu. Totéž se týká cílů hospodaření v lesích¹.

3.2.1 BIOEKONOMIKA A LESNÍ BIOEKONOMIKA – EU

Bioekonomika na úrovni EU je provázána i s novou lesnickou strategií (*A new EU Forest Strategy: for forests and the forest-based sector*) a podle některých autorů je lesnictví nejen klíčovým sektorem v bioekonomice (Pülzl, Kleinschmit, Arts, 2014), ale sehrává zásadní úlohu také v rozvoji evropské bioekonomiky (Jonsson et al., 2021).

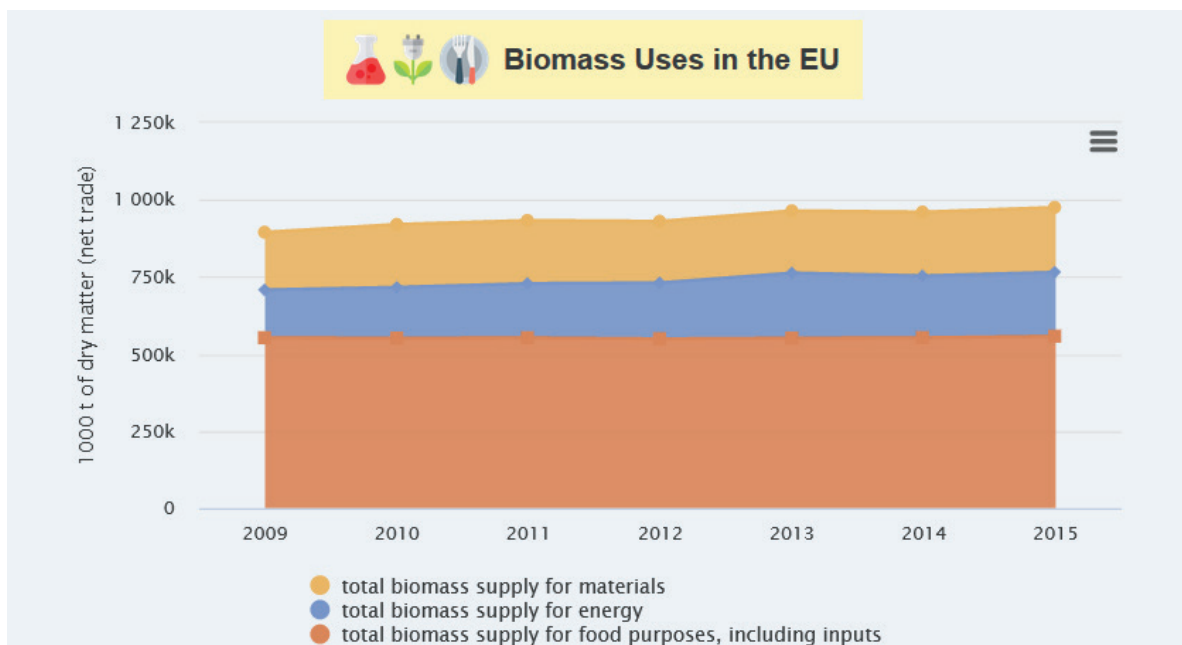
Problémem bioekonomiky (specificky i lesní bioekonomiky) je terminologická a definiční nejednotnost. V praxi totiž různá pojetí bioekonomiky komplikují pochopení ze strany veřejnosti i odborníků, monitoring plnění cílů i mezinárodní srovnání. Na základě přijetí nové strategie pro bioekonomiku (EU) došlo k akceleraci přístupu k monitoringu bioekonomiky. V roce 2020 byl oficiálně spuštěn systém monitorování bioekonomiky v Evropské unii.

Monitoring jako takový je však nezbytný k ověřování cílů strategie pro bioekonomiku,

Monitorovací systém umožňuje sledovat ukazatele související s bioekonomikou i v přímé návaznosti na cíle udržitelného rozvoje (celkem 11 cílů) i ve vazbě na Zelenou dohodu pro Evropu.

Mezi sledované indikátory mj patří: zaměstnanost, vytvořená přidaná hodnota, emise skleníkových plynů (zemědělství; využití půdy, změny ve využívání půdy a lesnictví/LULUCF), využití biomasy, těžba v lesích, zužitkovatelná plocha pro zemědělství a množství vylovených ryb. U zaměstnanosti a vytvořené přidané hodnoty lze vyčíst, že se na nich lesnictví a odvětví založená na zpracování dříví podílí 14,2 %, resp. 18,7 % (na prvním místě je zemědělství a potravinářství). Obrázek 9 zobrazuje využití biomasy.

¹ V tomto kontextu se lze setkat např. s pojmem „climate smart forestry“ – blíže viz např. <https://efi.int/articles/climate-smart-forestry>



Obr. 9: Biomasa v EU

Zdroj: EU Bioeconomy Monitoring System, Knowledge Centre for Bioeconomy, 2022

*V grafu je na ose x znázorněna celková zásoba biomasy dle účelu použití v letech 2009 až 2015, na ose y pak její množství.

3.2.2 LESNÍ BIOEKONOMIKA – ČR

V ČR doposud neexistuje ucelená strategie pro bioekonomiku na národní úrovni. Zásadním dokumentem je *Koncepce biohospodářství v České republice z pohledu resortu Ministerstva zemědělství na léta 2019 -2024* (MZe, (2020), která má sloužit jako základ pro budoucí strategii pro bioekonomiku. Napříč dokumentem je využíván pojem „biohospodářství“. Vzhledem k použité definici je možné termíny biohospodářství (v dokumentu) a bioekonomika v tomto kontextu považovat za totožné: „*Biohospodářství může být definováno jako ekonomika založená na udržitelném využívání a zpracování biomasy, vedoucí ke zvýšení používání produktů z biomasy v různých sektorech společnosti, založená na inovacích a znalostech růstu hospodářství a vzniku pracovních míst ve venkovských oblastech.*“ Mezi klíčové aktivity Koncepce patří:

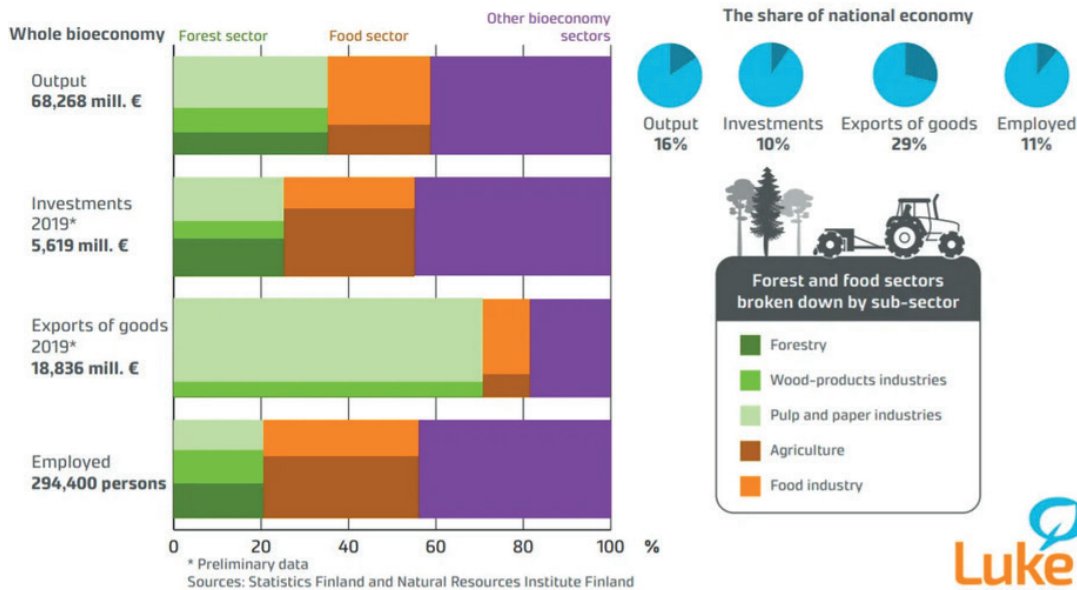
- zajištění řízení realizace Koncepce biohospodářství na národní úrovni,
- podpořit rozvoj biohospodářství v ČR s využitím mezinárodní spolupráce,
- posílení technologického rozvoje a inovací.

Koncepce tak odkazuje nejen na využívání obnovitelných surovin, ale zároveň na zásadní a nezbytnou úlohu vědy a výzkumu, transferu poznatků do praxe a širší socio-ekonomické souvislosti. Koncepce akcentuje řadu oblastí úzce souvisejících s lesnictvím (udržitelné hospodaření v lesích, využití biomasy, klimatický změna, posilování rekreačních funkcí lesů, využívání obnovitelných zdrojů energie atp.).

3.2.3 LESNÍ BIOEKONOMIKA - PŘÍKLAD DOBRÉ PRAXE Z FINSKA A POVĚDOMÍ O BIOEKONOMICE

Ve Finsku se bioekonomika podílí na celkové přidané hodnotě 12 %. Velmi významnou úlohu sehrává lesnictví a odvětví na něm založená. V roce 2020, který byl ovlivněný koronavirovou pandemií, tvorba přidané hodnoty i zaměstnanost v bioekonomice klesla. Bioekonomika lesnického sektoru však hraje významnou úlohu – na celkovém výstupu bioekonomiky z hlediska přidané hodnoty se podílí téměř 32 % (Luke, 2021). Velmi významný je lesnický sektor v bioekonomice zejména s ohledem na export zboží, a to především v celulózo-papírenském průmyslu. Informace jsou přehledně prezentovány prostřednictvím obrázku 10 níže:

Forest and food sectors in Finland's bioeconomy, 2020*



Obr. 10: Bioekonomika ve Finsku (2020)

Zdroj: Luke, 2021

*Graf v levé části znázorňuje podíly sektorů na bioekonomice ve Finsku v roce 2020 (příp. 2019). Tmavě zelenou barvou je znázorněno lesnictví, středně zeleně dřevařský průmysl a světle zeleně celulózo-papírenský průmysl.

Finská strategie pro bioekonomiku byla přijata v roce 2014, aktualizována v roce 2022 jako reakce na měnící se prostředí, a to zejména na výzvy spojené se změnou klimatu a ohrožení biodiverzity. Jistým specifickým charakterem strategie je její multidisciplinární charakter – strategie byla vytvářena na základě vzájemné kooperace několika subjektů (v tomto případě ministerstev), je ale značně provázána i s dalšími strategickými materiály, například s národní lesnickou strategií (The National Forest Strategy 2025, 2015-2025, která byla aktualizována v roce 2019).

Rozvoj lesní bioekonomiky zohledňuje i rostoucí počet vědeckých výstupů na toto téma (viz databáze Web of Science a informace v kapitole 1). Publikovaná recenze (viz Jankovský a kol., 2021) poukazuje na téma inovací v lesní bioekonomice. S bioekonomikou v lesnictví jsou spojeny i další oblasti – životní prostředí, udržitelnost, ekonomika aj.

Povědomí o bioekonomice je v posledních letech předmětem kvantitativních i kvalitativních šetření. Ve specifickém prostředí a v rámci cílové skupiny studentů lesnictví na vysokých školách se touto problematikou zabýval projekt *PerForm* (*Perceiving the Forest-based Sector in the Bioeconomy, 2018-2020*). Odpovídalo celkem 1400 respondentů z 29 univerzit v 9 zemích. 70 % dotazovaných odpovědělo, že má povědomí o bioekonomice a lesnictví vnímají jako nejdůležitější sektor v bioekonomice. Výsledky byly detailněji prezentovány v příspěvku Masiero a kol., 2020.

3.3 AKVAKULTURA

3.3.1 CO JE AKVAKULTURA

Pod termín akvakultura můžeme zahrnout lidské aktivity sloužící k získávání biomasy z řízeného vodního prostředí, či nějakým způsobem ovlivňovaného vodního ekosystému. Produktem akvakultury je biomasa z vodních organismů sloužící k lidské výživě, krmení, nebo k technickým účelům. Akvakultura se odlišuje od lovného rybářství či jiné exploatace vodních organismů právě mírou řízeného ovlivnění prostředí či organismů samotných sloužících k produkci biomasy. Akvakultura na rozdíl o lovného rybářství je charakteristická individuálním nebo korporativním (skupinovým) vlastnictvím obhospodařovaných organismů (upraveno podle definice FAO, 2022).

Ačkoliv jsou chovy vodních živočichů i pěstování vodních rostlin staré již několik tisíc let, překotný rozvoj se objevil až po druhé světové válce. Akvakultura je tak aktuálně jedním z nejrychleji rostoucích odvětví produkce potravin na světě (FAO, 2022; Willett et al., 2019).

V roce 2020 činila celková produkce z akvakultury již 87,3 Mt (miliony tun, pouze živočichové) a 122,3 Mt po započtení rostlin. Jednotlivé skupiny akvakulturních organismů byly hmotnostně zastoupeny následovně: sladkovodní ryby 49,1 Mt; mořské a diadromní ryby (vyskytující se přirozeně v mořském i sladkovodním prostředí) 8,3 Mt; měkkýši 17,7 Mt; korýši 11,2 Mt a ostatní vodních živočichové 1,0 Mt. Významný podíl na akvakulturní produkci představují vodní rostliny reprezentované především hnědými a červenými řasami, jejich produkce dosáhla 35 Mt (FAO, 2022).

Lovné rybářství oproti akvakultuře stagnuje, celkem se lovným rybářstvím vyloví okolo 90 Mt a to již od devadesátých let 20. století (Troell a kol., 2017). V roce 2020 dosáhl výlov z moří a oceánů hmotnosti 78,8 Mt a ze sladkých vod 11,5 Mt (FAO, 2022). Lze předpokládat pokles výlovu s ohledem na plnou exploataci či přelovení (overfishing) 90 % populací lovených mořských organismů (FAO, 2022).

3.3.2 PRODUKČNÍ SYSTÉMY V AKVAKULTUŘE

Pro zjednodušení můžeme rozdělit produkční systémy podle interakce s okolním prostředím na akvakulturní systémy:

1. otevřené
2. polouzavřené a
3. uzavřené (Lucas a kol., 2019).

Mezi otevřené akvakulturní systémy můžeme zařadit převážně ty, které využívají ekosystémový servis především ve formě zdrojů přirozené potravy. Akvakulturní management je realizován v aktivitách zahrnujících nasazení organismů, ochranou před predátory, případně zajištěním substrátu pro jejich přichycení a v rámci možností, udržování hydrologických a hydrobiologických parametrů prostředí. Mezi **otevřené akvakulturní systémy** patří většina chovů měkkýšů, kteří se živí filtrací, nebo tzv. „culture based fisheries“ (na násadě závislé lovné rybářství). V obou případech je akvakulturou zajištěna násada (larvy nebo juvenilní jedinci). V případě měkkýšů jsou juvenilní jedinci exponováni na lanech nebo v pytlích do vodního prostředí nebo jen vysazeni na vhodný substrát v místech s vysokou koncentrací planktonu. Po dosažení tržní velikosti jsou sklizeni. V případě ryb nebo dalších mobilních akvakulturních organismů jsou uměle odchované larvy nebo juvenilní jedinci vysazeni například do přehradních vodních nádrží, či jiných biotopů odkud jsou pak po nějaké době, kdy narostou do požadované velikosti, odlovováni technikami lovného rybářství. V případě otevřených akvakulturních systémů se jedná o extenzivní chovy s nízkými vstupy a obvykle nižší produkcí na jednotku plochy (FAO, 2017). Pěstování makrofyt hnědých a červených řas probíhá také v otevřeném systému na moři v různých typech jednoduchých konstrukcí (Lucas a kol., 2019).

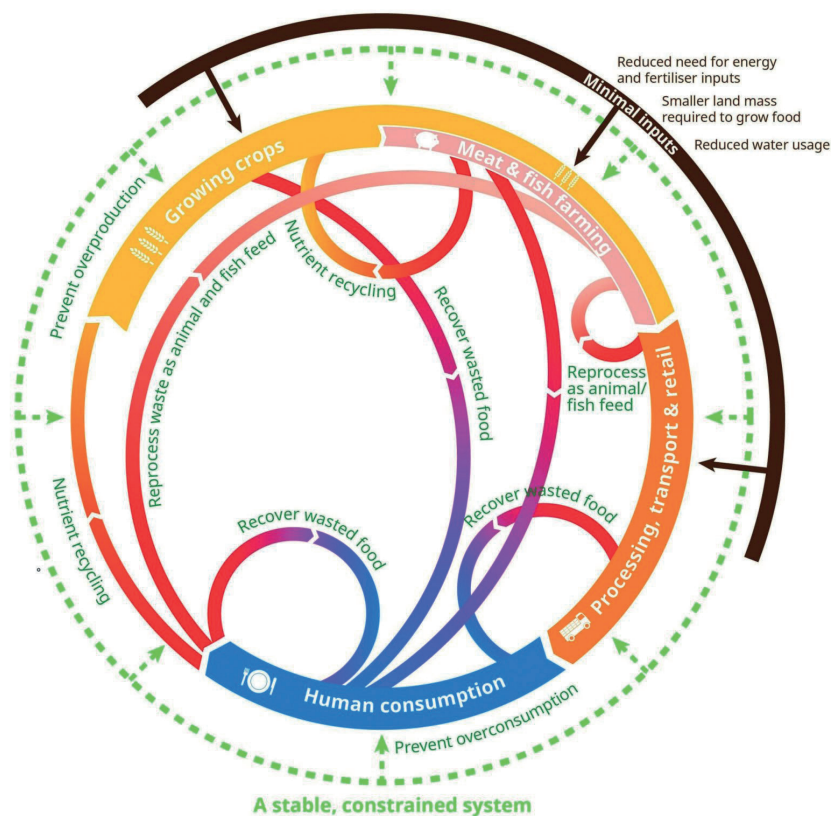
Polouzavřené akvakulturní systémy jsou reprezentovány tradičními zařízeními jako jsou rybníky a klecové chovy, které zajišťují převážnou část současné živočišné akvakulturní produkce (FAO, 2017; FAO, 2022). Tyto systémy jsou částečně odděleny od okolního prostředí a koncentrují chované organismy v určitém ohraničeném prostoru. Kontakt s okolním prostředím je realizován skrze protékající vodu, natékající čerstvá okysličená voda unáší odpadní látky, jako například exkrementy, zbytky krmiv nebo živiny. Okolní ekosystém je recipientem organického a živinového zatížení. V některých případech může docházet i k úniku chovaných organismů do okolního prostředí při

poškození sítí klecového chovu, nebo při výloveh rybníků (Jensen a kol., 2010; Kalous a kol., 2010). Tyto systémy mohou být z pohledu produkce intenzivní, jako například klecový chov lososů nebo rybníční chov krevet, kde je zajištěna potrava pro chované organismy kompletní dietou. Polointenzivní chovy využívají přirozené produkce prostředí a chované organismy jsou přikrmovány doplňkovými krmivy obvykle glycidového charakteru jako jsou obiloviny, to je i příklad chovu kapra v rybnících v Česku (Roy a kol., 2020).

Uzavřené akvakulturní systémy jsou oddělené od vodních těles a jsou plně nebo částečně recirkulační. Voda je v tomto systému čištěna přes různé mechanické a biologické filtry a vrací se zpět do chovných nádrží. Tyto systémy jsou obvykle vysoce intenzivní s vysokými energetickými vstupy ve formě kompletní krmné diety a kontroly podmínek prostředí. Běžné jsou aerace nebo oxygenace, ohřev/chlazení vody, úprava pH a dalších parametrů vodního prostředí (Ebeling & Timmons, 2012). Intenzivní recirkulační akvakulturní systémy (RAS) s ohledem na energeticky náročnou produkci s menšími nároky na spotřebu vody se hodí do míst, kde je limitovaná půda a kde je dostupná stabilní elektrická energie. Hodí se také do regionů s omezenými vodními zdroji (FAO, 2021). Mezi uzavřené typy akvakulturních systémů patří také produkce mikrořas v bioreaktorech v přísně řízených podmínkách prostředí (Posten, 2009; Xu a kol. 2009).

3.3.3 CIRKULARITA V AKVAKULTUŘE

Oběhové hospodářství nerozlišuje mezi zemědělstvím, lesnictvím, akvakulturou nebo rybolovem; místo toho propojuje tyto oblasti stejný okruh, viz obr 11. Cílem oběhového biohospodářství je výrazně zlepšit efektivitu využívání zdrojů, minimalizovat ekologickou stopu a zabránit ztrátám pomocí opětovného použití a recyklace, opětovnou výrobou a co největší integrací zdrojů (Colombo a Turchini, 2021; de Boer and van Ittersum, 2018; Roy a kol., 2021).



Obr. 11. Schematické znázornění oběhového biohospodářství v místních potravinových systémech
Zdroj: Přeřazeno z Roy, 2022

Rostliny, které jsou motorem koloběhu uhlíku prostřednictvím fotosyntézy, jsou základem cirkularity v přírodě a měly by hrát stejnou roli i v akvakultuře (Roy a kol., 2021; de Boer & van Ittersum, 2018).

V akvakultuře v současnosti dochází k posunu směrem k udržitelné intenzifikaci s cílem uspokojit zvýšenou poptávku po potravinách z vodních organismů (FAO, 2016). V rámci intenzivních polouzavřených a uzavřených akvakulturních systémů nicméně stále převládá linearita oproti cirkularitě (Fraga-Corral a kol., 2022). Nové modely akvakultury by měly být zaměřené na kreativní inovace, které by mohly v dlouhodobém horizontu nabídnout potenciál ke zlepšení ziskovosti a udržitelnosti prostřednictvím zhodnocení vedlejších produktů a vedlejších materiálových i energetických toků. Tato koncepce může zahrnovat technologie od recirkulace po zavádění systémů IMTA (integrovaná multitrofická akvakultura), flokoponie (biofloc), akvaponie nebo využívání kalů pro výrobu bioplynu, vermikompostování nebo produkci hnojiv (Baganz a kol., 2021; Pinho a kol., 2021; Kouba a kol., 2018).

Výzvou pro cirkularitu jsou rizika přenosu nemocí a z toho vyplývající bezpečnost potravin (Knipe a kol., 2021; Melo-Bolívar a kol., 2021). Integrace terestrických a akvatických složek ekosystému do uzavřené smyčky je charakteristickým znakem oběhové produkce potravin, kterou, ale provází zvýšené riziko výskytu nemocí. Propojený systém může vytvářet komplikace při řešení epidemiologické situace (Roy, 2022). Při využívání odpadů živočišného původu k přímému krmení jiných zvířat, opětovné využití lidských exkrementů nebo exkrementů suchozemských hospodářských zvířat v akvakultuře bude vyžadovat zavedení epidemiologických a mikrobiologických bezpečnostních opatření (Roy, 2022).

Krmivo jako hlavní zdroj odpadu v akvakultuře

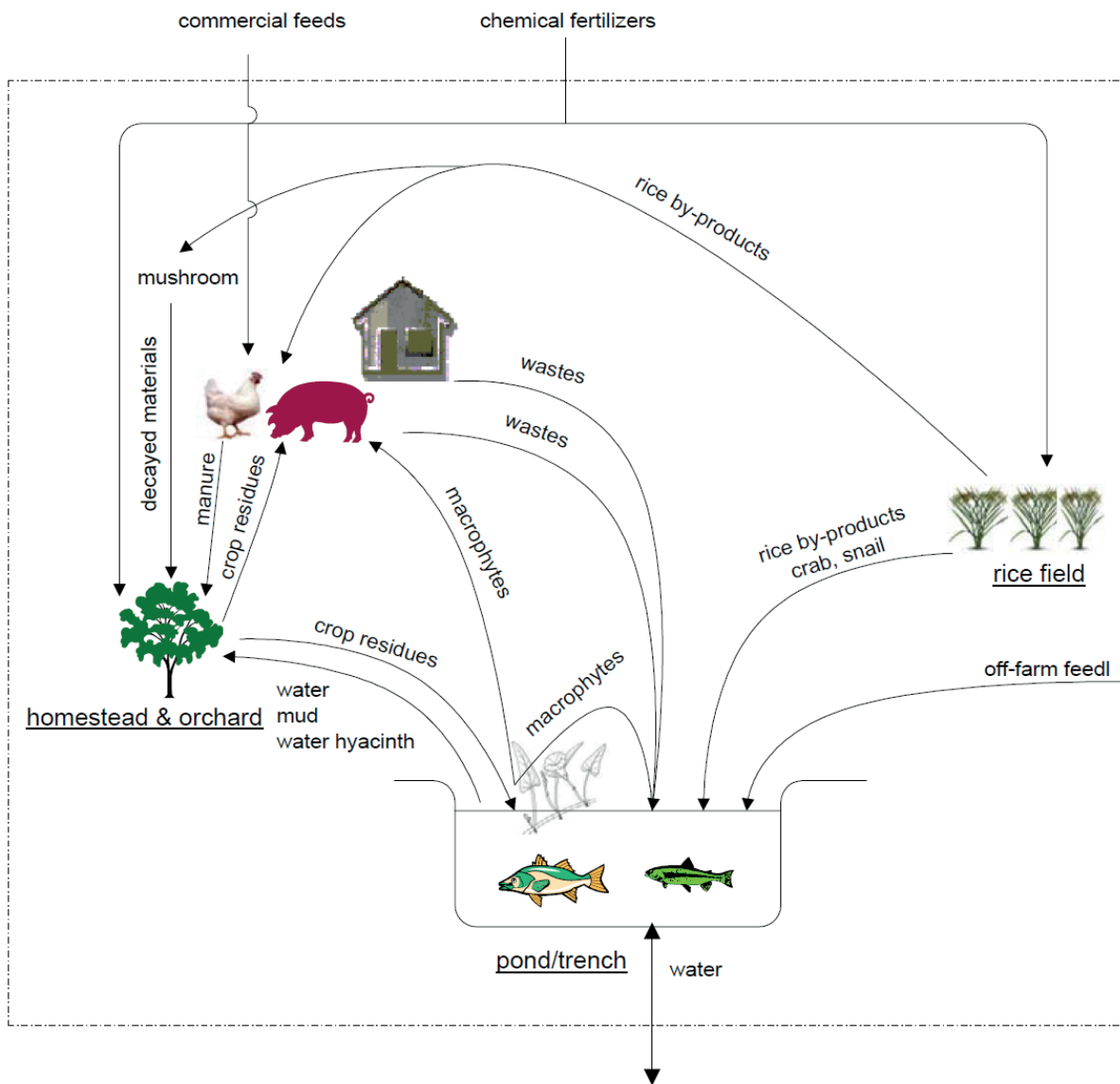
Krmivo je uváděno jako primární zdroj odpadu v intenzivních a polo-intenzivních akvakulturních systémech které mají dopad na životní prostředí (Dauda a kol., 2019; Martins a kol., 2010). Pokud si odvětví akvakultury udrží současnou strukturu a průměrnou roční míru růstu kolem 6-10 %, pak bude muset externí zajištění vstupů živin a krmiv růst podobným tempem. Od roku 2000 do roku 2017 vzrostlo odvětví výroby krmiv pro akvakulturu více než trojnásobně, z 13,8 Mt na 51,2 Mt. Tento nárůst představuje průměrný nárůst 8,0 % ročně od roku 2000 a očekává se, že do roku 2025 dosáhne cca 73 milionů tun (Roy, 2022; Boyd a kol., 2020; FAO, 2022). Odpad z akvakultury lze rozdělit na rozpustný (např. amoniak, ortofosforečnany a další minerální ionty) a pevný odpad (např. výkaly, nezkonsumovaná krmiva) (Prabhu a kol., 2019). Další nepřímé emise živin z intenzivně krmené akvakultury do životního prostředí mohou zahrnovat např. difúzní ztráty skleníkových plynů jako jsou oxid dusný nebo metan v důsledku rozkladu odpadních vod z akvakultury (kaly z nepotřebovaného krmiva, exkrementy). Zmíněné skleníkové plyny mají ve skutečnosti několikanásobně silnější efekt na globální oteplování než běžný oxid uhličitý (Hu a kol., 2012; Yuan a kol., 2019).

Strategie související s výživou musí směřovat ke snížení produkce odpadů z akvakultury zlepšením účinnosti krmiv – jejich vyšší stravitelností a k využití zbylého odpadu v návazných procesech (Prabhu a kol., 2019; Roy a kol., 2020; Sugiura a kol., 2000). Současný přístup nahrazování živočišného krmiva v akvakultuře krmivem s vyšším podílem např. rostlinné složky (Stickney a kol., 1996; Colombo & Turchini, 2021), může selhávat, právě s ohledem na produkci odpadních látek (Boissy a kol., 2011). Tento fakt může být kontraproduktivní v budoucím oběhovém biohospodářství z důvodu vysokého eutrofizačního potenciálu, který je přímo spojený se stravitelností krmiva (Roy, 2022; Boissy a kol., 2011). Výhledem k řešení udržitelnosti zdrojů výživy v akvakultuře je možnost využít krmivo z alternativních zdrojů oproti současnosti, jako jsou řasy, bakterie a hmyz, které budou produkovány na různých typech odpadů. Produkce musí být integrovaná se stávajícími zemědělskými systémy (jako součást recyklace biologických odpadů). Takto získaná biomasa nebude určena k přímé lidské spotřebě, čímž se zamezení současnému konfliktu mezi potravinami a krmivy (Roy, 2022).

Integrovaná akvakultura nabízí možnosti efektivního využití vody a živin, zvýšení produktivity a zisků propojením s dalšími produkčními aktivitami (Neori a kol., 2004; Troell a kol., 2004).

Tradiční polykulturní a integrované systémy efektivně využívají vstupy a produkují méně odpadu, čímž přispívají k cirkularitě na místní a regionální úrovni. Tradiční rybníční akvakultury býložravých a všežravých druhů ryb jsou využívány po staletí a jejich existence je důkazem udržitelnosti integrovaných systémů chovu (Troell a kol., 2017).

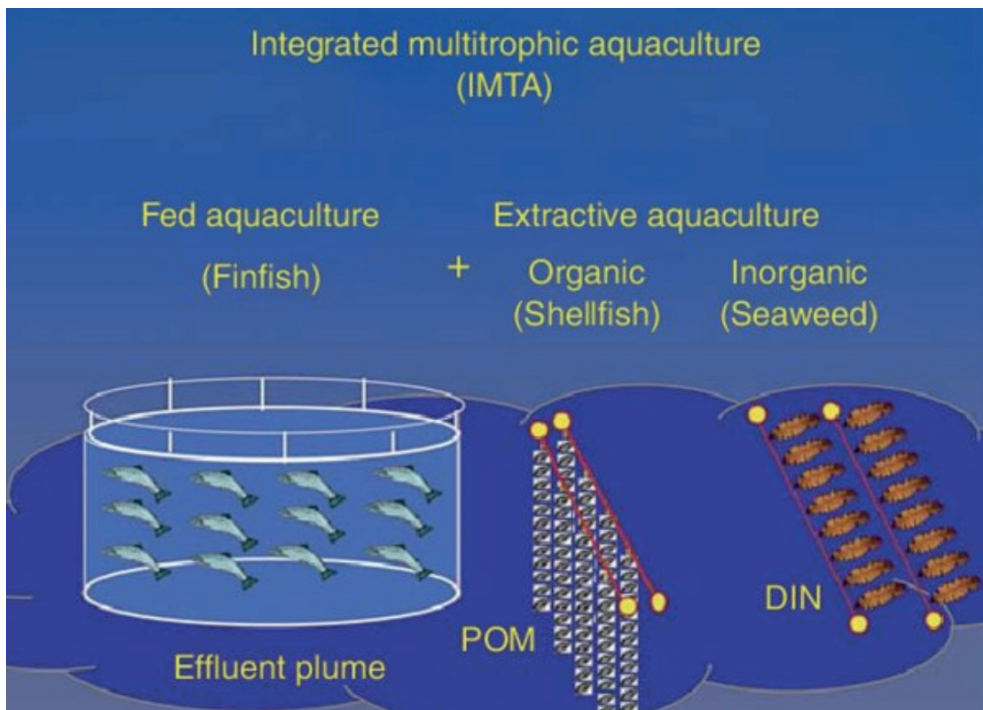
Chov drůbeže a hospodářských zvířat je v těchto systémech integrován s chovem ryb a hlavním spojovacím článkem mezi systémy jsou živočišné exkrementy a další zemědělské odpadní produkty, které se kompostují. Kompost se používá k hnojení vody v rybnících pro podporu rozvoje potravních organismů (plankton, bentos) jako přirozené potravy pro ryby. Příkladem je například VAC systém pocházející z Jihovýchodní Asie, viz obrázek 12.



Obr. 12: Schéma toku biologických zdrojů znázorňující interakce složek typického integrovaného zemědělského systému VAC v deltě Mekongu. Přerušovaná čára znázorňuje hranici farmy.

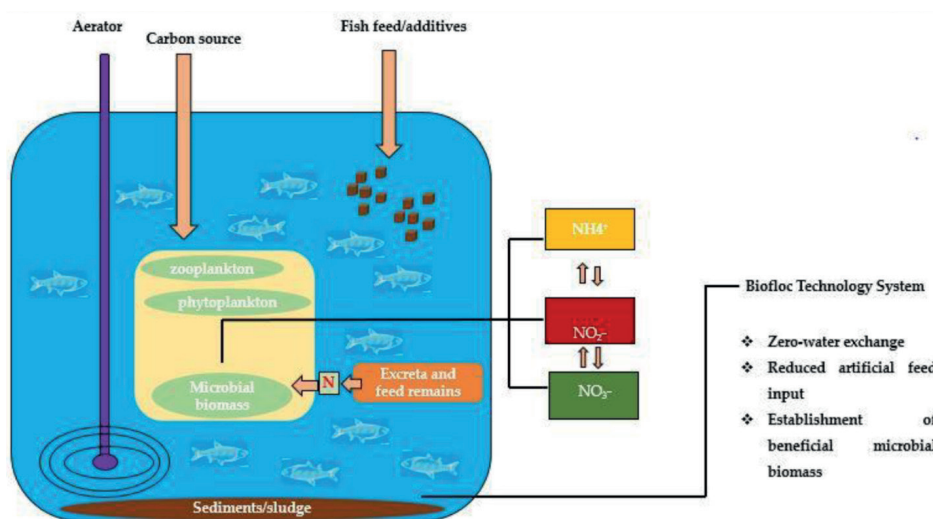
Zdroj: Nhan a kol., 2005

Navzdory výhodám pro životní prostředí však není možné uspokojit zvýšenou celosvětovou poptávku po potravinách pomocí tradičních extenzivních produkčních systémů (Troell a kol., 2017). Podpora integrované akvakultury v pobřežních oblastech přinesla moderní integrované přístupy, především v oblastech mírného a subtropického pásma moří. Obecně platí, že v intenzivním chovu ryb a krevet se výlovem odstraní méně než třetina živin, které se do prostředí dostaly prostřednictvím krmiva (Hargrave, 2005; Islam, 2005). IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) systémy zahrnují integraci produkce ryb, korýšů, měkkýšů a mořských řas (Neori a kol., 2004) tyto systémy jsou navrženy tak, aby odpadní látky (živiny a organický zákal), které unikají z chovu ryb nebo korýšů do životního prostředí, byly využívány jako zdroj pro navazující produkci měkkýšů a mořských řas, viz obrázek 12.



Obr. 13: Konceptní schéma integrované multitrofitické akvakultury (IMTA) zahrnující kombinaci krmné akvakultury (např. ryb) s organickou extraktivní akvakulturou (např. měkkýšů) využívající obohacení o organické částice „particulate organic matter“ (POM) a anorganickou extraktivní akvakulturou (např. mořských řas) využívající obohacení o rozpuštěné anorganické živiny „dissolved inorganic nutrients“ (DIN)
Zdroj: Clements & Chopin, 2017

V systému chovu ryb flokoponie (Biofloc) viz obr. 4 se odpadní krmivo a exkrementy ryb nebo korýšů přímo v produkčních nádržích přeměňují na krmivo, které mohou chovanci konzumovat. Kombinace mikroorganismů, hub, řas a dalších mikroorganismů vytváří vločky, které absorbují anorganické odpadní látky a zlepšují kvalitu vody (Crab a kol., 2012).



Obr. 14: Schéma flokoponie (biofloc)
Zdroj: Mugwanya a kol., 2021

SHRNUTÍ KAPITOLY

Akvakultura je člověkem řízená produkce biomasy ve vodním prostředí. Celková produkce akvakultury dosáhla v roce 2020 dosud rekordních hmotností a to 87,3 milionů tun vodních živočichů a 35 milionů tun řas. Akvakultura patří již desetiletí mezi nejrychleji se rozvíjející segmenty produkce biomasy na Zemi a do budoucna bude její význam na zajištění výživy lidstva dále stoupat. Hlavními akvakulturními produkty jsou ryby, měkkýši, korýši a mořské řasy. Akvakultura probíhá ve sladkovodním a mořském prostředí (mořská akvakultura se také nazývá marikultura).

Akvakulturní produkční systémy lze rozdělit podle konektivity s vnějším prostředím a intenzity produkce. Zatím co extenzivní otevřené akvakulturní systémy využívají především ekosystémový servis, intenzivní uzavřené systémy jsou oddělené od vnějšího prostředí a vyžadují vysokou mírou managementu a energetických vstupů. Největší výzvou pro cirkularitu akvakulturní produkce je využití odpadů z dodávaných krmiv. Akvakultura má dlouhodobou tradici v integrovaném multitrofickém systému, který využívá odpadů z produkce terestrického zemědělství. V současnosti se využívá i integrovaný systém IMTA v mořském prostředí. Zajímavým zpětným využitím odpadů přímo v probíhajícím v chovném médiu je flokoponie (biofloc). Akvakultura je integrální součástí bioekonomie s významným potenciálem oběhového hospodářství.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jak lze vymezit pojem zemědělská bioekonomika?
2. Popište kombinovaný přístup pro zabezpečení udržitelného zemědělství
3. Uveďte základní prvky precizního zemědělství.
4. Jaké jsou stěžejní oblasti strategie F2F?
5. Jak lze definovat lesní bioekonomiku?
6. Posuďte význam lesní bioekonomiky v ČR i v EU.
7. Jaká je přibližná produkce akvakultury celosvětově?
8. Jak je zajištěna produkce akvakultury v extenzivním chovu?
9. Jak je zajištěna produkce v intenzivním chovu?
10. Co je hlavním zdrojem odpadu z akvakultury
11. Co je to flokoponie?
12. Co je to IMTA?

POUŽITÁ LITERATURA

- Adámek, Z.; Linhart, O.; Kratochvíl, M.; Faljšhans, M., Rabdák, T.; Policar, T.; Masojídek, J.; Kozák, P., 2012. Aquaculture the Czech Republic in 2012: Modern European prosperous sector based on thousand-year history of pond culture Focus on AQUA 2012 and on Czech aquaculture. *Aquaculture*, 37, 5-14.
- Baganz, G. F.; Junge, R.; Portella, M. C.; Goddek, S.; Keesman, K. J.; Baganz, D., ... & Kloas, W., 2022. The aquaponic principle—It is all about coupling. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), 252-264.
- Boissy, J.; Aubin, J.; Drissi, A.; van der Werf, H. M.; Bell, G. J., & Kaushik, S. J., 2011. Environmental impacts of plant-based salmonid diets at feed and farm scales. *Aquaculture*, 321(1-2), 61-70.
- Boyd, C. E.; D'Abramo, L. R.; Glencross, B. D.; Huyben, D. C.; Juarez, L. M.; Lockwood, G. S., ... & Valenti, W. C., 2020. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3), 578-633.
- Clements, J. C., & Chopin, T., 2017. Ocean acidification and marine aquaculture in North America: potential impacts and mitigation strategies. *Reviews in Aquaculture*, 9, 326-341.
- Colombo, S. M., & Turchini, G. M., 2021. 'Aquafeed 3.0': creating a more resilient aquaculture industry with a circular bioeconomy framework. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), 1156-1158.

- Crab, R.; Defoirdt, T.; Bossier, P.; & Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351-356.
- Dauda, A. B.; Ajadi, A.; Tola-Fabunmi, A. S.; & Akinwole, A. O., 2019. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*, 4(3), 81-88.
- Ebeling, J. M.; & Timmons, M. B., 2012. Recirculating aquaculture systems. *Aquaculture production systems*, 1, 245-277.
- EC, 2013. A new EU Forest Strategy, dostupné na: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/the-eu-forest-strategy-com> [cit. 09. 05. 2022].
- EFI, 2018. Climate Smart Forestry, dostupné na: <https://efi.int/articles/climate-smart-forestry> [cit. 09. 05. 2022].
- EK, 2012. Dostupné z: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/6462> [cit. 09. 05. 2022].
- EK, 2022a. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/sustainability/sustainable-cap_en [cit. 09. 05. 2022].
- EK, 2022b. Dostupné z: https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_cs [cit. 09. 05. 2022].
- EU Bioeconomy Monitoring System dashboards, 2022. Dostupné z: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/visualisation/eu-bioeconomy-monitoring-system-dashboards_en [cit. 09. 05. 2022].
- FAO, 2016. Dostupné z: <https://www.fao.org/3/i5362e/i5362e.pdf> [cit. 14.10.2022].
- FAO, 2017. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/i7546e/i7546e.pdf> [cit. 14.10.2022].
- FAO, 2021. Dostupné z: <https://www.fao.org/3/cb7818en/cb7818en.pdf> [cit. 14.10.2022].
- FAO, 2022. Dostupné z: <https://www.fao.org/publications/sofia/2022/en/> [cit. 14.10.2022].
- Feedback, 2021. Dostupné z: <https://feedbackglobal.org/building-better-food-system> [cit. 14.10.2022].
- Fraga-Corral, M.; Ronza, P.; Garcia-Oliveira, P.; Pereira, A. G.; Losada, A. P.; Prieto, M. A.; ... & Simal-Gandara, J., 2022. Aquaculture as a circular bio-economy model with Galicia as a study case: How to transform waste into revalorized by-products. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 23-35.
- Hájek, M., 2018. Forestry bioeconomy. Third bioeconomy course, University of South Bohemia, May, 21st – 25th, 2018.
- Hargrave, B.T., 2005. *Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture. Handbook of Environmental Chemistry*, vol 5M. Berlin, Heidelberg: Springer, 461 pp. ISBN 978-3-540-31490-5.
- Hetemäki, L., Kangas, J. and Peltola, H., 2022. *Forest Bioeconomy and Climate Change. Managing Forest Ecosystems*, vol. 42. Springer, Cham. ISSN: 2352-3956 (electronic), 1568-1319 (print), ISBN: 978-3-030-99205-7 (hard-cover).
- Hu, Z.; Lee, J. W.; Chandran, K.; Kim, S.; & Khanal, S. K., 2012. Nitrous oxide (N₂O) emission from aquaculture: a review. *Environmental science & technology*, 46(12), 6470-6480.
- Islam, M. S., 2005. Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. *Marine pollution bulletin*, 50(1), 48-61.
- Jankovský, M.; García-Jácome, S.P.; Dvořák, J.; Nyarko, I.; Hájek, M.; 2021. Innovations in Forest Bioeconomy: A Bibliometric Analysis. *Forests*, 12, 1392.
- Jensen, Ø.; Dempster, T.; Thorstad, E. B.; Uglem, I.; & Fredheim, A., 2010. Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(1), 71-83.
- Jonsson, R., Rinaldi, F., Pilli, R., Fiorese, G., Hurmekoski, E., Cazzaniga, N., Robert, N., Camia, A., 2021. Boosting the EU forest-based bioeconomy: Market, climate, and employment impacts, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 163, 120478.
- Kalous, L.; Daněk, T.; Romočuský, Š.; Petrtyl, M.; Rylková, K.; Knytl, M.; & Krajáková, L., 2010. Ichthyofauna of a small stream in the upper Elbe basin, Central Bohemia: impact of ponds on fish species composition. *Bulletin-VÚRH Vodňany*, 46(4), 5-12.

- Knipe, H.; Temperton, B.; Lange, A.; Bass, D.; & Tyler, C. R., 2021. Probiotics and competitive exclusion of pathogens in shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 324-352.
- Kouba, A.; Lunda, R.; Hlaváč, D.; Kuklina, I.; Hamáčková, J.; Randák, T.; ... & Buřič, M., 2018. Vermicomposting of sludge from recirculating aquaculture system using *Eisenia andrei*: Technological feasibility and quality assessment of end-products. *Journal of Cleaner Production*, 177, 665-673.
- Lovrić, N.; Lovrić, M.; Mavsar, R., 2020. Factors behind development of innovations in European forest-based bioeconomy, *Forest Policy and Economics*. Vol. 111, 102079.
- Lucas, J. S., Southgate, P. C. and Tucker, C. S., 2019. *Aquaculture: Farming aquatic animals and plants*. Wiley-Blackwell, 664 pp. ISBN: 978-1-119-23086-1.
- Luke, 2021. Dostupné z: <https://www.luke.fi/en/news/the-exceptional-year-2020-reduced-the-bioeconomy> [cit. 09. 05. 2022].
- Martins, C. I. M.; Eding, E. H.; Verdegem, M. C.; Heinsbroek, L. T.; Schneider, O.; Blancheton, J. P.; ... & Verreth, J. A. J., 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural engineering*, 43(3), 83-93.
- Marttila, H.; Lepistö, A.; Tolvanen, A.; Bechmann, M.; Kyllmar, K.; Juutinen, A.; de Wit, H., 2020. Potential impacts of a future Nordic bioeconomy on surface water quality. *Ambio*, 49 (11): 1722-1735.
- Masiero, M.; Secco, L.; Pettenella, D. et al., 2020. Bioeconomy perception by future stakeholders: Hearing from European forestry students. *Ambio* 49, 1925-1942.
- Melo Bolívar, J. F.; Ruiz Pardo, R. Y.; Hume, M. E.; & Villamil Diaz, L. M., 2021. Multistrain probiotics use in main commercially cultured freshwater fish: a systematic review of evidence. *Reviews in Aquaculture*, 13(4), 1758-1780.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis*. Washington, DC.: Island Press, 155 pp. ISBN 1-59726-040-1.
- Mugwanya, M.; Dawood, M. A.; Kimera, F.; & Sewilam, H., 2021. Biofloc systems for sustainable production of economically important aquatic species: A review. *Sustainability*, 13(13), 7255.
- MZe, 2020. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/poradenstvi-a-vyzkum/vyzkum-a-vyvoj/koncepce-a-strategie/koncepce-biohospodarstvi-v-ceske.html> [cit. 09. 05. 2022].
- Neori, A.; Chopin, T.; Troell, M.; Buschmann, A. H.; Kraemer, G. P.; Halling, C., ... & Yarish, C., 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231(1-4), 361-391.
- Nhan, D. K., Duong, L. T., Sanh, N. V. and Verdegem, M. C., 2005. Development of „VAC“ Integrated Farming Systems in the Mekong Delta, Vietnam-A View of a System and a Participatory Approach. *Development of integrated agriculture farming systems in the Mekong Delta*. *Tuoi tre*, 101-125.
- Pinho, S. M.; de Lima, J. P.; David, L. H.; Emerenciano, M. G.; Goddek, S.; Verdegem, M. C.; ... & Portella, M. C., 2022. FLOCponics: The integration of biofloc technology with plant production. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 647-675.
- Posten, C., 2009. Design principles of photo bioreactors for cultivation of microalgae. *Engineering in Life Sciences*, 9(3), 165-177.
- Prabhu, P. A. J.; Fountoulaki, E.; Maas, R.; Heinsbroek, L. T. N.; Eding, E. H.; Kaushik, S. J.; & Schrama, J. W., 2019. Dietary ingredient composition alters faecal characteristics and waste production in common carp reared in recirculation system. *Aquaculture*, 512, 734357.
- Pülzl, H.; Kleinschmit, D.; Arts, B., 2014. Bioeconomy – an emerging meta-discourse affecting forest discourses? *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29:4, 386-393.
- Ronzon, T., Santini, F., M' Berek, R., 2015. *The bioeconomy in the European Union in numbers. Facts and figures on biomass, turnover and employment*. Brussel: European Commission. Joint Research Centre, 4 pp.

- Roy, K., 2022. *Circular and sustainable fish nutrition*. Doctoral thesis. University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Fisheries and Protection of Waters, 213 pp., ISBN 978-80-7514-149-1.
- Roy, K.; Vrba, J.; Kaushik, S. J.; & Mráz, J., 2020. feed-based common carp farming and eutrophication: is there a reason for concern? *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1736-1758.
- Sarkar, S. F.; Poon, J. S.; Lepage, E.; Bilecki, L.; Girard, B., 2018. Enabling a sustainable and prosperous future through science and innovation in the bioeconomy at Agriculture and Agri-Food Canada. *New biotechnology*, 40: 70-75.
- Schebesta, H.; Candel, J. J., 2020. Game-changing potential of the EU's Farm to Fork Strategy. *Nature Food*, 1 (10): 586-588.
- SEI, 2022. Dostupné z: <https://www.sei.org/perspectives/forests-eu-bioeconomy/> [cit. 09. 05. 2022].
- Stickney, R. R.; Hardy, R. W.; Koch, K.; Harrold, R.; Seawright, D.; & Masee, K. C., 1996. The effects of substituting selected oilseed protein concentrates for fish meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* diets. *Journal of the world aquaculture society*, 27(1), 57-63.
- Sugiura, S. H.; Dong, F. M.; & Hardy, R. W., 2000. A new approach to estimating the minimum dietary requirement of phosphorus for large rainbow trout based on nonfecal excretions of phosphorus and nitrogen. *The Journal of nutrition*, 130(4), 865-872.
- The Finnish Bioeconomy Strategy, 2022. Dostupné na: <https://www.bioeconomy.fi/facts-and-contacts/the-finnish-bioeconomy-strategy/> [cit. 09. 05. 2022].
- Troell, M., Kautsky, N., Beveridge, M., Henriksson, P., Primavera, J., Rönnbäck, P., Folke, C. and Jonell, M., 2017. Aquaculture. In: *Reference Module in Life Sciences*. Elsevier. ISBN 9780128096338.
- Troell, M.; Tyedmers, P.; Kautsky, N.; & Rönnbäck, P., 2004. Aquaculture and energy use. *Encyclopedia of energy*, 1, 97-108.
- von Braun, J., 2018. Bioeconomy – the global trend and its implications for sustainability and food security. *Global food security*, 19: 81-83.
- Vrabcová, P., 2021. *Udržitelné podnikání: dobrovolné nástroje (nejen) zemědělských a lesnických podniků*. Praha: Grada Publishing, 192 s. ISBN 978-80-271-3303-1.
- Willett, W.; Rockström J.; Loken B.; Springmann M.; Lang T.; Vermeulen S.; Garnett T.; Tilman D.; DeClerck F., Wood A., 2019. Food in the Anthropocene: the EAT –Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 393 (10170), 447–492.
- WUR, Wageningen University and Research, 2018. Dostupné z: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/470625> [cit. 14.10.2022].
- Xu, L.; Weathers, P. J.; Xiong, X. R.; & Liu, C. Z., 2009. Microalgal bioreactors: challenges and opportunities. *Engineering in Life Sciences*, 9(3), 178-189.
- Yuan, J.; Xiang, J.; Liu, D.; Kang, H.; He, T.; Kim, S.; ... & Ding, W., 2019. Rapid growth in greenhouse gas emissions from the adoption of industrial-scale aquaculture. *Nature Climate Change*, 9(4), 318-322.

Další doporučená literatura:

- Hurmekoski, E.; Lovrić, M.; Lovrić, N.; Hetemäki, L.; Winkel, G., 2019. Frontiers of the forest-based bioeconomy – A European Delphi study. *Forest Policy and Economics*. 102: 86–99.
- MZe, 2022. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/photo-bioreactors/mze/poradenstvi-a-vyzkum/vyzkum-a-vyvoj/koncepcie-a-strategie/koncepcie-biohospodarstvi-v-ceske.html> [cit. 09. 05. 2022].
- ForestBioFacts, 2021. Dostupné z: <https://forestbiofacts.com/introduction-to-forest-based-bioeconomy/> [cit. 09. 05. 2022].
- Ministry of Agriculture and Forestry of Finland, 2022. Dostupné z: <https://mmm.fi/en/nfs> [cit. 09. 05. 2022].

4 EKOSYSTÉMOVÉ SLUŽBY LESA

Cílem kapitoly je porozumět terminologii ekosystémových služeb (ES) lesa, kategorizovat ekosystémové služby lesa, ocenit jejich význam a popsat koncept plateb za ekosystémové služby.

Klíčová slova: ekosystémové služby lesa; platby za ekosystémové služby (PES)

4.1 EKOSYSTÉMOVÉ SLUŽBY – DEFINICE A ROZDĚLENÍ

Ekosystémové služby jsou přínosy, které ekosystémy poskytují lidem. De Groot a kol. (2002) uvádí, že ekosystémové služby jsou schopnosti přírodních procesů poskytovat zboží a služby, které přímo nebo nepřímo uspokojují lidské potřeby. Soubor *ekosystémové služby lesa* jsou myšleny užitky lesních ekosystémů významné pro člověka (např. produkce dříví, čistý vzduch, ochrana půdy proti erozi, lesní plodiny atp.). Anglickým ekvivalentem je soubor *ecosystem services*.

Kategorizace ekosystémových služeb se obvykle opírá o jednu z následujících klasifikací: **MEA** (Millennium Ecosystem Assessment), **CICES** (Common International Classification of Ecosystem Services) a **TEEB** (The Economics of Ecosystem and Biodiversity).

MEA (2005) rozděluje ekosystémové služby na:

- Produkční,
- Regulační,
- Kulturní,
- podpůrné.

CICES (2013) klasifikuje ekosystémové služby do tří skupin:

- produkční,
- regulační,
- kulturní.

Na tomto místě je vhodné uvést, že v českém prostředí se lze setkat jak s pojmy ekosystémové funkce, tak ekosystémové služby. Funkce jsou dány samotnou existencí ekosystémů, jejich vnitřními vlastnostmi a procesy, kdežto služby jsou definovány jako přínosy ekosystému pro lidstvo/společnost. Při použití pojmu „ekosystémové služby“ předpokládáme, že jsou jimi uspokojovány lidské potřeby. V případě služeb lidé přímo přisuzují přínosy, nebo ekonomickou hodnotu.

Níže je vymezena kategorizace ekosystémových funkcí dle Šišáka (2010, 2017), který ekosystémové služby dělí na tržní a netržní:

– Tržní (produkční)

- Dřevoprodukční
- Chov zvířete, myslivost

– Netržní (mimoprodukční)

- Se zprostředkovaným dopadem na trh
 - » Nedřevoprodukční (lesní plody)
 - » Půdochranné
 - » Hydrické
 - » Vzduchochranné
- Bez tržního dopadu
 - » Zdravotně-hygienické (rekreační, zdravotní)
 - » Kulturně-naučné (přírodoochranné, výchovné, vědecké, institucionální)

Tržní jsou významné zejména pro vlastníka lesa, resp. s ohledem na jím realizované výnosy (např. tržby za prodej dříví). *Netržní* jsou souborem účinků lesa na prostředí krajiny, nebo na člověka a které jsou z hlediska veřejných zájmů užitečné a jako takové přímo nebo nepřímo využívané ve společenské praxi (Krečmer, 1993).

Ekosystémové služby jsou rozmanité a jejich význam pro člověka/společnost se může měnit v závislosti na tom, kdo je hodnotí (např. Vlastník lesa, nájemce, návštěvník lesa). Do popředí ES se dlouhou dobu dostávaly produkční funkce/služby – a to zejména dřevoprodukční, protože ta byla v minulosti největším zdrojem příjmů pro vlastníka lesa. Postupem času, i v návaznosti na problematiku životního prostředí, rostoucím významem rekreace se zvyšuje význam i jiných, dříve spíše „doplňkově“ chápaných ekosystémových služeb, jako například sběr lesních plodin.

Některé ekosystémové služby a užitky jimi poskytované jsou obtížně ocenitelné, resp. je problematické jejich přínos exaktně ekonomicky vyjádřit (zejména proto, že některé z nich neprochází trhem – neexistuje pro ně tedy standardní proces stanovení ceny na základě střetu nabídky a poptávky). Další obtížie může představovat nejasně definovaná poptávka po ekosystémových službách ze strany spotřebitelů (např. návštěvníků lesa). Ekonomická teorie potvrzuje, že je obtížné u statků, které mají charakter veřejných statků (a v jistém smyslu tak mohou být ekosystémové služby chápány) přimět spotřebitele k jasnému projevení preferencí (potřeb, poptávek), což znamená i nejasné určení (zejména ekonomického) významu ekosystémových služeb pro společnost.

Ekosystémové služby jsou aktuálním tématem, hodnocení ekosystémových služeb je v souladu s aktuálními evropskými strategiemi. Významně jsou ale ovlivňovány nejen strategiemi (a tedy případnou prioritizací některých z nich), ale i kontextem společensko-ekonomických podmínek včetně vnímání ze strany významných stakeholderů i obecně společnosti.

4.2 NÁVŠTĚVNOST LESA A NON-WOOD FOREST PRODUCTS (NWFP)

Češi často navštěvují les. V roce 2022 byla průměrná návštěvnost lesa na obyvatele více než 36 návštěv ročně, což potvrzuje meziroční nárůst, ke kterému dochází od roku 2018. Mezi časté návštěvníky lesa pak patří téměř 40 % populace (MZe, 2023). Při návštěvách lesa je oblíbenou aktivitou také sběr plodin rostoucích v lese. FAO (1999) jako tzv. *non-wood* (případně *non-timber*) *forest products* označuje nedřevní lesní produkty biologického původu pocházející z lesů, jiné zalesněné půdy a stromů mimo lesy, kromě dřev; tedy zejména houby a bobulovina jako borůvky, brusinky atp.

Atraktivita a možnost sběru hub a lesních plodin souvisí i s ustanovením lesního zákona, který přímo nedefinuje omezení, jaké množství plodin může návštěvník lesa nasbírat. V ustanovení §19, zákona 289/1995 Sb., o lesích, ve znění pozdějších předpisů je uvedeno: „*Každý má právo vstupovat do lesa na vlastní nebezpečí, sbírat tam pro vlastní potřebu lesní plody a suchou na zemi ležící klest. Při tom je povinen les nepoškozovat, nenarušovat lesní prostředí a dbát pokynů vlastníka, popřípadě nájemce lesa a jeho zaměstnanců.*“

Ačkoliv v českém prostředí chápeme vstup do lesa bez omezení (až na konkrétní výjimky) jako samozřejmý, není shodný přístup uplatňován ve všech evropských státech. Převládá názor, že služby lesních ekosystémů mají doposud charakter neobchodovatelných veřejných statků, a proto sílí názory na to, že – i s ohledem na udržitelnost poskytování ekosystémových služeb do budoucna – by bylo vhodné situaci řešit např. stanovením poplatků za vstup do lesa, nebo např. stanovením maximální výše produkce (nasbíraných plodin), kterou si člověk může z lesa odnést zdarma. Jisté formy omezení návštěvníků lesů jsou prakticky již uplatňovány v některých zemích (např. ve Francii, Itálii apod.). Chybějící přesné vyjádření přínosů plynoucích z existence lesa pro jedince a společnost (a to zejména ekonomické)včetně doposud nedoceneného významu ekosystémových služeb z celospolečenského hlediska ztěžuje rozhodovací procesy vlastníků a samotné hospodaření v lese. Změna vnímání jednotlivých ES může vést ke změnám v hospodaření, které neolvivňují jen samotnou dřevní produkci, ale prioritizace podpory jiných služeb lesa (např. Odklon od podpory maximalizace produkce) může mít zprostředkovaný dopad na celou škálu ES). Je jisté, že bez samotné existence lesa by nebylo možné poskytovat žádnou ekosystémovou službu a jedině zdravý les je optimálním předpokladem pro naplňování produkčních i mimoprodukčních služeb, a tedy i rozmanitých ekosystémových služeb.

Mezi oblíbenou aktivitu v České republice patří sběr lesních plodin, nejvíce sbírají houby a borůvky. Podle údajů za rok 2022 byla odhadovaná výše tržní hodnoty nasbíraných lesních plodin cca 2,6 miliardy korun (borůvky, brusinky, maliny, ostružiny, bezinky). Spolu s houbami pak tato hodnota činila téměř 8 miliard korun (MZe, 2022).

Do budoucna lze očekávat zvýšený tlak na ekosystémové služby lesa vyvolanou dopady nové lesnické legislativy, ale i očekávání a požadavků společnosti, která může zvýraznit nutnost diskuse nad změnou právní úpravy týkající se omezení vstupu do lesa a hospodaření v něm tak, aby nedocházelo k přetížení lesích ekosystémů, a tím i ohrožení poskytování ekosystémových služeb. Příkladem může být zvýšená návštěvnost lesa, kterou lze chápat pozitivně – zejména jedná-li se o nové návštěvníky lesa (ať už z důvodů rekreačních, naučných, ale i jiných). Na druhou stranu může zvýšená návštěvnost vést k přetížení lesa. Většinou však dochází k nerovnoměrnému zatížení vybraných lokalit, kdy exponované jsou zejména lokality v blízkosti velkých měst, přírodních památek, atraktivních turistických cílů atp. Významné nárůsty v návštěvnosti lesa byly vysledovány také v návaznosti na koronavirovou pandemii a změnu chování obyvatel – která do jisté míry vyplývala i z nutných omezení shromažďování ve vnitřních prostorách – jak lze např. vidět na případové studii návštěvnosti lokalit v blízkosti hlavního města Prahy (viz Jarský a kol., 2022), kdy ve vybraných měsících návštěvnost meziročně (mezi lety 2019 a 2020) stoupla i o více než polovinu. Obdobné výsledky byly pozorovány i v jiných evropských zemích, resp. v příslušných lesích (např. Slovensko, Německo). V současné koncepci biohospodářství² patří zvyšování stability a vitality lesích ekosystémů a optimalizace ekosystémových služeb poskytovaných lesními ekosystémy mezi podporované oblasti.

4.3 PLATBY ZA EKOSYSTÉMOVÉ SLUŽBY

Jistou formou reakce na možné přetížení vybraných lokalit může představovat aplikace finančních mechanismů, které zpoplatňují např. vstup do lesa. Vlastníky lesa je např. možno kompenzovat za utrpěnou újmu (tzv. kompenzační platby), preferovaným mechanismem je ale motivace. V souladu s evropskými strategiemi zaměřenými mj. na ochranu biodiverzity je podporován koncept plateb za ekosystémové služby, které v principu mají motivační charakter, kdy motivují vlastníka či správce lesa, aby konal nad rámec daný vymezenými pravidly (zejm. lesního zákona) a zajistil tak ekosystém v takové kvalitě, aby byl schopen poskytovat větší množství užitků. Koncept plateb za ES (PES) je sice uplatňován již delší dobu, ale zejména v na americkém kontinentu, např. v Kostarice, ale v evropských podmínkách ještě není běžný, ačkoliv se jedná o tržní mechanismus, který umožňuje zajišťování ekosystémových služeb. Ocenění a zpoplatnění ekosystému se stává součástí individuálních politik v oblasti lesního hospodářství a životního prostředí. Primárním motivem pro zavedení těchto plateb je obnova, ochrana a zvyšování užitků, které poskytují ekosystémy, tj. zlepšení kvality lesních ekosystémů a podpora poskytování služeb.

PES zahrnují dobrovolné transakce mezi uživateli a poskytovateli služeb, které jsou podmíněny dohodnutými pravidly hospodaření s přírodními zdroji při vytváření služeb (Wunder, 2015) V českém prostředí doposud platby uplatňovány nejsou, ale představují jistou analogickou formu kompenzačních plateb v zemědělství (platba na plochu, tj. na hektar) a jdou v současné podobě součástí snah o jejich zavedení včetně příslušné právní úpravy zákona o lesích.

² V tomto kontextu ztotožněno s pojmem bioekonomika; v nově vznikajících dokumentech již nebude pojem biohospodářství dále používán

SHRNUTÍ KAPITOLY

Ekosystémové služby jsou přínosy ekosystémů pro člověka, ekosystémové služby lesa pak představují široké spektrum užitků, které les přináší člověku a společnosti. Ekosystémové služby lze klasifikovat dle různých hledisek (např. dle MEA, CICES a TEEB). Platby za ekosystémové služby (PES) jsou zaváděny zejména s cílem obnovy, ochrany a zvyšování užitků poskytovaných ekosystémy.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jak lze kategorizovat ekosystémové služby lesa?
2. Které plodiny patří mezi nejvýznamnější z hlediska sběru v lese v České republice?
3. Objasněte koncept plateb za ekosystémové služby.

POUŽITÁ LITERATURA

CICES, 2013. Common International Classification of Ecosystem Services, dostupné na: <https://cices.eu/resources/>

de Groot et al., 2002. Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making. Groningen: Wolters Noordhoff. xviii 315 s., ISBN 90-01-35594-3.

FAO, 1999. Dostupné z: http://www.fao.org/3/y1457e/Y1457e06.htm#P215_18775

Jarský, V.; Palátová, P.; Riedl, M.; Zahradník, D.; Rinn, R.; Hochmalová, M. Forest Attendance in the Times of COVID-19—A Case Study on the Example of the Czech Republic. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 2529. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052529>

Krečmer, 1993 in Matějčíček, 2011. Ekonomika lesního hospodářství, část Produkce a funkce, dostupné na webových stránkách: www.lesniznalec.cz

MA, 2005. The Millennium Ecosystem Assessment, dostupné z: <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>

MZe, 2019. Koncepce biohospodářství v ČR z pohledu Ministerstva zemědělství (2019-2024) Dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/mze/poradenstvi-a-vyzkum/vyzkum-a-vyvoj/koncepce-a-strategie/koncepce-biohospodarstvi-v-ceske.html>.

MZe, 2020. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2019, Ministerstvo zemědělství 2020. ISBN 978-80-7434-571-5, 128 s.

Šišák, L., Šach, F., Švihla, V., Pulkrab, K., Černošous, V., Dudík, R. Metodika hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010, s. 33. Projekt NAZV č. QH71296.

Wunder, S., 2015: Revisiting the concept of payments for environmental services *Ecol. Econ.*, 117 (2015), pp. 234-243.

Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích

5 LESNÍ BIOMASA

Cílem této kapitoly je definovat terminologii týkající se lesní biomasy, informovat o produkčních schopnostech evropských a českých lesů a poukázat na různé toky jednotlivých druhů lesní biomasy a příslušné možnosti využití tohoto obnovitelného biologického zdroje. Ve druhé části je cílem charakterizovat tu část lesní biomasy, která je označovaná jako dřevo, a především poukázat na její specifika ve vztahu k jiným používaným materiálům. Zabývá se výhodami a zápory dřeva, jeho vlastnostmi a kvalitou, a z toho vyplývající dopady na jeho současné zpracování a využití.

Klíčová slova: Dřevo, tvorba dřeva, pozice ve společnosti, oblasti využití, přednosti a nevýhody dřeva, základní charakteristiky, vlastnosti, kvalita.

Abychom věděli, jestli jsou evropské lesy a lesnictví připravené uspokojit zvýšenou poptávku po dendromase, nejprve se zaměříme na stav lesů v Evropě a v ČR z hlediska dostupnosti tohoto obnovitelného biologického zdroje a následně si vysvětlíme proč dříví/dendromasa má tak široké uplatnění a naopak, jaké jsou jeho/její limity.

5.1 DENDROMASA

Biomasa je pojem používaný pro označení jakékoli živé hmoty. Při dodržení zásad trvale udržitelného hospodaření se jedná o prakticky nevyčerpatelný obnovitelný biologický zdroj. Kvůli širokosti tohoto pojmu bývá často druh biomasy specifikovaný blíže podle její povahy. Obecně rozdělujeme biomasu na rostlinnou (fytomasa) a živočišnou (zoomasa). Rostlinnou biomasu pak dělíme například podle odvětví, ve kterém má původ na zemědělskou či lesní biomasu, kterou dále rozdělujeme na lesní fytomasa a dendromasa podle toho, zda se jedná o biomasu bylinnou nebo biomasu dřevinnou. Kromě biomasy, kterou z jednotlivých ekosystémů cíleně extrahujeme za účelem jejího zpracování v různých hodnotových řetězcích můžeme biomasu získávat i z tzv. vedlejších toků. Takovou biomasu označujeme jako biomasu odpadní, protože vznikla z reziduí, či odpadů v různých stádiích zpracování tohoto materiálu anebo také recyklací, či opětovným použitím po ukončení stádia životního cyklu výrobků z biomasy. V této kapitole se budeme blíže věnovat dendromase. Dendromasu definujeme jako biomasu dřevin, tj. biomasu získanou ze stromů, keřů a polokeřů. V hospodářských lesích je zastoupena prakticky zcela stromovou biomasou. Jedná se o široce používaný obnovitelný biologický zdroj, který má své uplatnění v různých odvětvích, od farmakologie, přes nábytkářství, stavebnictví, chemický průmysl, až po energetiku.

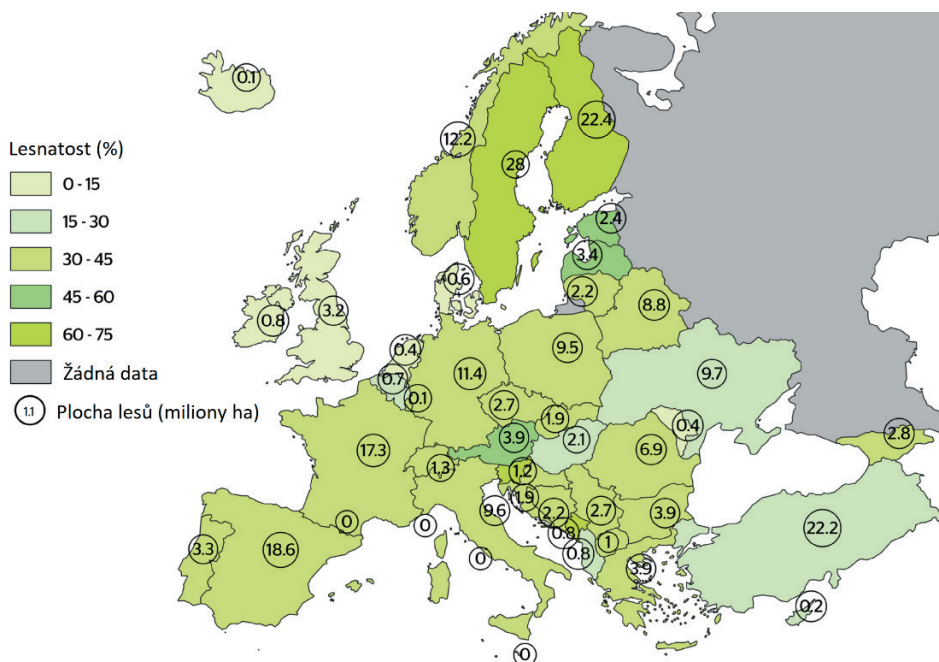
5.1.1 PRODUKCE DENDROMASY V EVROPĚ A V ČESKÉ REPUBLICE

Lesy v Evropě zabírají plochu cca 227 milionů ha. Průměrná lesnatost v Evropě je tedy 34,8 %. Je však nutno rozlišovat mezi lesy hospodářskými, které zabírají plochu 170 milionů ha a jinou lesní krajinou (zbývající cca 107 milionů ha). Při pohledu na Tab. 1 lze také vidět, že rozložení lesů v jednotlivých evropských regionech je různé – více než 42 % všech evropských lesů je soustředěno v regionu severní Evropy, s průměrnou lesnatostí téměř 54 %. V absolutních číslech je nejvyšší plocha lesů v regionu jihozápadní Evropy, no nejvyšší lesnatost má právě náš region střední a východní Evropy – 27,3 %. Zajímavé také je, že v jižních regionech Evropy je i největší podíl jiné lesní krajiny (tj. lesů, ve kterých se nehospodaří), kdežto ve středoevropských regionech je podíl těchto lesů do jednoho procenta. V České republice byla v roce 2020 celková plocha lesů 2,6 milionů ha, z toho lesy hospodářské činily 1,94 milionů ha, lesy ochranné 52,6 tis. ha a lesy zvláštního určení 622 tis. ha. Z těchto čísel můžeme vidět, že prakticky ve třech čtvrtinách lesů v České republice se hospodaří. Obr. 15 ukazuje plochu lesů a lesnatost v jednotlivých zemích EU v roce 2020.

Tab. 1: Plocha lesů, hospodářských lesů a jiné lesní krajiny dle regionů za rok 2020

Region	Lesy		Hospodářské lesy		Jiná lesní krajina	
	1000 ha	%	1000 ha	%	1000 ha	%
severní Evropa	71299	53,8	55424	77,7	5706	4,3
středozápadní Evropa	38966	27,9	35728	91,9	1170	0,8
středovýchodní Evropa	44735	27,3	32382	72,4	973	0,6
jihozápadní Evropa	31466	35,5	27733	88,2	12791	14,4
jihovýchodní Evropa	40887	31,5	19124	53,2	6098	4,7
EU-28	162422	38,3	137799	84,9	21052	5
Evropa	227353	34,8	170390	76,6	26737	4,1

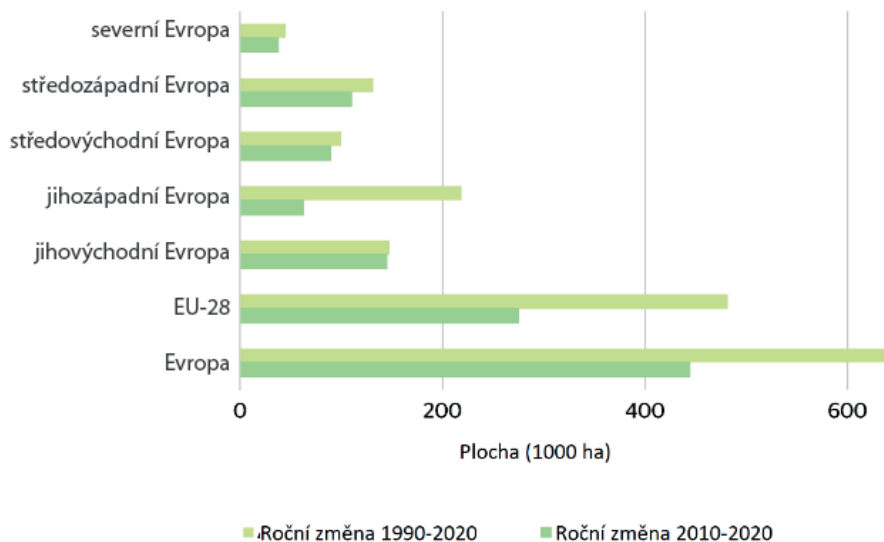
Zdroj: Forest Europe, 2020



Obr. 15: Lesnatost jednotlivých zemí Eu-28 a plocha lesů

Zdroj: Forest Europe, 2020

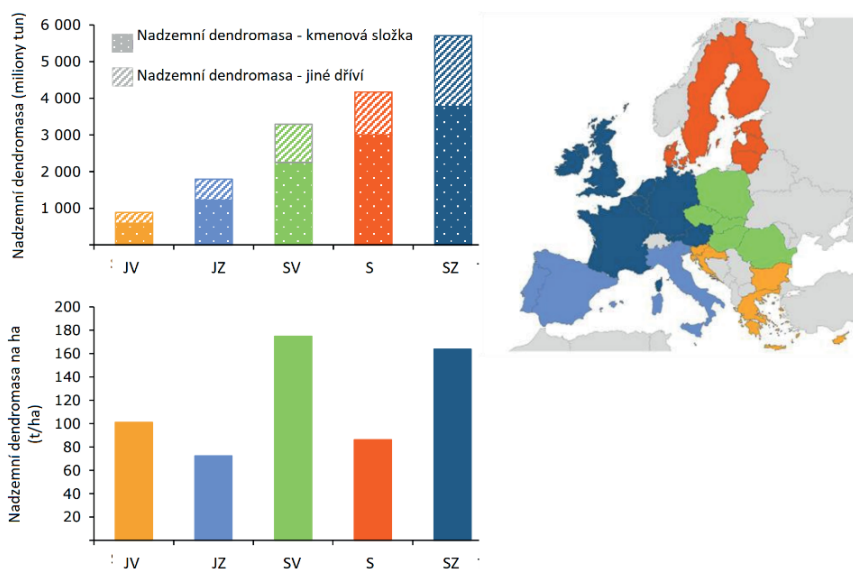
Plocha lesů v Evropě se již po několik desetiletí zvyšuje (Obr. 16). Za posledních 30 let přibylo v Evropě 193 milionů ha, ročně od roku 1990 do roku 2020 přibylo 643 tisíc ha a tento trend je viditelný ve všech výše zmíněných regionech. Expanze lesů byla nejvíce znatelná v regionech jihozápadní Evropy (0,78 %), jihovýchodní Evropy (0,38 % ročně), a středozápadní Evropy (0,36 % ročně). Z hlediska hospodářských lesů je trend podobný, s výjimkou severní Evropy, kde hospodářských lesů v obdobích mezi lety 1990-2020 ubylo o 116 tis. ha (0,20 %), naproti tomu v jiných regionech došlo k nárůstu plochy hospodářských lesů, např. ve středovýchodní Evropě o 0,15 %.



Obr. 16: Trend změny plochy lesů v regionech Evropy od roku 1990

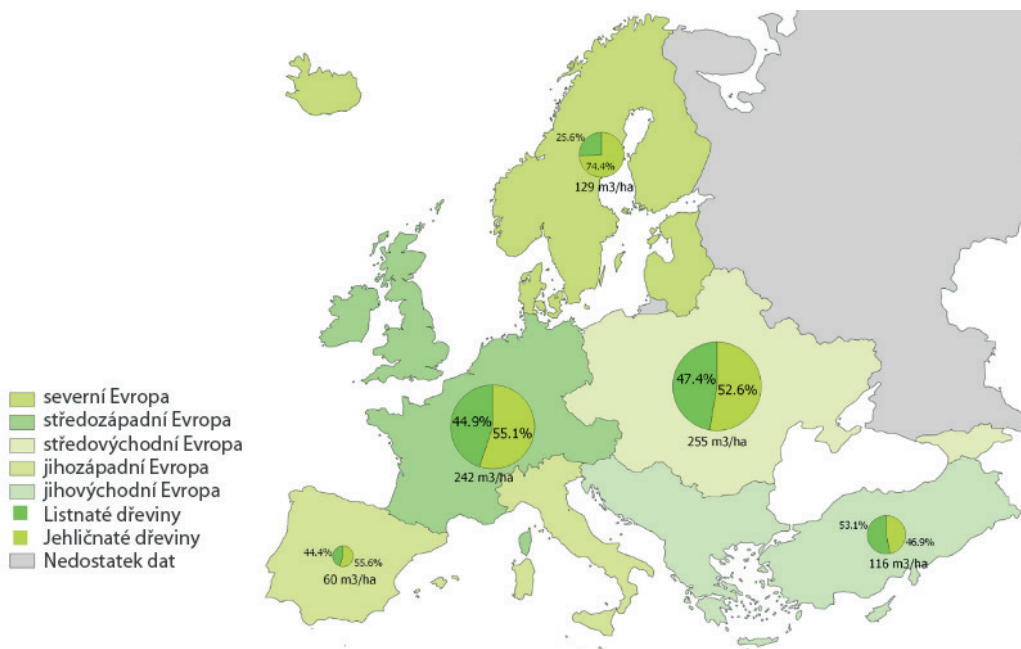
Zdroj: Forest Europe, 2020

Zásoby dříví v evropských lesích dosáhly v roce 2020 hodnotu 34,9 miliard m³, z čeho cca 84 % bylo v hospodářských lesích. Obrázek 3 ukazuje prostorové rozdělení zásob dříví v jednotlivých regionech Evropy. Je možné vidět, že největší zásoby se i při nižší lesnatosti nachází v regionu středozápadní Evropy, následuje region severní Evropy a středovýchodní Evropy. Zajímavý je ale pohled na hektarovou zásobu, kde nejvyšších zásob dosahuje region středovýchodní Evropy, následovaný středozápadní Evropou a jihovýchodní Evropou. Z hlediska České republiky celkových zásob dříví dlouhodobě rostou (Obr. 4). V roce 2020 dosáhly celkové zásoby dříví v ČR výše 701 mil. m³ průměrná zásoba na 1 ha lesních pozemků dosáhla výše 269 m³. V důsledku rozsáhlé kůrovcové kalamity však došlo v posledních letech k meziročnímu úbytku celkových zásob dříví (v roce 2019 byly celkové zásoby na úrovni 704,9 mil. m³ a v roce 2018 na úrovni 702,9 mil. m³). I tak jsou ale hektarové zásoby dříví v ČR vyšší než průměrné v regionu středovýchodní Evropy, resp. všech evropských regionů (Obr. 4).



Obr. 17: Zásoba nadzemní dendromasy celková a na hektar porostní půdy dle regionů Evropy v roce 2015

Zdroj: Brief on forestry biomass production, 2017



Obr. 18: Hektarové zásoby dřeva v evropských lesích dle regionů
Zdroj: Forest Europe, 2020

Pro zabezpečení vitality lesní bioekonomiky je však důležité nejen to, že dendromasy, jako hlavního obnovitelného biologického zdroje (vstupní suroviny pro zpracovatelské řetězce) je v zemi, či větším regionu dostatek. Také je důležité, zda dendromasu dokážeme při dodržení principů trvale udržitelného hospodaření v lesích vytěžit a v dodavatelsko-odběratelských řetězcích dostat na správné místo. O tom, že v evropských lesích se těží méně dříví, než jej přirůstá vypovídají údaje o rostoucích zásobách. Blížší pohled na strukturu těžeb poskytuje Obr. 5, který je konstruován z průměrných hodnot mezi lety 2004 a 2013. Z celkového ročního přírůstu o výši 505 milionů tun dříví byl čistý roční přírůst v daném období 444 mil. t (61 mil. t připadlo na přirozenou mortalitu stromů). V rámci čistého ročního přírůstu bylo vytěženo ročně v průměru jen cca 63 %, tj. 281 mil. t dříví, z toho 224 mil. t bylo hrubé, které bylo z lesa odvezeno k dalšímu zpracování a 57 mil. t bylo těžebních zbytků (nehroubí – např. větve a vrcholové části stromů) ponechaných v lesních porostech. Z uvedeného je možné vidět, že evropské lesy jsou schopné plnit svoji produkční funkci a lesní bioekonomika nevyužívá plně jejich růstový potenciál. I při výrazném navýšení využívání dendromasy jako obnovitelného biologického zdroje lze předpokládat, že evropské lesy budou schopny daný nárůst absorbovat.

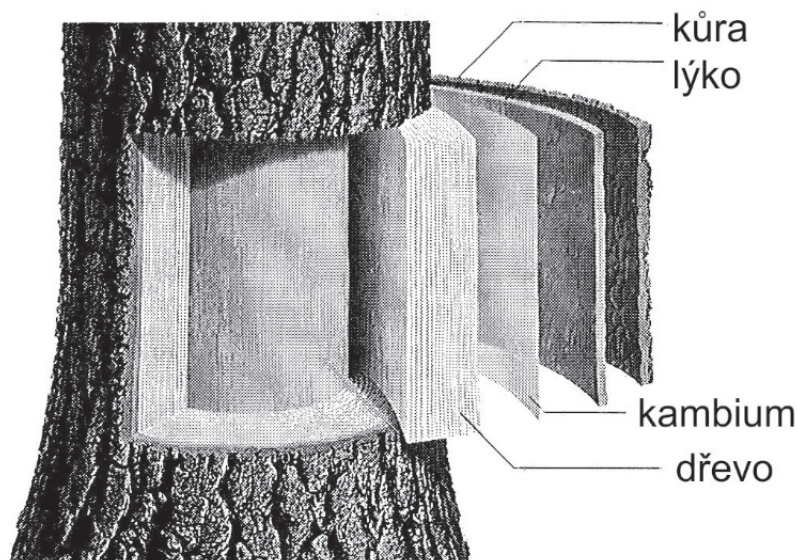


Obr. 19: Přírůsty, těžba a odvoz dříví v EU z hospodářských lesů; průměrné hodnoty za roky 2004-2013
Zdroj: Brief on forestry biomass production, 2017

5.2 VLASTNOSTI DŘEVA

5.2.1 TVORBA DŘEVA

Dřevo, v tomto kontextu, je výsledkem růstové činnosti živých stromů. Jmenovitě kambia, které se nachází mezi zónou dřeva a zónou kůry (Obr. 20). Jedná se o meristém (dělivé pletivo), který vytváří po celý život stromu nové buňky dřeva. Činností kambia tak kmeny stromů zvětšují své rozměry i objem. V mírném klimatickém pásmu probíhá přírůst přerušovaně, ve formě letokruhů. V tropických oblastech ale tvorba dřeva probíhá permanentně. Zdrojem látek pro tvorbu nových buněk dřeva je fotosyntéza. V procesu fotosyntézy je oxid uhličitý zabudovaný do jednoduchých organických látek (glukózy), které jsou následně využity pro tvorbu dřeva, které je tvořené již poměrně komplexními organickými sloučeninami. Dřevo tak jednoznačně splňuje definici obnovitelné suroviny s nulovou uhlíkovou bilancí.



Obr. 20: Struktura kmene – pozice jednotlivých pletiv
Zdroj: upraveno podle Kozłowski, 1997

5.2.2 POZICE DŘEVA VE SPOLEČNOSTI

Před objevem technologií zpracování kovů patřilo dřevo k nejrozšířenějším materiálům. Do doby vyššího využití fosilních paliv bylo dřevo prakticky jediným zdrojem energie.

V současné době se dřevo v různé podobě uplatňuje zejména ve stavebnictví, při výrobě nábytku, papíru a celulózy, vybraných hudebních nástrojů, domácích potřeb, hraček, obalových materiálů a dalších výrobků. Významnou roli hraje dřevo celosvětově jako zdroj energie, a to především v rozvojových zemích kde nejsou k dispozici jiné zdroje. S klesajícími zásobami uhlí, ropy a zemního plynu význam dřeva v této oblasti poroste. Naprosto unikátní a neotřesitelná je jeho pozice při výrobě nábytku, kdy nemáme k dispozici jiný alternativní materiál. Podobná situace je u strunných hudebních nástrojů (např. housle), kde se uplatňují unikátní akustické vlastnosti dřeva (resonanční dříví). A v neposlední řadě je to výroba papíru (celulózy), kde se téměř výhradně využívá jako vstupní surovina dřevo.

5.2.3 PŘEDNOSTI A NEVÝHODY DŘEVA

Každý materiál je charakterizovaný svými přednostmi a nevýhodami, kterého ho předurčují, nebo vylučují, pro využití v příslušné oblasti lidských aktivit. Mezi hlavní výhody dřeva, které přispěly k jeho rozšíření a značné oblibě ve společnosti, patří především:

- Snadná dostupnost a takřka všudypřítomnost
- Dobrá opracovatelnost běžnými nástroji
- Charakter obnovitelné suroviny
- Dobré tepelně izolační vlastnosti
- Výborné akustické vlastnosti
- Bezodpadové technologie zpracování
- Dobrá pevnost při poměrně nízké hmotnosti
- Nízké energetické vstupy na výrobu
- Přírodní charakter a estetický vzhled

Samozřejmě je třeba znát i nevýhody dřeva jako materiálu, které omezují, ztěžují nebo dokonce vylučují využití dřeva v některých oblastech. Je to zejména:

- Výskyt vad
- Nízká odolnost proti působení biotických činitelů (dřevokazné houby a hmyz – Obr. 21)
- Snadná zápalnost a hořlavost
- Značná proměnlivost vzhledu a vlastností
- Různé vlastnosti v závislosti na směru
- Navlhavost a nasákavost



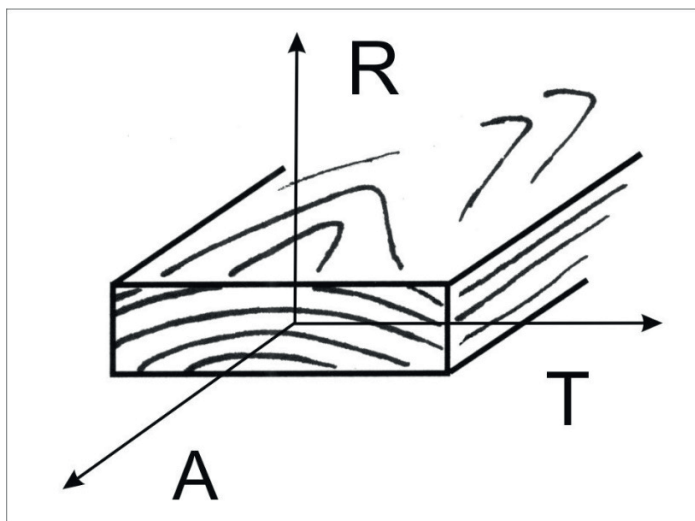
Obr. 21: Hniloba. Snadná degradovatelnost dřevokaznými houbami patří k hlavním nevýhodám dřeva

Nevýhody dřeva je třeba chápat vždy ve vztahu k účelu jeho využití. Příkladem může být hořlavost, která je ve stavebnictví považována za jeden z hlavních limitujících faktorů pro jeho využití v této oblasti. Naopak schopnost dřeva hořet a uvolňovat teplo ho předurčuje jako významný zdroj pro energetické účely. Značné rozšíření dřeva potvrzuje, že dokážeme s těmito nevýhodami pracovat a současné technologie dokážou některé z nich částečně eliminovat.

5.2.4 OBECNÉ CHARAKTERISTIKY

Každý materiál má své charakteristiky, které nás informují o možnostech jeho využití pro určité účely, především ve smyslu specifik, limitů a omezení. Pokud se bavíme o dřevu, jako o materiálu, pak k jeho základním charakteristikám, které musíme při jeho využívání zohlednit, patří anizotropie, heterogenita, hygroscopicita a pórovitost.

Anizotropní charakter dřeva (přesněji řečeno ortotropní charakter) znamená, že dřevo má v různých směrech různé vlastnosti. Vlastnostmi v tomto smyslu chápeme především pevnost (např. v tlaku, tahu nebo ohybu), projevuje se ale i u sesychání a bobtnání dřeva. Anizotropie je důsledkem růstu stromu, způsobu spořádání dřevních vláken (buněk) v kmeni a způsobem uspořádání chemických sloučenin v buněčné stěně. Dva základní směry, které ve dřevě rozlišujeme, je směr podél vláken a kolmo na vlákna, ve kterých dřevo vykazuje zásadní rozdíl v pevnosti. V případě některých vlastností dřevo vykazuje ve směru kolmo na vlákna výrazný rozdíl v radiálním a tangenciálním směru (Obr. 22). Anizotropie má tak zásadní dopad na využití dřeva zejména v konstrukcích, tam kde je dřevo vystaveno mechanickému namáhání a kde je nezbytné zatěžovat dřevo ve směru s největší pevností.



Obr. 22: Základní směry dřevem. A – axiální (podélný, podél vláken), T – kolmo na vlákna tangenciální, R – kolmo na vlákna radiální.

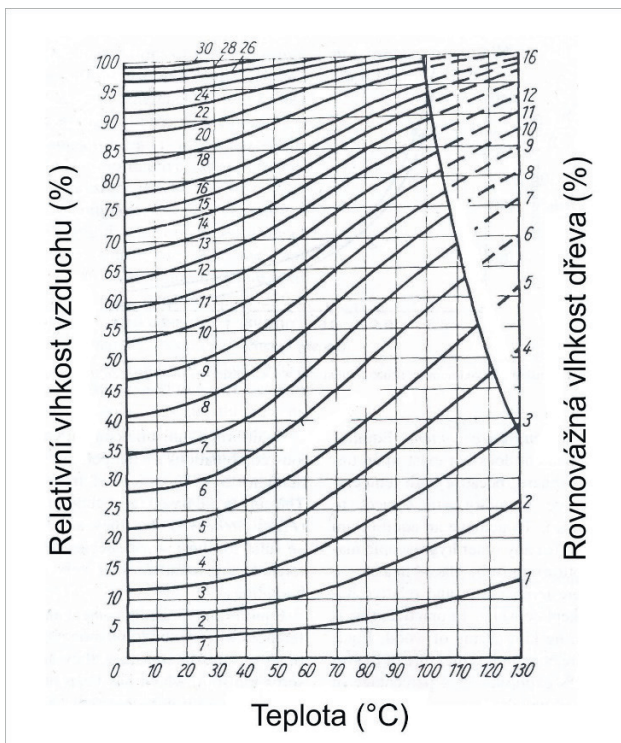
Heterogenita, neboli také různorodost (Obr. 23). V závislosti na druhu dřeviny, stanovišti, věku, nadmořské výšce, pozici v kmeni a velkém množství dalších faktorů se dřevo ve své stavbě odlišuje. Což se následně projeví v související variabilitě vlastností. Tato charakteristika ztěžuje výrobu především tam, kde je například vyžadován jednotný vzhled nebo stejné vlastnosti materiálu. Heterogenita stavby dřeva způsobuje problematické jednoznačné vyjádření vlastností dřeva pevně danou hodnotou, na rozdíl od jiných materiálů.



Obr. 23: Rozdílná šířka letokruhů, odlišný podíl letního dřeva v letokruhu, nebo přítomnost různě zbarvených zón v kmeni patří k ukázce heterogenity stavby dřeva.

Obsah vody ve dřevě má dopad na většinu zpracovatelských procesů, včetně energetického využití. Čerstvé dřevo (strom po pokácení) obsahuje vysoké množství vody. Pro většinu účelů je nezbytné obsah vody snížit, a to buď přirozenou, nebo umělou cestou (v sušárnách). **Hygroskopicitá** (navlhavost) dřeva je charakteristika, která vyjadřuje vztah dřeva a vzdušné vlhkosti. Díky svému chemickému složení je dřevo schopno poutat vodní páry ze svého okolí v závislosti na jejich koncentraci. Podle podmínek okolního prostředí (teploty a relativní vzdušné vlhkosti

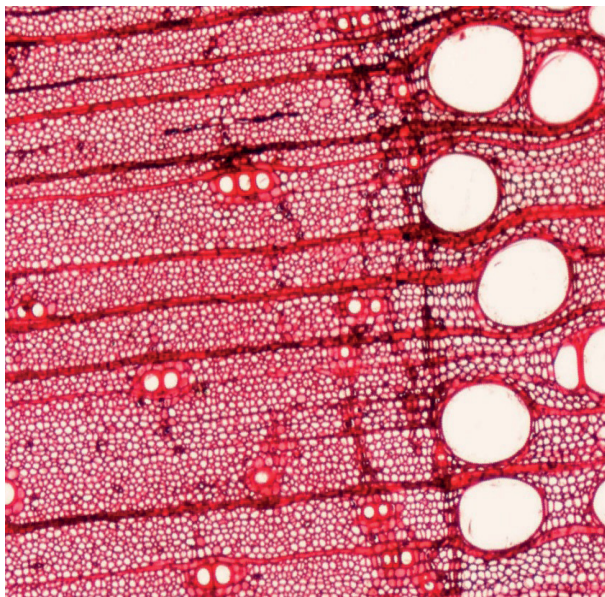
vzduchu) tak dřevo svou vlhkost (obsah vody ve dřevě) zvyšuje, nebo snižuje, aby dosáhlo rovnovážného stavu s okolním prostředím (Obr. 24). To znamená, že se vlhkost dřeva neustále mění. To má naprosto zásadní dopad na zpracování a využití dřeva, neboť tyto změny vlhkosti jsou spojeny se změnou hmotnosti, rozměrů a dokonce i vlastností (včetně pevnosti). V souvislosti s energetickým využitím dřeva je dobré si uvědomit, že dřevo bude vždy obsahovat určité množství vody (viz nomogram na Obr. 24). Je tak evidentní, že uváděná teoretická hodnota výhřevnosti dřeva nemůže být v praxi nikdy dosažena.



Obr. 24: Nomogram rovnovážné vlhkosti dřeva v závislosti na relativní vlhkosti a teplotě okolního vzduchu

Zdroj: upraveno dle Tsoumise, 1991

Porézní struktura dřeva (Obr. 25) je daná typem buněk, které se podílí na jeho stavbě. Nejedná se jen o vnitřní prostor buněk, ale i mezibuněčné prostory a místa v buněčné stěně. Pórovitost má dopad především na množství kapalné vody ve dřevě, kterou je třeba pro většinu účelů odstranit (sušení). Nebo naopak, může ovlivnit množství spotřebované látky, kterou chceme hmotu dřeva prosytit (impregnace). Množství pórů má také dopad na hustotu (hmotnost) dřeva, jeho tepelné izolační vlastnosti nebo zvukově izolační vlastnosti.



Obr 25: Porézní charakter stavby dřeva (mikroskopický snímek příčného řezu jasanu)

5.2.5 VLASTNOSTI DŘEVA

Vlastnost je obecný pojem, který označuje nějaký rys nebo znak, který v tomto případě k materiálu přirozeně patří. Vlastnosti dřeva jsou výsledkem unikátního chemického složení, způsobu uspořádání chemických sloučenin v buněčné stěně, tvaru buněk a způsobu jejich orientace v kmeni. Dřevo se skládá z celulózy, hemicelulózy, ligninu a extraktivních látek. Nejvíce zastoupená je celulóza (kolem 50 %), která je předmětem chemického zpracování dřeva. Většina buněk tvořící dřevo má vláknitý charakter a tato vlákna jsou uspořádána v podélném směru (rovnoběžně s vertikální osou kmene).

Základní členění vlastností je na fyzikální a mechanické. **Fyzikální vlastnosti** jsou ty, které můžeme zkoumat bez porušení celistvosti materiálu. K fyzikálním vlastnostem patří především hustota, vlhkostní vlastnosti, povrchové a optické vlastnosti (barva, lesk), tepelné vlastnosti, akustické vlastnosti a elektrické vlastnosti.

Vlhkostní vlastnosti popisují vztah dřeva a vody. Vzhledem k hygroscopické povaze dřeva se voda vždy ve dřevě vyskytuje. Vlhkost je procentické vyjádření množství vody ve dřevě. Existují dva způsoby vyjádření vlhkosti, a to vlhkost absolutní a vlhkost relativní. V případě absolutní vlhkosti je hmotnost vody ve dřevě vztažena k hmotnosti vysušeného vzorku, v případě relativní je hmotnost vody vztažena k hmotnosti vlhkého vzorku. Je třeba vždy rozlišovat, o jaký způsob vyjádření vlhkosti se jedná. Množství vody vázané v buněčných stěnách ovlivňuje rozměry dřeva. S rostoucím množstvím vody se do nasycení buněčných stěn dřevo zvětšuje, bobtná. Naopak při snižování obsahu vody v buněčné stěně dřevo své rozměry zmenšuje, sesychá. Bobtnání a sesychání má anizotropní charakter a zásadně ovlivňuje využití dřeva.

Hustota je obecně definovaná jako množství hmoty soustředěné v jednotce objemu (vyjadřuje se v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ nebo $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Hustota patří k hlavním kvalitativním ukazatelům dřeva. To je dané skutečností, že velice těsně koreluje s dalšími vlastnostmi dřeva, především mechanickými vlastnostmi. Dřevo s vysokou hustotou má tak vysokou pevnost a naopak. Na základě znalosti hodnoty hustoty je možné posoudit vhodnost dřeva pro dané účely. Má význam i při nákupu, prodeji a zpracování, kdy nás hodnota hustoty informuje, jaké množství dřevní hmoty je obsaženo v objemové jednotce. Dřevo je hygroscopický materiál, který neustále mění svou hmotnost a rozměry. To má vliv i na hodnotu hustoty. Při vyjádření hustoty je nezbytné specifikovat vlhkost, pro kterou byla stanovena. Nejčastějším způsobem je stanovení hustoty pro 0% nebo 12% vlhkost. Další možností vyjádření je takzvaná konvenční hustota, která je definovaná jako podíl sušiny dřeva a objemu čerstvého dřeva (buněčné stěny plně nasycené vodou). Díky heterogenitě stavby dřeva podléhá hustota variabilitě, a to především v závislosti na dřevině. Hustota dřeva našich

domácích druhů se pohybuje přibližně v intervalu 400 – 800 kg.m⁻³ (při 12% vlhkosti). Díky chemickému složení nemůže hustota dřeva překročit přibližně hodnotu 1 500 kg.m⁻³.

Mechanické vlastnosti vyjadřují, jak dobře materiál odolává působení vnějších sil. V případě dřeva mají výrazně anizotropní charakter. K mechanickým vlastnostem ředíme pevnost (například v ohybu, tlaku, smyku nebo tahu), pružnost, houževnatost, tvrdost, případně technologické vlastnosti (štípatelnost, ohýbatelnost apod.). Příznivý poměr mezi pevností dřeva a jeho hmotností ho předurčuje ke konstrukčním účelům. Vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti významných hospodářských dřevin uvádí Tab. 2.

Tab. 2: Vlastnosti dřeva vybraných zástupců domácích dřevin (podle Wagenführa 2007)

	smrk ztepilý	borovice lesní	dub letní	buk lesní
hustota* (kg.m ⁻³)	470	510	690	720
sesychání objemové (%)	11,6-12,0	11,2-12,4	12,6-15,6	17,9
pevnost v ohybu kolmo na vlákna* (MPa)	78	80	88	123
pevnost v tlaku podél vláken* (MPa)	50	55	61	62
rázová houževnatost* (J.cm ⁻²)	4,6	4,0	6,0	10

*... při 12% vlhkosti dřeva

Jak již bylo dříve zmíněno, biologický charakter a způsob tvorby způsobuje, že vlastnosti dřeva jsou značně variabilní. A to nejen mezi jednotlivými dřevinami, ale i v rámci druhu. Mezi faktory, ovlivňující vlastnosti dřeva, patří zejména dřevina, vlhkost, chemické složení, věk stromu, poloha v kmeni, šířka letokruhů, podíl letního dřeva, stanoviště, nadmořská výška nebo pěstební opatření. V případě mechanických vlastností pak také hustota. S proměnlivostí je nezbytné při využívání dřeva počítat a hodnoty uváděné v literatuře, na rozdíl třeba od kovů, brát jako orientační.

5.2.6 KVALITA DŘEVA

Kvalita dřeva je účelový pojem, který je třeba chápat ve vztahu ke konkrétnímu výrobku nebo způsobu využití dřeva. Jiné nároky jsou kladeny na dřevo pro energetické účely nebo na výrobu papíru, a jiné zase na dřevo pro výrobu nábytku nebo na mechanicky namáhané konstrukce.

Kromě dimenzí (průměr, délka, objem kmene) nebo druhu dřeviny (např. jehličnaté x listnaté) se často ve zpracovatelském průmyslu setkáváme s vyjádřením kvality jako souborem požadovaných vlastností dřeva. Může to být vysoká hustota, dostatečná pevnost a tvrdost, nebo odolnost proti povětrnostním podmínkám, které budou předurčovat daný druh dřeva pro konkrétní účel využití.

Jako další parametr pro hodnocení kvality dřeva se používá přítomnost vad, které naopak (na rozdíl od vlastností) využití dřeva limitují, snižují výtěž, znesnadňují zpracování nebo postihují vzhled. Vada je definovaná změna vnějšího vzhledu dřeva, porušení jeho pravidelné struktury, odchylky od normální stavby dřeva, které nepříznivě ovlivňují jeho účelové využití. Podobně jako termín kvalita, je i pojem vada relativní, vztažený ke konkrétnímu způsobu zpracování a využití (Obr. 26). Druh vad a jejich četnost jsou využívány při zařazení surového dříví do kvalitativních tříd, které jsou jednoznačně definovány v příslušných pravidlech (normách, předpisech).

Pro některé oblasti využití dřeva na výrobky z vyšší případnou hodnotou (dýhy, nábytek apod.) je důležitým parametrem vzhled (estetická kritéria).



Obr. 26: A – Boulovitost patří k vadám tvaru kmene, které omezují možnosti pilařského zpracování a využití řeziva v konstrukcích. B – Boule jsou díky své originální textuře dřeva cíleně vyhledávány při výrobě dých.

SHRNUTÍ KAPITOLY

V první části této kapitoly jsme se zabývali dostupností dendromasy a konkrétně dříví jako obnovitelného biologického zdroje v Evropě, jejích makroregionech a v České republice. Z oficiálních statistických dat můžeme vidět, že v Evropě lesů přibývá, ať už z hlediska jejich plochy, či zásob dříví, které se v těchto lesích nachází. Podobně i v České republice je dlouhodobý trend z tohoto hlediska pozitivní – plochy lesů i zásob dříví v nich přibývá, resp. po dlouhou dobu přibývalo. V posledních několika letech v důsledku rozsáhlé kalamity podkorního hmyzu došlo k úbytku zásob dříví – objem vytěženého dříví přesáhl agregovaný přírůst. Je otázkou, jak dlouho tento trend bude pokračovat a jak se s možnostmi, které nastala situace nabízí čeští lesníci vypořádají tak, aby na jedné straně udrželi konkurenceschopnost české lesní bioekonomiku a na druhé straně pěstovali lesy odolné vůči klimatické změně a různým jiným výzvám, před kterými společnost stojí.

Ve druhé podkapitole jsme se věnovali vlastnostem dřeva. Dřevo, jako hlavní složka dendromasy, reprezentuje přírodní obnovitelný materiál s nulovou uhlíkovou bilancí. I přes objevy nových materiálů jsou oblasti využití, kde je dřevo nenahraditelné. Jeho význam a využití ve společnosti v budoucnu poroste, tak jak budou ubývat neobnovitelné suroviny. Důvodem jeho rozšíření a využívání jsou jeho příznivé vlastnosti. Pro jeho správné zpracování a vhodné využití je ale třeba zohlednit jeho specifika ve srovnání s jinými materiály. Je to především značná proměnlivost stavby a vlastností, nízká odolnost proti povětrnostním vlivům a dřevokazným organismům, hygroskopický charakter, odlišné vlastnosti v závislosti na směru a pro některé účely i hořlavost.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Zhodnoťte, jakou plochu zabírají hospodářské lesy v jednotlivých regionech Evropy. Jaká je průměrná lesnatost v Evropě?
2. Seřadte jednotlivé evropské regiony dle výše hektarových zásob.
3. Jaký podíl agregovaného přírůstu v evropských lesích evropsští lesníci vytěží a jaký podíl z lesa odvezou?
4. Uveďte minimálně čtyři přednosti dřeva ve srovnání s jinými konvenčními materiály.
5. Objasněte pojem hygroskopicitu dřeva. Jakým způsobem ovlivňuje využití dřeva?
6. V jakém rozpětí se pohybuje hustota dřeva našich domácích druhů dřevin?

POUŽITÁ LITERATURA:

- Gandelová, L., Šlezingerová, J. a Horáček, P., 2002. *Nauka o dřevě*. 2. vyd. Brno: MENDELU, 176 s. ISBN: 80-7157-577-1.
- Klír, J., 1981. *Vady dřeva*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 232 s.
- Kozłowski, T. T. and Pallardy, S. G., 1997. *Physiology of woody plants*. 2. ed. Elsevier. 411 s. ISBN: 978-0-12-424162-6.
- Shmulsky, R. and Jones, P. D., 2011. *Forest products and wood science: an introduction*. 6. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 477 pp. ISBN 978-0-8138-2074-3.
- Tsoumis, G., 1991. *Science and technology of wood – structure, properties, utilization*. New York: Chapman and Hall, 497 pp. ISBN 0-412-07851-1.
- Wagenführ, R., 2007. *Holzatlas*. Leipzig: Fachbuchverlag, 816 s. ISBN 978-3-446-40649-0.
- Walker, J. C., 2006. *Primary wood processing: principles and practice*. 2. ed. Dordrecht: Springer, 596 pp. ISBN: 978-1-4020-4392-5.
- Forest Europe. 2020. State of Europe's forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe – FOREST EUROPE, Zvolen, SR. Online [https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf] přístup: 4.8.2022.
- The European Commission's Knowledge Centre fo Bioeconomy, 2018. *Brief on forestry biomass production*. Brussels, 8 s. ISBN 978-92-79-77233-7.
- Ministerstvo zemědělství, 2019. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018*. Praha, 114 s. ISBN 978-80-7434-530-2.
- Ministerstvo zemědělství, 2020. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019*. Praha, 128 s. ISBN 978-80-7434-571-5.
- Ministerstvo zemědělství, 2021. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020*. Praha, 128 s. ISBN 978-80-7434-625-5.

6 ODVĚTVÍ ZPRACOVÁVAJÍCÍ DENDROMASU

Kapitola se věnuje mechanickým technologiím dřeva, dřevařské prvovýrobě a druhovýrobě, pilařská výroba, členění a charakteristice řeziva. Další kapitola se zabývá chemickým složením dřeva a perspektivám chemického zpracování dřeva s důrazem na výrobu papíru, bioethanolu a chemickou modifikaci. Třetí kapitola věnuje pozornost inovativním technologiím a poslední kapitola se zaměřuje na energetické využití dezintegrovaného dříví.

Klíčová slova: dřevařská prvovýroba a druhovýroba, pilařská výroba, řezivo, lignin, briketování, peletování, biomasa, kompozitní materiály

6.1 MECHANICKÉ ZPRACOVÁNÍ DŘEVA

Dřevo je od pradávna spojeno s lidskou civilizací. Primitivní způsob opracování dřeva dokázali zvládnout s pomocí pěstních klínů již naši prapředkové. Je pokládáno za jednu z nejperspektivnějších surovin a zároveň jako nosný materiál budoucnosti. Dřevo je materiálem, který je díky svým jedinečným vlastnostem stále velice oblíbenou a pro fungování naší společnosti nezbytnou surovinou. Přeměna dřeva z přírodního produktu (stromu) na technicky použitelný materiál ovšem zdaleka není jednoduchá. Proces zpracování dřeva začíná již jeho těžbou. Po dosažení požadované zralosti vybraných stromů (jehličnaté 80 - 100 let, listnaté 100 - 150 let) nastává čas jejich těžby. Dlouhodobé vlivy na naše lesy (neuvážená těžba, znečišťované ovzduší, kyselá dešť, skládky odpadu, cestovní ruch apod.) jsou příčinou jejich „nezdravého“ stavu. Proto je třeba lesy chránit a využívat jejich tak aby byla zajištěna jejich ekologická hodnota a potřebná obnova. Na tohle je nezbytné myslet od samotného pěstování až po zpracování dřevní hmoty na výrobky. Při těžbě po odstranění větví, případně kořenů se stromy přibližují k těsným cestám skluzy, lanovkami, případně traktory. Odtud se dřevo odváží do skladů lesního závodu nebo častěji přímo na pilu kde se následně zpracovává za pomoci různých technologií na polotovary nebo určitý výrobek. Technologie zpracování dřeva je velmi rozsáhlá. Technologie je definovaná jako nauka o způsobech zpracování surovin, materiálů a polotovarů a o postupech výroby některého výrobku. S velmi dynamickým rozvojem vědy a techniky se technologie vyvíjí s cílem zvyšovat produktivitu práce. Při projektování technologického procesu se berou v potaz další činitele jako je pracnost výroby, složitost a dostupnost výrobních prostředků, množství odpadu, spotřeba energie, množství výrobků, nároky na pracovníky a výrobní doba. Podle těchto činitelů posuzujeme efektivitu technologického procesu.

Rozlišujeme tyto základní oblasti:

1. **mechanická technologie**, která určuje postupy zpracování dřeva mechanicky, tj. řezáním, broušením, frézováním. Při mechanickém opracování se mění tvar a rozměry, nemění se podstata a složení dřeva. Pokud v technologickém procesu převažují mechanické a fyzikální děje, jde o technologii mechanickou.
2. **chemická technologie**, která se zabývá chemickým zpracováním dřeva – jeho chemickým rozkladem. Přitom vzniká produkt úplně jiného složení i jiných vlastností (např.: papír). *Bližší viz kap. 6.2.*
3. **speciální technologie** se zabývají zpracováním dalších materiálů používaných v dřevozpracujícím průmyslu (např.: čalounická výroba, výroba nábytku a oken z plastů).

Na začátek si přiblížíme zpracování pomocí mechanické technologie. Dřevo se zpracovává ve dvou stupních. Primárně je důležité rozdělení zpracování dřeva na dřevařskou prvovýrobu a druhovýrobu. Prvovýroba obsahuje zpracování dřeva v prvotní fázi, tedy tam, kde se zpracovává surové dřevo nebo také dřevní odpad. Jelikož se jedná o prvovýrobu, tak surovinou jsou kmeny jehličnatých a listnatých stromů. Dřevařskou prvovýrobu můžeme také chápat jako zpracování dřevní suroviny na materiály a polotovary, určené pro další výrobu. Do tohoto segmentu výroby patří - pilařská výroba, výroba překližek, dých a dřevotřískových a dřevovláknitých desek. Druhovýroba zahrnuje již druhotné zpracování dřevěné hmoty, jako je výroba nábytku, výroba hraček a drobných předmětů, umělecké předměty ze dřeva, stavebně truhlářská výroba jako okna, dveře, vestavěné skříně, obklady stěn a stropů, podlahy ze dřeva a na bázi dřeva, schodiště. Tesařská výroba zahrnuje výrobu dřevostaveb a dalších dřevěných konstrukcí či už krovů, střechy, pergoly, přístřešky. Mechanickou technologii se díky různým pracovním postupům mění tvar a objem

dřeva pomocí nástrojů ve výrobek. Pro zpracování dřeva se používá několik druhů strojů a zařízení. Odborníci je dělí do několika skupin podle jejich funkcí. Vezmeme-li cestu dřeva od stromu po vznik např. nábytku, či jiného výrobku, potřebujeme několik strojů, nástrojů a zařízení. Zřejmě první stroj, který se používá při zpracování dřeva je motorová pila. Motorová pila slouží k pokácení stromu. Následně je pokácený strom odvětven a zbaven vrcholové části. Podle kvality jsou jednotlivé kusy kulatiny zařazeny do sortimentů podle druhu dřeviny a kvality.

Vzhledem k celkovému poměru zpracovaného dřeva je dobré v první řadě přiblížit pilařskou výrobu a její produkty. Pilařskou surovinou jsou části kmenů listnatých a jehličnatých stromů (surové dříví). Surové dříví je charakterizované jako poražený, odvětvený a případně odkorněný strom určený pro mechanické, chemické i jiné zpracování. Pod pojmem dříví lze chápat technický, všeobecný nebo hromadný název pro sortimenty výrobků primárního nebo dalšího zpracování skácených stromů. Naopak pod pojmem dřevo rozumíme i hmotu mezi dřevem a kambiem. Do pilařských závodů vstupuje surovina ve formě pilařské kulatiny, která se třídí podle platných norem do příslušných kvalitativních tříd. Čím je surovina kvalitnější, tím méně vykazuje vad a tím vzniká při jejím zpracování méně vedlejšího produktu (odpadu). Kvalita rozhoduje o způsobu využití, a především o finančním zhodnocení dříví. Základním ukazatelem kvality dříví je množství vad a jejich rozsah. Znalost problematiky rozeznávání vad a posouzení jejich možný dopad na zpracování dříví je nezbytné pro jakoukoliv práci se dřevem. Za bezvadné dříví se pokládá dřevo zdravé, rovně rostlé, nepoškozené, bez suků, trhlin, smolníků, prosmolů, přirozené barvy a vůně. Za vady se považují takové odchylky růstu, struktury, textury a barvy dřeva, jakož i poškození a kazy, které nepříznivě ovlivňují užitnost dříví, jeho využití a funkční vlastnosti. Vztahy mezi funkčními vlastnostmi a vadami dřeva slouží k třídění dříví podle vad. Vady se hodnotí podle velikosti, tvaru, stavu, četnosti, umístění a také podle kombinací těchto parametrů.

Vady dřeva lze rozdělit na:

- I. nepravidelnosti růstu a tvaru kmene,
- II. vady anatomické stavby dřeva,
- III. vady vzniklé působením povětrnosti, živých organismů a chemickými vlivy,
- IV. vady vzniklé při výrobě a zpracování dřeva.

Vady skupin I. a II. má dříví již v době těžby, vznikají většinou z objektivních přírodních příčin a lze je nazvat vadami prvotními. Vady skupiny III. mohou být jak prvotní, tak i druhotné. Vady skupiny IV. vznikají vždy až při těžbě nebo po ní působením člověka a lze je nazvat vadami druhotnými.

Také jako vstupní surovina mohou být i tzv. pilařské výřezy, které splňují nároky kladené na jejich rozměr a kvalitu. Ze surového dřeva se u nás spotřebuje asi třetina v neopracovaném stavu – v hornictví, ve stavebnictví, zemědělství a jako palivo. Celulózový a dřevařský průmysl zpracovává dvě třetiny surového dřeva - pily, dýhárny, překližky, výroba konstrukčních desek, výroba celulózy, vlákniny, dřevní moučky.

Požez pilařské suroviny je realizován pomocí pilařských strojů. Základním způsobem dělení dřeva při obrábění ručním i strojním je **řezání**. Je to oddělování části dřeva působením řezného nástroje. Nástroj řeže materiál řeznou hranou, která se nazývá břít (ostří).

Podle počtu břitů rozlišujeme nástroje.

- s jedním břitem, tj. elementární (nůž, hoblíkové želízko, dláto apod.),
- s více břity (např. pilové nástroje, frézy).

Nejčastějším způsobem dělení dřeva je řezání pilovým nástrojem. Vlastní funkční částí pilových nástrojů je ozubení. Jeho tvar závisí na druhu řezaného materiálu a způsobu řezání vzhledem ke směru vláken dřeva. Každý nástroj je charakterizován určitými řeznými úhly, jejichž velikost určuje geometrii nástroje. Už v první části pilařského provozu (Sklad suroviny) využíváme ke zpracování stoje a nástroje. V tomto skladu je dříví podrobena základním, ale velice důležitým úkonům, které jsou nezbytné pro další zpracování v pilnici. Už na skladu suroviny se rozhoduje o budoucnosti každé kulatiny a po kvalitně provedené evidenci je možné sledovat osud každého prvku na skladě v průběhu procesu zpracování. Jako poslední operace na skladě suroviny je přísun do pilnice, kde dochází k požezu suroviny.

Při zpracování dřevní hmoty v samotné pilnici (druhá část pilařského provozu) se používají jak hlavní (rámové, kotoučové, pásové pily nebo pilařské agregáty) tak i vedlejší stroje (zkracovací, omítací, stroje na zpracování vedlejšího produktu).

Hlavním sortimentem pilnice je **řezivo** (Obr. 27) vyráběné podélným rozřezáním pilařské kulatiny nebo i výřezů. Řezivo je technicky definovaný materiál získaný podélným rozřezáním vhodných sortimentů surového dříví, zejména tzv. pilařských výřezů (pilařské kulatiny). Zpravidla má alespoň dvě protilehlé plochy rovnoběžné a je tlusté nejméně 10 mm. Druhým hlavním sortimentem jsou piliny - štěpky. Jde o rozsekané kousky dřeva určené pro výrobu velkoplošných materiálů a na chemické zpracování. Doplňkovým sortimentem pilařských závodů jsou například přířezy (vlysy), parkety, parketové vlysy apod (Kvietková a Bomba, 2013).

Řezivo získáváme pomocí pořezu. Jde o komplex technologických operací, kterými specifické pilařské výřezy zpracováváme podélným dělením na řezivo. Při zpracování dřeva volíme odlišné způsoby pořezu, a to proto, abychom jednak využili některých vlastností dřeva, a pak získali vhodný materiál pro další zpracování a použití.

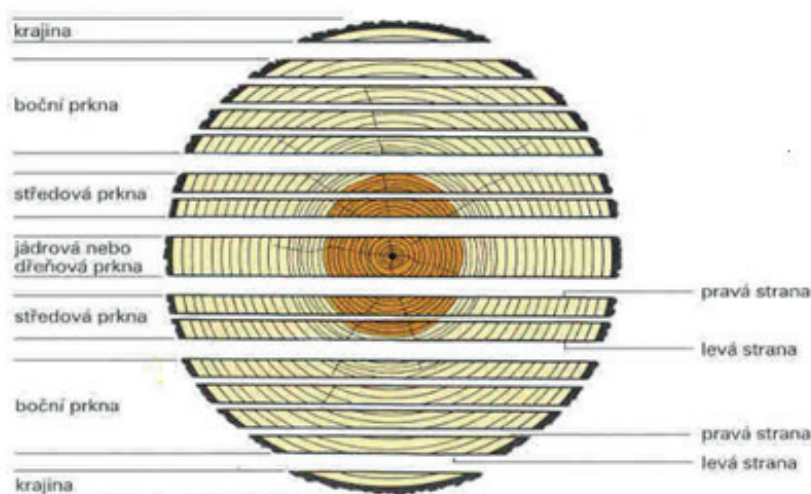
Během doby se vyvinuly tyto hlavní druhy pořezů:

- pořez na ostro,
- pořez prizmováním,
- pořez segmentový.

Na základě pořezu získáváme řezivo, které se může dále opracovávat. U řeziva se setkáváme i s pojmem přířez, který je definován jako řezivo nebo polotovár o rozměrech odpovídajících konečnému použití, dodávaný v určité vlhkosti a s určitým stupněm opracování povrchu. Podle stupně opracování se přířezy dělí na neopracované a opracované.

Řezivo se rozděluje podle tvaru a velikosti příčného průřezu na:

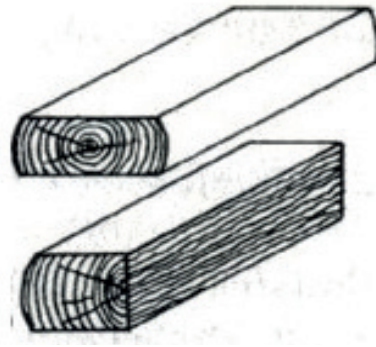
deskové řezivo - má obdélníkový příčný průřez se šířkou větší než dvojnásobek tloušťky a podle tloušťky se člení na prkna (tloušťka od 15 do 38 mm), krajínová prkna (mají tloušťku maximálně 25 mm a musí mít po celé délce levou plochu alespoň dotčenou pilou), fošny (tloušťka od 40 do 100 mm), krajiny (tloušťka od 18 do 24 mm, na levé straně jen místy dotčeno pilou, strana je oblá), kratina - vykrácená krajínová prkna.



Obr. 27: Sortiment řeziva

hraněné řezivo - v příčném průřezu má většinou pravý úhel a platí, že šířka je menší než dvojnásobek tloušťky. Člení se na hranoly (mají příčný průřez větší než 100 cm²), hranolky (mají příčný průřez 25 - 100 cm²), latě (mají příčný průřez 10 - 25 cm²), lišty (mají příčný průřez menší než 10 cm²).

polohraněné řezivo (Obr. 28) - má dvě plochy rovnoběžné a boky oblá. Patří sem trámy (mají tloušťku větší než 100 mm a šířku větší nebo rovnou 2/3 tloušťky), polštáře (mají tloušťku maximálně 100 mm) a pražce.



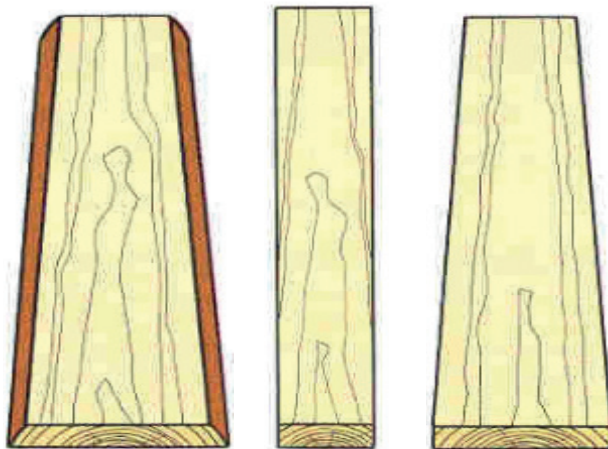
Obr. 28: Polohraněné řezivo

Řezivo podle druhu dřeviny:

- **jehličnaté** řezivo,
- **listnaté** řezivo:
 - » tvrdé (DB, BK, JS, JV, BŘ, OŘ, TŘ),
 - » měkké (LP, OL, TP, OS, VR).

Rozdělení řeziva podle způsob výroby (Obr. 29):

- **omítané řezivo** (boky s plochou tvoří úhel 90°),
- **neomítané řezivo**,
- **kapované řezivo** (čelo s plochou tvoří úhel 90°),
- **nekapované řezivo**.



a) neomítané, b) rovnoběžné omítané, c) sbíhavé omítané

Obr. 29: Způsoby výroby řeziva

V praxi využíváme i další členění v závislosti od nabídky a poptávky a to např. od účelu použita řeziva – pro výrobu lodí, pro letecké účely, pro výrobu hraček, pro výrobu železničních pražců... Všechna členění vycházejí z jakostních tříd, které nám definuje norma. Rozhodujícím kritériem stále zůstává technologická kvalita dřeva, jakož i nezastupitelná odpovědnost pracovníka provádějícího druhování dřeva s citlivým a odborným posouzením nebo i podmínky uzavřených obchodních smlouvách.

Řezivo následně putuje do skladu řeziva, co je třetí část pilařského provozu. Tady také dochází k několika operacím. Od třídění, skládání řeziva do hrání, přes sušení až balení a export.

Dřevo je široce využitelný materiál od výrobu unikátních hudebních nástrojů až po energetického využití, přičemž na možnost využití má rozhodující vliv druh dřeviny. Pro představu následující podkapitole přiblížím využití jednotlivých druhů stromů.

6.1.1 VYUŽITÍ DŘEVA JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ STROMŮ

Hospodářské dřeviny - dřeviny běžně průmyslově využívány (SM, JD, BO, BK, DB, resp. jiné listnáče než průmyslové dřevo) (Sarvašová Kvietková, 2019). V téhle podkapitole přiblížím nejvíc využívání dřeviny zatupeny na našem území.

Smrk ztepilý - *Picea abies*

V našich lesích má smrk obecný největší plošné zastoupení. Je vysazován v parcích a zahradách jako okrasný strom a v hospodářských lesích jako zdroj dřeva. Dřevo smrku je žlutobílé, nahnědlé, lesklé, letokruhy jsou dobře znatelné s pozvolným přechodem mezi jarním a letním dřevem. Smrkové dřevo patří k měkkým a lehkým dřevům. Je méně trvanlivé a odolné proti hmyzu a houbám. Použití smrkového dřeva je mnohostranné. Používá se jako stavební a konstrukční materiál, v nábytkářství a na chemické a polochemické zpracování. Ze smrků se vyrábí i některé hudební nástroje, především housle (tzv. rezonanční smrk, který je obvykle starší jak 120 let, roste v horských a podhorských oblastech v centru lesa, ideálně na severním svahu, neobsahuje suky a letokruhy jsou pravidelné a husté).

Borovice lesní - *Pinus sylvestris*

Tato dřevina je po smrku obecném naší nejvýznamnější jehličnatou dřevinou. Dřevina má oranžově hnědé jádro a širší žlutou běl. Má výrazné letokruhy, a tedy i značný rozdíl v hustotě a tvrdosti jarních a letních letokruhů. Přírozený lesk je způsobený vysokým obsahem pryskyřice. Borovice lesní poskytuje velmi dobré pružné, měkké a trvanlivé pryskyřičnaté dřevo s výraznou kresbou letokruhů. Ze všech jehličnanů má největší suky, ale používá se hojně k obrábění. Dřevo je snadno štípatelné a díky vysokému obsahu pryskyřice je trvanlivé ve vodě. Použití borového dřeva je velmi různorodé. Setkáváme se s ním ve stavebnictví, nábytkářství, truhlářství, ve výrobě sloupů, překližek a dřevotřískových desek. Běžně se borovice používá při výrobě oken, dveří, trámů, pražců apod.

Jedle bělokorá - *Abies alba*

Jedle bělokorá se anatomickou stavbou i většinou vlastností podobá smrku. Jedlové dřevo však nedosahuje jakosti smrkového dřeva, nemá pryskyřici a je méně trvanlivé. Barva dřeva je šedobílá až hnědošedá, letokruhy jsou dobře znatelné s pozvolným přechodem mezi jarním a letním dřevem. Dřevo je měkké a lehké, dobře se opracovává, suší, je lehce štípatelné a je středně odolné proti hmyzu a houbám. Použití jedlového dřeva je podobné jako u smrku. Dřevo bylo i v minulosti používáno k vodním stavbám, dále jako stavební dříví, k výrobě šindelů, sudů a v bednářství.

Modřín opadavý - *Larix decidua*

Dřevo modřínu opadavého je velmi cenné pro svou tvrdost, pružnost a trvanlivost. Dřevo má nažloutlou úzkou běl s tmavočerveným až nachovým, mírně lesklým jádrem, zařazuje se mezi středně těžká a tvrdá dřeva. Letokruhy jsou zřetelně ohraničené a je zjevný ostrý přechod mezi jarním a letním dřevem. Modřín je považován za nejhodnotnější domácí jehličnaté dřevo všestranně upotřebitelné. Používá se při výrobě nábytku, obložení stěn, na vodní stavby, v truhlářství, kolářství, v chemickém průmyslu či jako stavební dřevo. Vysoce ceněna je i pryskyřice modřínu, nazývaná benátský terpentýn.

Dub letní, dub zimní - *Quercus robur*, *Quercus petraea*

Duby jsou dlouhověké, pomalu rostoucí stromy s tvrdým, těžkým a pevným dřevem. Dřevo se dobře štípe v syrovém stavu a je vysoce trvanlivé. Dub zimní má letokruhy zpravidla užší, dřevo pórovitější, měkčí, snadněji zpracovatelné. Naproti tomu dub letní má letokruhy širší, dřevo tvrdší, těžší a hůře zpracovatelné. Dubové dřevo má rozlišeno jádro a běl, běl je úzká nažloutlá až světlehnědá, jádro světlé až tmavohnědé. Široké upotřebení má dřevo dubu zimního i letního. Používá se hojně v pilařské výrobě, ve stavebnictví, truhlářství, nábytkářství, vyrábí se z něj např. železniční pražce, sudy, dýhy a je oblíbené i jako palivo.

Buk lesní - *Fagus sylvatica*

Jeho dřevo je tvrdé, těžké, stejnoměrně husté a dobře štípatelné. Je pevné, ale málo pružné. Zpracovatelnost je velmi dobrá, zejména se dobře impregnuje, moří a leští. Vyzrálé dřevo i běl jsou světle růžové. Velmi často se u buku vyskytuje jádro nepravé, zbarvené hnědočerveně. Od pařeného buku se nepravé jádro pozná snadno zvláště na příčném řezu, protože nesleduje důsledně tvar letokruhů a jeho obrysy jsou barevně výraznější. Buk má ze všech listnáčů nejširší upotřebení. V pilařské výrobě je to nejdůležitější dřevina v rámci listnatých stromů. Využívá se v nábytkářství na výrobu překližek, dých a ohýbaného nábytku, ve stavebnictví, truhlářství, při výrobě dřívěk k nanukům, prkénka, vařečky a pro svou velkou výhřevnost je důležitým palivem.

Jasan ztepilý - *Fraxinus excelsior*

Dřevo jasanu je tvrdé, těžké, velmi ohebné a pružné, pevné a trvanlivé. Má širokou světle žlutou běl a šedohnědé jádro. Cévy jarního dřeva jsou výrazné a na podélných řezech tvoří podobně jako u dubu dobře viditelné rýhy. Zpracovatelnost je dobrá, zejména se dobře leští. V nábytkářství je oblíben k výrobě dých a obkladů, vyrábí se z něj však i násady, topírka, madla, zábradlí, tělocvičná nářadí, hokejky, baseballové pátky a hudební nástroje. Těž lyže a saně bývaly dříve převážně z jasanu.

Javor klen, mlč - *Acer pseudoplatanus*, *platanooides*

Javor má tvrdé, ohebné, pružné, méně štípatelné a venku málo trvanlivé dřevo. Anatomickou stavbou se jeho dřevo podobá buku, je však podstatně světlejší. Nemá barevně odlišené jádro, někdy se u starších kmenů vyskytuje v blízkosti dřevě tmavohnědé až černě zbarvený válec, tzv. rozšířená dřevň. Dřevo se výborně zpracovává, zejména moří a leští. Má tvrdé, krémově bílé hutné dřevo, které se používá na výrobu hudebních nástrojů, nábytku, v truhlářství, na dřevěné podlahy a kuchyňské nářadí. Je také dobrý jako palivové dřevo. Využití javorového dřeva je taky v pilařské výrobě na fošny, v nábytkářství, řezbářství a soustružnictví. Jarní míza se používá pro výrobu cukru a výrobu alkoholických a nealkoholických nápojů.

Bříza bělokorá - *Betula pendula*

Bříza má dřevo bez barevně odlišeného jádra. Vyzrálé dřevo je šedožluté až narůžovělé a matně lesklé. Značně předčí duby i jasan v houževnatosti, pevnosti v ohybu a pružnosti. Je však málo trvanlivé při venkovním využití. Chceme-li proto využít dobrých vlastností březového dřeva, je nutné použití ve vlhku a venku co nejvíce omezit. Tato dřevina má značný význam v kolářství, protože pro svou ohebnost a houževnatost nahradí téměř všechny listnáče. Je též hledanou surovinou pro výrobu okrasných dých a překližek, snadno se obrábí řezbou a soustružením a je též dobrým palivem. Bříza dokonce výborně hoří i syrová a její kůra je ideální místo papíru a suchého klestí na podpal.

Lípa srdčitá, lípa velkolistá - *Tilia cordata*, *Tilia platifolia*

Tato dřevina je bez barevně odlišeného jádra, žlutobílá, beze skvrn a barevných záběhů. Letokruhy, dřevňové paprsky i póry jsou nezřetelné. Dřevo je lehké, měkké, snadno štípatelné, dobře zpracovatelné a venku málo trvanlivé – často bývá napadáno červotočem. Jedná se o nejdůležitější dřevinu v řezbářství a uměleckém truhlářství, dále se používá v nábytkářství na překližky, v modelářství, na výrobu krovů, tužek, zátek, kancelářských potřeb a jiných výrobků.

Topol - *Populus*

Topoly jsou rychle rostoucí dřeviny se střídavými a dlouze řapíkatými listy. Mezi několika druhy tohoto rodu zaujmají důležité postavení topol černý, topol bílý a topol osika. Mají podobný vzhled a mechanické vlastnosti jako dřevo lipové. Dřevo topolu je velmi měkké, lehké, málo pevné, s menší sesychavostí a venku málo trvanlivé. Patří k nejrychleji rostoucím dřevinám v České republice a v krátké době dosahují značných výškových i objemových

přírůstků. Tato dřevina se používá hlavně v nábytkářství, protože dobře přijímá lepidlo a málo pracuje. Je též velmi vhodná na překližky, obklady, k výrobě dřevěných beden a zápalek. Je cíleně pěstována pro produkci biomasy.

Zpracováváme i jiné dřeviny, vyskytující se v malých množstvích a jejich hospodářské využití je nedocenené. Jde například o douglasku, dub cer, ořešák černý, olše lepkavá, vrby, také ovocné dřeviny, nebo listnaté keře.

Kromě primárního produktu nám vzniká i vedlejší produkt, označovaný jako odpad z dřevovýroby nebo i dřevní odpad. Při pořezu kmenů v pilařských provozech, i přes snahu maximalizovat výtěž, vzniká několik druhů odpadů. Druh odpadu závisí na strojním vybavení pilnice, způsobu zpracování a kvalitě vstupní suroviny. Odpad z pilařských závodů lze zařadit mezi biomasu použitelnou k výrobě energií. Biomasa patří mezi vhodný zdroj paliva, protože všeobecně platí, že oxid uhličitý (CO_2) uvolněný při spálení biomasy pohltí rostlina při svém růstu. Biomasa se v posledních letech stává středem zájmu jako energetická surovina. Je definována jako veškerá hmota organického původu vzniklá prostřednictvím fotosyntézy.

6.1.2 VEDLEJŠÍ PRODUKT DŘEVOVÝROBY - DŘEVNÍ ODPAD

Pohled na zpracování odpadu v pilařských provozech a v dřevozpracujícím průmyslu obecně se v posledních padesáti letech výrazně změnil. Odpady vznikající v dřevozpracujících provozech nejsou vždy vhodné přímo k energetickému využití, proto bylo vyvinuto několik způsobů úpravy těchto odpadů. Některé úpravy odpadů zlepšují jejich vlastnosti (výhřevnost, životnost strojního zařízení). Dále se musí zohlednit, v jakém zařízení bude konkrétní odpadový materiál likvidován. Při použití správné formy a druhu paliva ve správném zařízení se maximalizuje energetická účinnost.

Oproti odpadu z velkoplošných materiálů na bázi dřeva, ve kterém jsou obsaženy různé chemické látky je dřevní odpad z dřevní hmoty takřka bez „ekologických kontaminantů“. A setkáváme se s ním například v lese ve formě větví a zbytků kmene, nebo v dřevozpracujícím průmyslu ve formě různých pilin, štěpek, kůry (Obr. 30).



Obr. 30: Formy vedlejšího produktu – štěpka, palivové odřezky, piliny

Setkáváme se i s označením dřevní biomasa, kde se rozumí kusové dřevo, dřevní odpad jako je kůra, štěpka, piliny, nebo i suché části rostlin pěstovaných k účelu spalování (topol, osika, vrba, šťovík, topinambur, konopí, sloní tráva apod.).

Dřevo jako takové je pro člověka jedním z nejdůležitějších palivových zdrojů. Pro spalování je použitelné dřevo suché, s obsahem vlhkosti do cca 25 %.

Dřevo jako palivo může mít různou podobu – může být kusové nebo jako dřevěný odpad (ve formě štěpek nebo pelet). Palivo ve 21. století musí kromě energetických, environmentálních a ekonomických kritérií splňovat i kritérium vysokého komfortu a bezpečnosti při jeho spalování. Nejstarší a stále zřejmě nejoblíbenější druh biomasy, využívaný pro vytápění domácností je kusové dřevo. Jeho největší výhodou je cena a místní dostupnost. Velkým záporem však jsou vysoké nároky na skladovací prostor a v neposlední řadě také nemožnost tyto kotle výrazněji automatizovat. Požadovaná vlhkost pro spalování je okolo 20 – 25 % a této vlhkosti dosahuje až asi po roce skladování (při kácení má vlhkost v čerstvém stavu 50 %, i více). Vlhkost totiž ovlivňuje nejen účinnost spalování, ale i životnost kotle. Výhřevnost dřeva je při vlhkosti 25 % v rozpětí od 8,8 MJ/kg do 11,3 MJ/kg (buk). Největšího účinku se dosahuje při

spalování kusového dřeva ve zplynovacích kotlích. A právě proto je potřeba hledat alternativy za kusové dřevo, čím může být mechanická úprava vedlejšího produktu. Mechanickou úpravou biomasy se provádí zmenšení rozměrů kvůli zacházení a lepší spalitelnosti. Úpravy se mohou provádět pomocí stříhacích zařízení, sekaček, drtičů, lisování, briketování, peletování apod. Nejprve se biomasa vysuší ke snížení vlhkosti a následně se zpracovává. Výstupním produktem jsou tuhá biopaliva, která mají dále uplatnění v spalovacích zařízeních.

Moderní energonosič musí mít rovnoměrnou velikost frakce, hustotu, vlhkost a vhodný tvar. Technologiemi transformujícími biomasu do biopaliv s požadovanými vlastnostmi jsou technologie zhutňování. Technologie zhutňování jsou známé více než 130 let. Společným znakem všech technologií zhutňování – peletování, kompaktování a briketování je, že jde o lisování materiálu při vysokém tlaku. Nutnými podmínkami k tomu, aby byl zhutněný materiál po slisování kompaktní i bez pojiva je vhodně zvolen tlak a teplota. Další podmínkou je maximální velikost frakce, jakož i povolená vlhkost zhutňovaného odpadu a v případě překročení těchto hodnot je třeba odpad drtit a sušit. Výsledkem procesů briketování, kompaktování a peletování jsou výlisky různých tvarů a rozměrů.

Technologie využívané v procesu zpracování odpadu můžeme rozdělit do tří základních fází:

- fáze přípravy (doprava, manipulace s biomasou, skladování, čištění, sušení, třídění, drcení),
- fáze transformace (briketování, peletování, kompaktování).
- fáze využití odpadu (manipulace, doprava).

Postupný vývoj technologií na zpracování odpadu, a především výroba deskových materiálů ale znamenal odklon od využívání dřevního odpadu a v současné době se tak tyto materiály vyrábějí především z kvalitní kulatiny. Výjimku tvoří dřevotřískové desky, které se stále vyrábějí ze všech druhů odpadů, jako jsou piliny, hnědá štěpka (výroba umožňuje použití i kůry, zejména do středových vrstev), pilařské odřezky atd.

Rozeznáváme několik druhů odpadního materiálu, který dělíme hlavně podle frakce a tvaru. Nejméně vhodným odpadem je dřevní prach vznikající při broušení povrchu dřeva brusným papírem. Nejenže je tento prach zdraví škodlivý, ale též je technologicky náročnější ho v rámci strojů zachytávat (odsávat), skladovat a dále zpracovat. Využití nalézá v chemickém průmyslu, případně se přidává do lepidel jako plnidlo stejně jako technická mouka. Také se setkáváme s kusovým odpadem. Jedná se o masivní kusový odpad, který nelze dále upotřebit ve výrobě. Mezi tento odpad patří tzv. pilařské krajiny, odřezky po zkracování a vymanipulované vady. Tyto zbytky se vyznačují značně odlišnými rozměry, musí se proto dezintegrovat a vzniklé štěpky jsou nejčastěji zpracovány ve výrobě aglomerovaných materiálů nebo prodávány papírnám nebo i elektrárnám. Dalším druhem odpadu je štěpka vzniklá na sekacích strojích z odpadního dřeva nebo jako vedlejší produkt při pořezu dřeva na agregátech pomocí kuželových sekacích hlavic na jednoduché, či složené průřezy řeziva. Při zpracování se setkáváme i s kůrou. Kůra se z důvodu její velké vlhkosti omezeně hodí pro energetické účely. Proto se častěji používá pro výrobu kůrorašelinových substrátů nebo se zpracovává hydrolyzními postupy. Při zpracování kůry hydrolyzními způsoby se kůra nejprve homogenizuje. K homogenizaci kůry se používají kladivové drtičí mlýny. Tyto stroje nejsou náročné na přítomnost cizích předmětů, zejména minerálních a kovových příměsí. Pak hoblina nebo pilina vzniklá obráběním dřeva frézami nebo řezáním, ať už kotoučovými, pásovými nebo rámovými pilami. Množství odpadu vzniklé v dřevovýrobě se využívá např. k energetickým účelům buď ve formě pelet, briket, které si přiblížíme.

Výchozí surovinou pro výrobu ekologických dřevěných paliv jsou čisté dřevěné piliny. Piliny mají malé rozměry bez velkých rozdíků. Rozměry se udávají v hrubosti od 1,5 do 5 mm. Jde o sypký materiál obsahující jemné částice dřevní hmoty o různé vlhkosti, vznikají jako vedlejší produkt při mechanickém dělení dřeva řeznými pilovými nástroji. Právě u pilin je nejvíce patrný odklon od prostého spalování k průmyslovému využívání. V minulosti byly považovány za zbytečný odpad, zatímco dnes se z nich stává nedostatkový artikl. Současné využívání lze rozdělit na tři možnosti – briketování/peletování, výroba dřevotřískových desek a přidávání ve výrobě keramických cihel (Zhou a kol., 2013).

Brikety a pelety lze považovat za ekologicky velmi čisté palivo s vysokou výhřevností. Navíc jejich výroba přispívá ke zmenšování objemu odpadu dřevozpracující výroby. Jedná se o snadno transportovatelné a skladovatelné palivo. Brikety lze navíc použít v obvyklých spalovacích zařízeních na tuhá paliva.

6.1.3 ZPRACOVÁNÍ SYPKÝCH DŘEVNÍCH ODPADŮ MECHANICKÝMI POSTUPY

Briketování je nejvíce známou a rozšířenou technologií zhutňování. **Brikety** se vyrábějí z dřevěného odpadu (např. pilin, hoblin, výjimečně z kůry) vysokotlakým lisováním bez přidaných chemických pojiv a důležité je, aby se nerozpadávaly. Do briket se přidávají také hobliny a třísky z obrábění (frézování, vrtání...) a i dřevní prach. Maximální obsah kůry by neměl být vyšší než 8 % a prachových částic 20 %. Brikety jsou vyráběny z dřevních nebo rostlinných zbytků silným stlačením, které označujeme jako briketování. Hlavní princip výroby dřevěných briket spočívá v přetvoření odpadní dřevní hmoty o velkém objemu do nové ušlechtilé formy paliva, které je levné, ekologicky čisté, zabírá minimální skladovací prostor a má vysokou výhřevnost. Briketováním vzniká nový typ pevného biopaliva, řadící se svou výhřevností mezi hnědé a černé uhlí s výbornými vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace, které umožňují ekonomické skladování a vysoký komfort při vytápění v kotlích na tuhá paliva. Nespornou výhodou briket je, že materiál pro jejich výrobu je tuzemský a obvykle se přepravuje na minimální vzdálenosti. Většina výrobců dřevních briket má lis pro jejich výrobu napojen přímo na truhlářský nebo pilařský provoz. Vlhkost dřevních zbytků a tím i výhřevnost je dána vlhkostí vstupního materiálu, tedy pilin a hoblin z pilařské výroby. Vlhkost dřevního odpadu pro úspěšné briketování by se měla pohybovat v rozmezí 6 až 15 %, optimální je 11 %. Při vyšších vlhkostech vstupní suroviny by došlo v důsledku nadměrné tvorby vodní páry k roztržení vyráběných briket. Usušené dřevní zbytky jsou následně slisovány. K výrobě kvalitních dřevěných briket se nejčastěji používá výkonný hydraulický lis s tlakem až 250 barů. Po slisování se dosahuje hladkého povrchu brikety bez pórů. Tvary a rozměry jsou různé. Většinou vznikají brikety tvaru kvádrů nebo válců. Délka briket je 70 až 300 mm a průměr 50 až 60 mm (Obr. 31). Také se vyrábí i brikety s otvorem uprostřed. Tento otvor uvnitř brikety zvětšuje její povrch, umožňuje lepší přívod kyslíku a tím i dokonalejší hoření. Při výrobě briket musí být dodrženy normy. Je nutné dbát i na čistotu briketovaného odpadu. Není vhodné zamést odpad na podlaze dílny a vhodit jej do násypky. Odpad znečištěný pískem, zeminou a kamínky ničí lisovací nástroje, které pak mají zkrácenou životnost. Nevhodné pro lisování jsou odpady se znečištěnou drcenou kůrou stromů, kořeny stromů, spodní části rostlin.

Brikety mohou být různého zbarvení v závislosti na použitém druhu biomasy, na kvalitě suroviny ovlivněné vlhkostí nebo příměsí kůry a použitém technologickém procesu výroby.

Pro výrobu briket jsou známa 3 základní principy:

- a) Mechanický klikový princip - lisy pracují na principu klikového mechanismu s mohutnými setrvačníky. Vyznačují se nejvyššími tlaky v lisovací komoře, kterou opouští nekonečně dlouhá briketa, přesně krácená za výstupem odřezávací pilou. Výkonnost lisu bývá zpravidla kolem 1 t/h, tvar briket je většinou válcový, ale vyrábějí se i ve tvaru hranolu. Nejžádanějšími briketami jsou válcové brikety s vnitřním otvorem. Lépe odhořívají, protože je dispozici více povrchu pro nahřívání a oksyličování.
- b) Hydraulický princip - při tomto principu se pracuje s menšími tlaky než u mechanického klikového principu, lisy mají menší výkonnost - od 0,05 do 0,5 t/h, ale jsou levnější. Základem tohoto principu je hydraulický píst, který stlačuje materiál do formy. Lisovaná surovina musí mít nízkou vlhkost, proto se často přidává před lisovací píst sušící zařízení. Lisy jsou vhodné pro briketování stébelnin a pilin. Brikety vyrobené hydraulickým způsobem mají nižší soudržnost, než při mechanickém klikovém lisování jsou určeny pro užití v blízkosti výroby bez časté manipulace.
- c) Šnekový princip - potřebný lisovací tlak se vytváří otáčením lisovacího šneku v konické komoře. Soudržnost briket je velmi dobrá, neboť vysoké tlaky a tření materiálu na šneku ohřívají dřevo a částečně plastifikují lignin, který působí jako pojivo. Povrch těchto briket je po vychlazení pokryt ztuhlým ligninem, podobným vosku, a tak je chráněn proti vlhkosti. Nevýhodou těchto lisů je značné opotřebení šneků a komor.



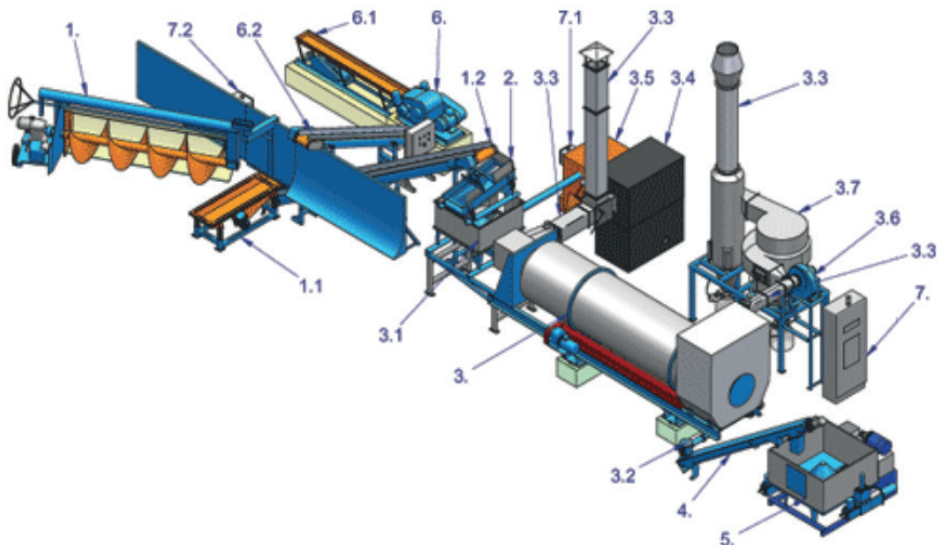
Obr. 31: Brikety

Zdroj: Scobis, 2022

Samozřejmostí je, jako u všech těchto paliv, že jsou vyráběny z obnovitelných zdrojů surovin (dřeva). Materiál pro jejich výrobu stále dorůstá, a navíc tento materiál vzniká při jiných činnostech jako vedlejší. Ani popel vzniklý při spalování briket není nijak nebezpečný a lze ho použít jako vynikající kompostový materiál. Výhřevnost se pohybuje podle dřeviny okolo 17 až 20 MJ/kg, popelnatost méně než 1 %, obsah vody méně než 10 %.

Topení dřevěnými briketami je však nejen ekologické, ale také velmi snadné a pohodlné. Jednoduše se s nimi manipuluje, neboť zpravidla jsou baleny v sáčcích po 5 kusech a dobře se skladují. Konečné zabalení výrobku je provedeno do recyklovaných PE obalů. Tak se zabrání jednak proniknutí atmosférické vlhkosti k výrobku a zároveň je s tímto praktickým balením snadná a bezprašná manipulace. Je dosaženo naprosto čistého provozu při topení.

V současnosti se setkáváme s plně automatizovanými linkami na výrobu briket.



Obr. 32: Vyobrazení briketovací linky

Zdroj: Brikliis, 2022

1. přihrnovací šnek, 1.1. vibrační dopravník, 1.2. pásový dopravník, 2. vibrační třídič, 3. sušárna, 3.1. zásobník sušárny, 3.2. vynášecí šnek, 3.3. potrubí, 3.4. kotel, 3.5. zásobník paliva, 3.6. ventilátor, 3.7. cyklon, 3.8. dopravník paliva, 4. šnekový dopravník, 5. briketovací lis, 6. nožová sekačka, 6.1. vibrační dopravník, 6.2. pásový dopravník, 7. elektrický rozvaděč hlavní, 7.1. elektrický rozvaděč kotle, 7.2. elektrický rozvaděč materiálu

U automatizovaných linek najdeme třídiče frakcí a mohou být vybaveny i sušárnou pro dosušení vstupní suroviny. Jsou vhodné i pro briketování suroviny obsahující vysokou vlhkost. V České republice je jeden nejznámější výrobce těchto linek firma BRIKLIS spol. s r.o. (Obr. 32).

Pelety se vyrábějí ze stejného materiálu i obdobným způsobem jako dřevěné brikety, liší se jen ve velikosti. Pelety jsou vyráběny z dřevních nebo zemědělských zbytků silným stlačením, které se nazývá **peletování**. Peletováním vzniká zcela nový druh dřevního paliva s vysokou energetickou hustotou, dobrými palivářskými vlastnostmi a vynikajícími vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace. Dřevní pelety se vyrábí lisováním na protlačovacích lisech. Pro soudržnost pelet má kromě tlaku význam hlavně obsah ligninu a pryskyřic ve dřevě. Výroba pelet se skládá ze sušení, drcení - mletí, napařování, peletování, chlazení a skladování.

Surovina je před lisováním vysušena na vlhkost 10 až 15 %. Pelety se většinou vyrábějí ze zbytků zpracovaného surového dřeva, které má obsah vody na úrovni 40 až 60 %. Je tedy nutné je kvalitně vysušit. Následuje drcení, protože se pelety vyrábějí z dřevních zbytků různé velikosti (piliny, hobliny, drobná štěpka), a proto je před lisováním nutné surovinu upravit na určitou zrnitost. Při výrobě pelet standardizovaného průměru 6 nebo 8 mm je požadován maximální rozměr zpracovávané dřevní částice 3 až 3,5 mm. Následuje změkčování. Přídavek vody ve formě páry v množství kolem 2 % hmotnosti suroviny se při lisování a následném ochlazení pelet vypaří a obsah vlhkosti je upraven na 11 až 14 %. Kvalita, vzhled i pevnost pelet vyrobených z napařované suroviny je mnohem lepší než ze suroviny takto neošetřené. Vstupní materiál je pod vysokým tlakem protlačován přes malé kruhové otvory ocelové matrice, přičemž se zahřívá na teplotu kolem 100 °C.

Lisy u peletování se od briketovacích lisů liší tím, že je na nich uplatněn jiný způsob lisování, a to princip protlačování suroviny matricí pomocí tlačných rolen otáčejících se v těsné blízkosti nad otvory matrice.

Tyto lisy jsou dvojího typu - podle druhu matrice:

- a) S vodorovnou, talířovou rotační matricí a systémem otáčivých rolen, které se odvalují po kruhové, talířové matrici a protlačují surovinu dolů otvory v matrici. Výkon tohoto systému je 0,5 až 1,5 t/h.
- b) S prstencovou matricí otáčející se na horizontální ose a s volně na pevných čepch otáčejícími lisovacími rolnami systém CPM (USA). Výkonnost až 5 t/h. Příkon peletovacích, granulačních lisů se pohybuje od 40 do 100 kW. Spotřeba energie činí asi 3 až 5 % energetického obsahu pelet asi 20 % nákladů na peletování.

Pelety jsou vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru, nejčastěji vyráběny v 6 – 8 mm a různorodé délce 5 – 40 mm (Obr. 33).



Obr. 33: Pelety
Zdroj: Scobis, 2022

Vyrábějí se i alternativní pelety, tzv. agropelety. Jsou vyráběny z přebytků zemědělské produkce jako je sláma, seno, odpady vznikající při čištění obilí, olejnin a luštěnin. Oproti dřevěným peletám mají vyšší obsah popela (5 %). Agropelety jsou významným zdrojem obnovitelné energie a představují značný potenciál pro ekonomický rozvoj venkova. Emise se při spalování agropelet pohybují pod povolenými normami pro spalování pevných paliv. Důležitým aspektem je, že nemohou vydat více dusíku, než spotřebovaly rostliny k růstu. Používání agropelet k vytápění a výrobě energie je významným přínosem k ochraně životního prostředí a má své ekonomické odůvodnění. Pelety, obzvláště agropelety, jsou rychleobnovitelným zdrojem energie. Výhřevnost se pohybuje podle dřeviny okolo 15 až 21 MJ/kg, popelnatost méně než 1 % (agropelety 5 %), obsah vody méně než 10 %.

Díky menší velikosti jsou vhodné pro kotle s automatickým přikládáním, čímž dosáhneme podobného komfortu jako při topení plynem a vy se nemusíte o nic starat. Přitom mají pelety všechny výhody vytápění dřevem, ale díky lisování ještě lepší energetické vlastnosti.

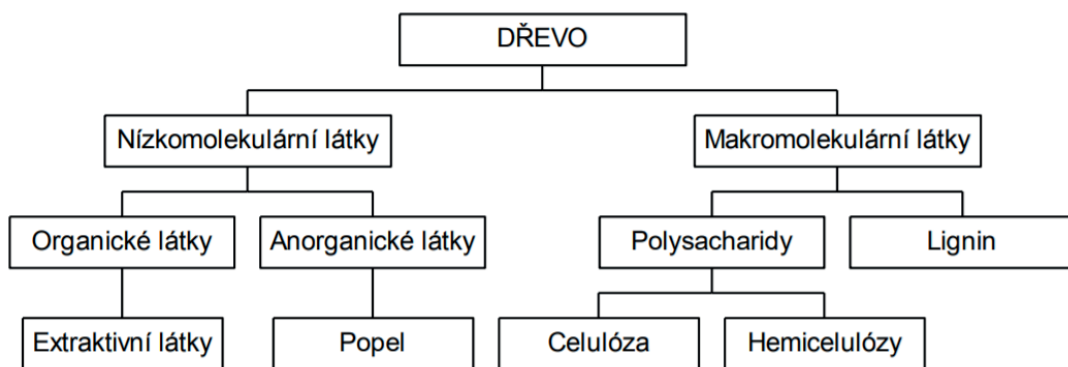
Dřevěné brikety a pelety získaly na popularitě v důsledku každoročního zvyšování cen topného oleje a zemního plynu. Používají se jako náhrada fosilních paliv v kotlích a domácích kamnech. Z pohledu ekologie při spalování fosilních paliv vzniká obrovské množství škodlivých látek. V současnosti je na ekologii kladen stále větší důraz a alternativní zdroje jsou mnohem ekologičtější. Při zpracování dřeva v provozech je spotřebováno velké množství energie, která je v dnešní době velmi cenná. To souvisí s vysokými náklady za energii. Energetickým využitím odpadů lze tyto náklady minimalizovat. Je nezbytné zabývat se otázkou všestranného využití biomasy a sledovat nové trendy v tomto odvětví.

Kompaktování je technologie zhutňování odpadu, při které je materiál o požadované frakci a vlhkosti zhutňovaný mezi dvěma proti sobě se otáčejícími hladkými nebo profilovanými válci. Tyto válce jsou podle potřeby k sobě navzájem přitlačovány. Výsledkem procesu zhutnění jsou granule nebo aglomerát deskovitého tvaru, který je po rozsekání na granule použitelný pro další zpracování, především v chemickém a hutním průmyslu. Je to nejméně používaná technologie pro zhutňování biomasy. Jak už bylo zmíněno průvodním znakem briketování a peletování je kromě vysokého tlaku také vysoká teplota při zhutňování. Právě vysoká teplota, s následnou fází „ustálení“ a pomalého ochlazování při kompaktování absentuje. Pro zlepšení pevnosti výsledného aglomerátu se proto často používá pojivo.

6.2 CHEMICKÉ ZPRACOVÁNÍ DŘEVA

6.2.1 CHEMIE A ANALÝZA DŘEVA

Dřevo z chemického hlediska se dá charakterizovat jako trojrozměrný kompozit, který je složen ze vzájemně spojených sítí celulózy, hemicelulózy a ligninu s menším zastoupením extraktivních a minerálních látek, viz Obrázek 34.



Obr. 34: Chemické složení dřeva

Zastoupení jednotlivých složek je variabilní podle druhu dřeviny, jejího stáří, ročního období, klimatických podmínek, zdravotního stavu a podle místa odběru (jádro, běl, letní či jarní dřevo, směr odběru vzorku, části rostliny; větve, kůra apod.).

Hlavní chemickou sloučeninou v živém stromě je sice voda, ale v suché dřevní hmotě jsou všechny buněčné stěny tvořeny především makromolekulárními látkami. Elementární složky dřeva tvoří zejména uhlík, kyslík a vodík, kůra a listy mají odlišné složení, kde může být i stopové množství dusíku. Kromě těchto prvků se ve dřevu nachází i další látky.

Rozsahy jednotlivých hlavních složek jsou variabilní, ale zjednodušeně lze říct, že dřevo obsahuje přibližně 35–50 % celulózy, 20–35 % hemicelulóz a 15–35 % ligninu (Čunderlík, 2009).

Minerální látky

Anorganické látky jsou bezpodmínečně nutné pro růst rostliny. V dřevě jsou anorganické neboli minerální látky jednak rozpuštěné v rostlinných šťávách, ale také vázané na mastné, uronové či pryskyřičné kyseliny, a to především pokud jsou kovového charakteru.

Množství minerálních látek se mění podle druhu dřeva, ale je také závislé na části rostliny, na klimatických podmínkách růstu, na ročním období nebo na půdních podmínkách. Extrakcí pomocí vody jsou minerální látky sníženy jen zřídka. Po spálení organické části zůstávají minerální látky jako popel.

Bohužel složení popela není shodné se složením původních minerálních látek, neboť při spálení soli organických kyselin přechází v uhličitany. Tudíž popel dřeva je tvořen primárně uhličitany, ale v menší míře i sírany, křemičitany, fosforečnany či chloridy (Červenka a kol., 1980).

Extraktivní látky

Extraktivní látky mají ve dřevu svou určitou funkci, terpeny, třísloviny, stilbeny, některé glykosidy, tuky, vosky apod. zvyšují odolnost dřeva proti biotickému poškození, a to hydrofóbností či svou potenciální toxicitou. Další, cukernaté alkoholy, rozpustné nízkomolekulové frakce polysacharidů, vitamíny, proteiny apod. jsou zásobními látkami, případně metabolity, a naopak mohou stabilitu vůči biotickým vlivům snižovat, protože většinou mají vlastnosti substrátu. Dále mohou extraktivní látky ovlivňovat vlastnosti dřeva jako je jeho výhřevnost, barevnost a další (Blažej, 1975).

Toto množství látek, je možné z něj vyextrahovat specifickými rozpouštědly organického charakteru nebo vodou. Získané látky se označují jako extraktivní a jsou zejména organického původu. Obsah a složení extraktivních látek je variabilní dle druhu dřeva, mění se podle druhu převládajících buněk, např. Parenchymatické buňky obsahují tuky a některé glukany, pokud se v epitelových buňkách nachází ve větším množství pryskyřičných kyselin.

Stanovují se pomocí extrakce. Extraktivní látky rozdělujeme do skupin podle chemické povahy a struktury, anebo podle polarit a tím dominantní rozpustnosti v rozpouštědlech. Extraktivní látky se mohou stanovovat pomocí nepolárních rozpouštědel, jako ether, petroether, benzen či toluen. Tato rozpouštědla slouží převážně k odstranění tuků, mastných kyselin a jejich esterů, pryskyřic, pryskyřičných kyselin či vosků a sterolů. Kromě nepolárních rozpouštědel se používá vody (polárního rozpouštědla), ať už horké nebo studené, do které přechází převážně soli a sacharidy. Mezi další polární rozpouštědla patří dále např. Ethanol, který vzorek zbavuje tříslovin, glukosidů či barviv. Polární rozpouštědla dobře vnikají do buněčných prostor, způsobují částečné zbobtnání buněčné stěny. Rozpouští mastné a pryskyřičné kyseliny (vosky a pryskyřice), v menší míře rozpouští tuky, ale také část sacharidických látek, tříslovin a ligninu o nízkém polymeračním stupni (Kačík a Solár, 1999).

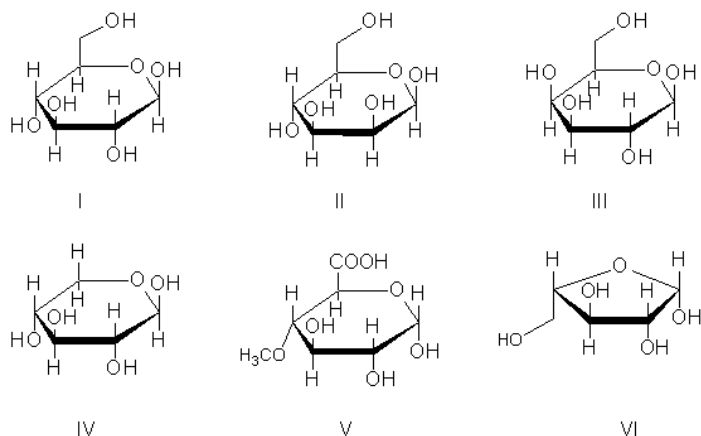
Hemicelulózy

Hemicelulózy představují skupinu látek polysacharidického charakteru, rozpustných ve ředěných loužích a snadno hydrolyzovatelných zředěnými kyselinami. Hemicelulózy lze rozdělit na nativní hemicelulózy, ty se nacházejí přímo v rostlinných materiálech, a na hemicelulózy ve vláknech, které jsou izolované z rostlinných zdrojů chemickou cestou. Z důvodu, že nativní hemicelulózy jsou ve dřevě vázány převážně ve formě lignin–sacharidického komplexu, mají úplně jiné vlastnosti než hemicelulózy v izolovaných vláknech (Kačík a Solár, 1999).

Z chemického hlediska jsou hemicelulózy pentózy a hexózy (L-ramnóza, L-fukóza, L-arabinóza, D-xylóza, D-manóza, D-glukóza a D-galaktóza), některé jsou tvořeny i polyuronovými kyselinami (4-O-methyl- α -D-glukuronovou a α -D-glukuronovou). Hemicelulózy ovlivňují fyzikální i chemické vlastnosti dřeva, tak i zpracování dřeva.

Složení a zastoupení hemicelulóz ve dřevu jehličnatých a listnatých rostlin se liší. V listnatém dřevu je v hemicelulózách nejvíce zastoupená skupina xylanů, které se od xylanů jehličnanů liší tím, že mají vázané acetylové skupiny. Xylanové řetězce u jehličnatých dřevin jsou kratší a méně rozvětvené. U hemicelulóz jehličnanů je nejvíce

zastoupená skupina glukomananů, které se od mananů listnáčů liší tím, že jejich hlavní řetězec molekuly je tvořený jedním druhem monosacharidu. Základní stavební jednotky hemicelulóz jsou uvedeny na Obrázku 35 (Požgaj, 1997).



Obr. 35: Základní stavební jednotky hemicelulóz

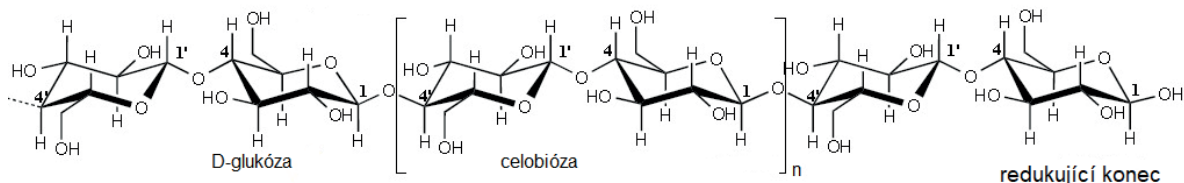
I – β -D-glukopyranóza, II – β -D-manopyranóza, III – β -D-galaktopyranóza, IV – β -D-xylopyranóza,
V – 4-O-methyl- α -D-glukuronová kyselina, VI – α -L-arabinofuranóza

Při současném trendu komplexního a účinnějšího využití biomasy se v posledních letech věnuje pozornost k využití hemicelulóz jako zdrojů biopolymerů použitelných v oblastech: obalový průmysl, potravinářství, biomedicína, farmacie, k výrobě papíru. V současné době se zkoumají i různé chemické modifikace hemicelulóz s cílem zlepšit vlastnosti původních hemicelulóz, jako jsou termoplastické vlastnosti, snížení krystalinity apod.

Celulóza

Dřevo se skládá z hlavních složek a doprovodných složek. Význam celulózy spočívá především v tom, že je to nejrozšířenější, obnovitelný a biodegradovatelný polymer. Celulóza je jednou z hlavních složek dřeva, která je obsažena v dřevinách téměř z poloviny, 35–50 %. Samozřejmě záleží, o jaký typ dřeva se jedná (jehličnany obecně obsahují více celulózy než listnáče), jeho stáří, lokalitu apod.

Základní stavební jednotkou je celobióza (Obrázek 36), která se skládá ze dvou β -D-glukopyranózových jednotek, vázaných 1,4- β -D-glykosidovou vazbou, které jsou navzájem pootočené o 180° . Tato vazba umožňuje lineární prodlužování řetězce. Řetězec celulózy probíhá přes krystalická a amorfní místa. Celulóza obsahuje až cca 70 % krystalického podílu. Čím větší je délka polymerního řetězce celulózy, tím je vyšší pevnost dřeva. Řetězce celulózy jsou delší u jehličnatých dřevin a mohou obsahovat 5000 až 12000 jednotek. Řetězce celulózy navzájem postranně drží sekundární vodíkové vazby. Tyto sekundární spojení jsou příčinou anizotropie pružnostních a pevnostních vlastností celulózy a mají vliv na anizotropii mechanických vlastností dřeva jako celku (Červenka a kol., 1980).



Obr. 36: Schématické znázornění řetězce celulózy

Přestože je celulóza chemicky stabilní sloučenina, podléhá různým typům degradace, jako je působení kyselin či alkálií, zvýšené teplotě, mechanickému působení nebo radiaci.

Izolace celulózy je velmi závislá na spojení látek v buněčné stěně. Chemické sloučeniny, jako tuky, vosky, proteiny a pektiny, lze snadno odstranit extrakcí organickými rozpouštědly a zředěnými alkáliemi. Celulóza je pojena

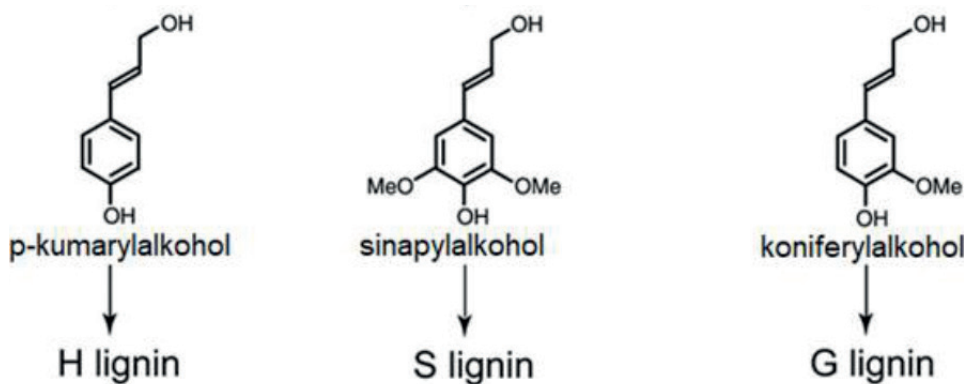
prostřednictvím různých polysacharidických vazeb s hemicelulózami a prostřednictvím hemicelulóz i s ligninem. Jejich separace vyžaduje intenzivní chemické působení (Kačík a Solár, 1999).

Hlavní průmyslový význam celulózy spočívá v tom, že je zdrojem pro přípravu buničiny, jedná se o procesy, při kterých probíhá delignifikace, tudíž se z větší části odstraní lignin, ale i hemicelulózy a extrahovatelné látky. Lignocelulózové materiály mají využití při výrobě bioethanolu 2. generace.

Lignin

Lignin je jednou z hlavních složek dřeva, 15–35 %, a je tedy nejrozšířenějším aromatickým polymerem na Zemi a druhým nejrozšířenějším polymerem po celulóze. Jeho rozložení v buněčné stěně nebo v jednotlivých částech stromu není rovnoměrné. Lignin je charakteristickou chemickou i morfologickou složkou tkání vyšších rostlin, kde se převážně vyskytuje ve vodivostních pletivech, které zajišťují, jak transport kapalin, tak i pevnostní vlastnosti. Vedle mechanické funkce má také funkci ochrannou, mechanicky zabraňuje penetraci mikroorganismů do dřeva (Fengel a Wegener, 2003).

Z hlediska chemického složení a struktury se jedná o velmi nepravidelný, náhodně zesíťovaný trojrozměrný polymer, který je složen z fenylpropanových jednotek spojených dvěma typy vazeb, tj. uhlík-uhlík (C–C) a etherového typu (C–O–C), a obsahujících dva základní typy funkčních skupin, tj. hydroxylové (–OH) a methoxylové (–OCH₃). Jednotlivé struktury ligninu jsou znázorněny na Obrázku 37.



Obr. 37: Schématické znázornění struktury ligninu

Lignin v rostlinných materiálech, v jeho nativním stavu, je schopen vytvářet s polysacharidy chemické vazby, tyto vazby ovlivňují vlastnosti dřeva v nativním stavu i při jeho zpracování různými metody (Kačík a Solár, 1999).

Lignin má vysoký energetický obsah, který ho činí výborným palivem. Tento energetický potenciál ligninu je v dnešní době využíván zejména v celulózo-papírenské oblasti. Teoreticky lze říct, že energie potřebná k izolaci ligninu ze dřeva odpovídá míře čistot buničiny bohaté na celulózu, která je výstupní surovinou rozvlákňování v celulózo-papírenském průmyslu. Energetické využití ligninu však není jediným a optimálním využitím této makromolekulární látky. Možnosti využití různě reaktivních ligninů lze přiřadit do těchto oblastí: energie spalování, papírenský a dřevozpracující průmysl, fragmentace na chemické suroviny, výroba pojiv a adheziv, použití derivátů ligninu, přísada do polymerů, karbonizace, zemědělství, biochemické zpracování a výroba kopolymerů či polymerů s novými vlastnostmi (Laurichesse, 2014).

6.2.2 CHEMICKÉ ZPRACOVÁNÍ DŘEVA

V současné době je kladen stále větší důraz na využívání rostlinné biomasy pro výrobu produktů s přidanou hodnotou. Mezi nejvýznamnější oblasti chemického zpracování dřeva v současnosti patří:

- **Celulózo-papírenský průmysl** – chemickým zpracováním dřevné hmoty se vyrábí buničina, která je výchozí surovinou pro výrobu papíru, nebo slouží k výrobě či přípravě dalších produktů (nanocelulóza, oxycelulóza apod.);
- **Tepelný rozklad** – tepelné zpracování dřeva, z kterého lze získat další průmyslové produkty, jako např. dřevěné uhlí, dřevní plyn, kyselinu octovou, methanol, aceton, různé oleje, dezinfekční prostředky a další;
- **Hydrolyza dřeva** – proces, při kterém se získají sacharidy, jako krystalická glukóza, xylóza apod., bioethanol a další alkoholy a další užitečné látky;
- **Extrakce dřeva** – umožňuje získat různé prchavé organické sloučeniny, terpentýn, pryskyřice a další.

Kromě uvedených příkladů samozřejmě existuje i celá řada dalších možností chemického zpracování rostlinných surovin a dřevné hmoty (Chartier a kol., 1995).

Výroba buničin a papíru

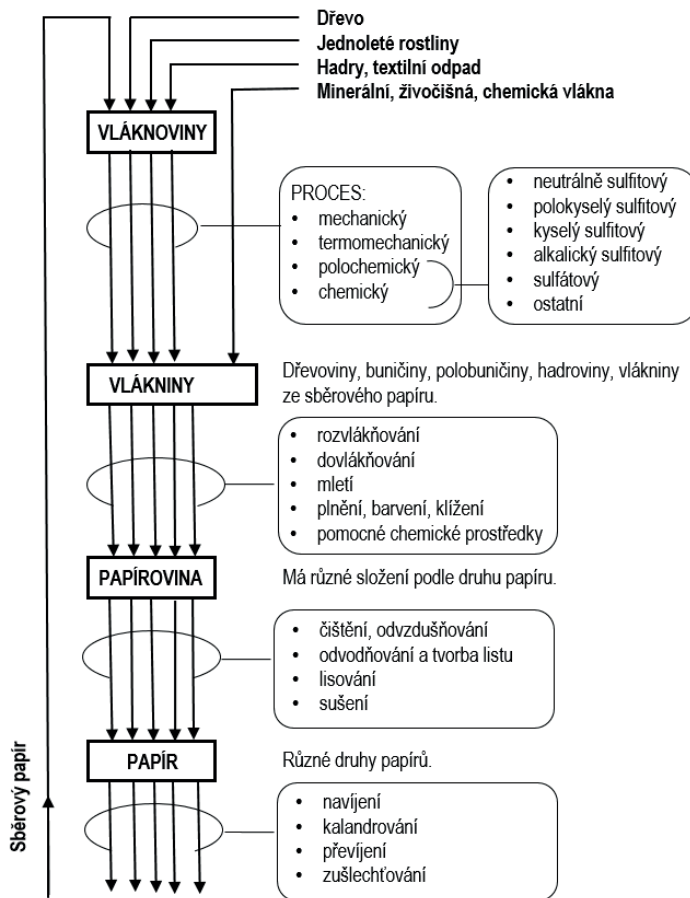
Průmysl papíru a celulózy byl vždy považován za hlavního spotřebitele dřeva a zároveň vyřešil i využívání malorozměrných lesních a průmyslových sortimentů dřeva, např. pilařských odřezků, které se v minulosti používaly jen jako palivo.

Papírenský průmysl zahrnuje, jak zpracování dřevní hmoty a výrobu buničiny, či recyklaci vláken ze sběrového papíru, tak především produkci papírů, kartonů a lepenek a jejich následné zpracování, především pro výrobu obalů. Finální papírenské produkty nacházejí uplatnění ve všech ostatních oborech nejen zpracovatelského průmyslu, ale i v polygrafickém odvětví. Světové statistiky uvádějí, že papírenský průmysl je druhým největším průmyslovým oborem, využívajícím obnovitelné zdroje, a to hned za průmyslem potravinářským (Bajapi, 2012).

Buničina je technický termín pro označení suroviny (pololátky) vláknité hmoty, která se vyrábí chemickým zpracováním dřevné hmoty. A je využívána převážně pro výrobu papíru, avšak své uplatnění nalézá i při výrobě umělých vláken, plastů a dalších.

V přírodě je mnoho surovin, z nichž je možno vyrobit dokonce kvalitní papír, avšak málo je takových, které by vedle technických požadavků splňovaly i požadavky ekonomické. Vláknoviny pro výrobu papíru musí vyhovět zejména těmto podmínkám: musí jich být k dispozici velké množství, musí být levné a procento výtěžku z nich vysoké, musí se dát snadno rozvláknit, dobře bělit, na sítu papírenského stroje dobře zplstňovat, jejich vlákno musí být dostatečně dlouhé, aby papír z nich byl pevný a v neposlední řadě náklady na jejich zpracování nízké. Těmto podmínkám odpovídají vláknité suroviny rostlinného původu a z nich je na prvním místě dřevo. Druhou vláknovinou, z hlediska zpracovávaného objemu, je sběrový papír.

Vláknoviny jsou vláknité pololátky vyrobené z vláknovin mechanicky, termomechanicky, polochemicky nebo chemicky. Zpracovávají se rozvláknováním nebo mletím. Mohou se barvit, plnit, klížit, bělit a přidávají se k nim pomocné chemické prostředky. Pomocí těchto pochodů se z vláknin připraví podle druhu vyráběného papíru a požadavků papírovina, surovina pro výrobu papíru. Na Obrázku 38 je patrné, jak se z vláknovin vyrobí vláknoviny, papírovina a papír.



Obr. 38: Vláknoviny pro výrobu papíru

Zdroj: Ekomonitor, 2013

Mezi tři základní způsoby získání vlákniny ze dřeva patří:

- **Mechanický způsob**, kdy vlákniny jsou získávány mechanickou cestou, a to pomocí broušení. Vlákna jsou rozrušena pouze mechanicky, proto vzniklá vláknina obsahuje všechny složky dřeva: celulózu, hemicelulózu, lignin a ostatní. Tato vláknina se nazývá dřevovina. V důsledku obsahu ligninu v dřevovině dochází ke žloutnutí vyrobeného papíru. Papír je méně kvalitní, ale velmi pevný. Ze dřevoviny se vyrábí lepenky, kartony a balicí papíry.
- **Kombinovaný (chemicko-mechanický) způsob**, vláknina je získávána tak, že se nejprve tzv. štěpky vystavíme chemickému působení (vodní pára-teplo/chemikálie) a poté se dále zpracovávají mechanicky. Takto získané vlákniny se označují jako polobuničina. Pro výrobu této vlákniny se používá dřevo z listnatých stromů.
- **Chemický způsob**, jedná se o chemické zpracování dřeva, které je založeno na vaření štěpek v roztoku chemikálií. Výsledný produkt nazýváme buničinou a jedná se téměř o čistá celulózová vlákna, ostatní složky jsou chemicky odstraněny. Buničinu lze vyrobit dvojím způsobem, podle typu chemikálií, které použijeme při vaření štěpků:
 - » *Sulfitový způsob*, je kyselý způsob, kdy chemickým činidlem je varná kyselina (roztok hydrogensířičitanu vápenatého a kyseliny siřičité). Doba várky trvá několik hodin při teplotě cca 110–140 °C.
 - » *Sulfátový způsob*, je zásaditý způsob, kdy k vaření dřeva je použit varný louh (roztok hydroxidu sodného a sulfidu sodného). Při tomto způsobu se vaří až 5 hodin při teplotě 180 °C.

Chemická, mechanická vlákna a chemicko-mechanická vlákna patří do skupiny tzv. komerčních vláknin, někdy se označují jako primární vlákna. Přibližně 75 % z celé produkce komerčních vláknin patří bělené sulfátové buničině. Další v pořadí je sulfátová buničina, za ní mechanická a chemicko-mechanická vlákna a nejmenší produkce připadá na nebělenou sulfátovou buničinu. Speciální skupinu tvoří hadrovina používaná pro výrobu speciálních druhů papíru v omezeném množství a recyklované vlákno (Bučko a kol., 1988).

Výroba bioethanolu

Výroba i používání biopaliv jsou spojeny s různými vlivy na životní prostředí. Využití fosilních paliv v současné době má za následek kritickou situaci environmentálního prostředí. Při jejich spalování vzniká oxid uhličitý, metan a významné množství oxidů dusíku. Většina z těchto škodlivých plynů se tvoří díky neúplnému spalování. Využití ethanolu jako paliva v motorech s vnitřním spalováním redukuje výfukové emise, a tak snižuje znečištění vzduchu. Biopaliva neobsahují síru a nepřispívají k tvorbě kyselých dešťů. Spalování biopaliv může navyšovat obsah oxidů dusíku až na 10 %, avšak nižší teploty při spalování a správné nastavení motoru může vést k poklesu těchto emisí. Ethanol, na rozdíl od některých benzinů obsahujících až 45 % aromátů, neobsahuje aromatické sloučeniny (Bučko a kol., 1988).

Biopaliva, která se vyrábějí z různých druhů biomasy, mohou být pevná, kapalná nebo plynná. Podle druhu použité biomasy je lze rozdělit do čtyř generací:

- » **První generace** jsou biopaliva vyrobená přímo z potravinářských plodin. Bioethanol se vyrábí fermentací pšenice, kukuřice, či cukrové řepy. Zatímco bionafta se vyrábí transesterifikací olejů ze semen řepky.
- » **Druhá generace** jsou biopaliva, která jsou vyráběna z nepotravinářských plodin, jako je dřevo, organický odpad a potravinářské odpady. Vyvinuta s cílem překonat biopaliva 1. generace a konkurovat stávajícím fosilním palivům.
- » **Třetí generace** reprezentují biopaliva vyrobená z řas a jiných vodních rostlin. Předpokládá se, že řasy mají potenciál vyprodukovat více energie než konvenční plodiny. Jejich výhodou je pěstování ve vodě, místo půdy pro pěstování potravin.
- » **Čtvrtá generace biopaliv** je zaměřena na produkci a používání geneticky modifikovaných organismů (GMO) nebo používání pokročilých biochemických procesů a procesů. Patří sem např. řasy na produkci energie (princip je založen na fotosyntéze řas ve fotobioreaktorech), solární technologie produkující biopaliva (princip umělých fotosyntetických zařízení) a geneticky modifikovaná vstupní biomasa pro výrobu biopaliv.

Výroba bioethanolu je založena na následujících technologických operacích:

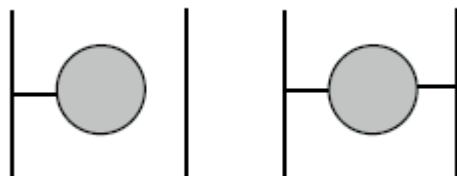
- **Provozní sklad suroviny**, technologie výroby závisí na použité vstupní surovině a její struktuře. Sledují se faktory s cílem zisku maximálního výtěžku, množství základních složek, složení a struktura hlavních složek a velikost a způsob štěpení vstupní suroviny.
- **Čištění a úprava biomasy**, podle druhu a formy dodané biomasy je potřeba dodanou surovinu odkornit, připravit na štěpky o vhodné velikosti.
- **Předúprava biomasy**, krok, při kterém je rozrušena krystalická struktura celulózy, dochází k narušení ligninových obalů a částečně k odstranění hemicelulóz. Tento proces zvyšuje přístupnost enzymů ke krystalické struktuře celulózy a částem hemicelulóz. Metody předúpravy mohou být mechanické, fyzikální a chemické. Vhodná je předúprava při použití vody, kdy je za nevhodnější alternativu považována tzv. parní exploze. Teplota a čas působení klíčového faktoru vybrané metody ovlivňují uvolnění co největšího množství sacharidů z biomasy. Snižují výtěžky cukrů a způsobují inhibici enzymatické hydrolýzy. Proto je třeba najít vhodnou kombinaci teploty a času předúpravy pro maximální uvolnění cukrů a jejich minimální degradaci.
- **Enzymatická hydrolýza celulózy a snížení viskozity**, jedná se o kapalnění naimpregnované a předupravené biomasy v I. stupni dvoustupňových reaktorů za účelem snížení viskozity směsi. Cílem je získat fermentované sacharidy ustálené koncentrace.

- **Detoxikace inhibitorů**, před samotnou fermentací probíhá proces detoxikace inhibitorů, které vznikají během předúpravy a hydrolýzy. Tento krok probíhá z důvodu zefektivnění fermentačního procesu a realizuje se použitím chemických činidel (např. vápna), fyzikálně (např. iontovou výměnou) či biologicky (in situ).
- **Fermentace**, neboli zkvašování zajišťuje konverzi jednoduchých sacharidů na ethanol. Může být realizována samostatně či simultánně s hydrolýzou.
- **Čištění, destilace a dehydratace ethanolu**, je posledním krokem při výrobě bioethanolu, jedná se o jeho izolaci z média pomocí destilace, při které vzniká azeotropická směs s obsahem 4 % vody a 96 % ethanolu. Zbytková voda z azeotropické směsi se může odstranit pomocí např. molekulových sít.
- **Zpracování vedlejších produktů**, hlavní složkou emisí, které vznikají při fermentaci a destilaci je oxid uhličitý. Kromě oxidu uhličitého vznikají při výrobě i velmi těkavé frakce acetaldehyd, ethylacetát, methanol, vyšší alkoholy, těkavé mastné kyseliny, směs vyšších alkoholů, tuhý zbytek, lignin apod. (Kočan, 2009).

Chemická modifikace dřeva

Dřevo je sice obnovitelný zdroj suroviny, pro jeho optimální využití je však potřeba jej chránit před mnoha vnějšími faktory. A k tomu právě slouží různé metody jeho modifikace. Tyto metody slouží především k zachování jeho pozitivních vlastností jako je pevnost, pružnost, nízká hmotnost apod. Zároveň i k eliminaci těch negativních vlastností, např. rozměrová nestabilita vlivem vlhkosti, nízká biologická odolnost, hořlavost apod. Mezi neúčinnější a v současnosti nejpoužívanější metody patří chemická a termická modifikace (Sjöström, 1993).

Chemická modifikace je založena na reakci funkčních skupin použitých chemikálií s reaktivními částmi polymerů buněčné stěny dřeva, což může způsobovat nové vlastnosti modifikovaného dřeva. Výsledkem při chemické modifikaci je vznik jednoduché kovalentní vazby s jednou -OH skupinou nebo síťování mezi dvěma či více -OH skupinami, Obrázek 41. Pro chemickou modifikaci dřeva se používá množství sloučenin, z nichž nejpoužívanější jsou: anhydridy karboxylových kyselin, acyklické a cyklické anhydridy, keteny, karboxylové kyseliny, halogenidy karboxylových kyselin, aldehydy a další.



Obr. 39: Schematické znázornění vzniku vazeb při chemické modifikaci dřeva

Chemické modifikační látky cíleně reagující se stavebními složkami dřeva by měly splňovat dobrou penetrační schopnost na průnik do mikrokapilár buněčných stěn dřeva, dostatečná reaktivita s -OH skupinami dřeva v neutrálním nebo slabě kyselém prostředí i při teplotách pod 120 °C a vytvoření stabilních kovalentních vazeb se složkami dřeva (Hill, 2006).

6.3 INOVATIVNÍ TECHNOLOGIE

6.3.1 MATERIÁLOVÉ VYUŽITÍ LIGNINU

Materiálové využití ligninu v porovnání s energetickým využitím představuje jeho lepší zhodnocení, a to až tisíckrát.

Existují široké možnosti, jaké produkty lze z ligninu vyrábět. Omezíme-li se pouze na produkty v dřevozpracujícím průmyslu, pak lze z ligninu vyrobit lepidla, nátěrové hmoty či impregnační látky. Jedná se o velmi rozmanitou škálu produktů, kdy v některých pryskyřicích lignin figuruje pouze inertně jako plnivo, jinde jako reaktivní složka. Lignin je získán z buněčných stěn při výrobě celulózy. V závislosti na původu ligninu a na jeho konkrétním použití je zpracováván různými kondenzačními, repolymerizačními, depolymerizačními či stabilizačními procesy. Velmi zajímavá cesta je obohacování ligninu o fenol (organická sloučenina široce používaná v chemickém průmyslu), přičemž pomocí této metody vytváříme fragmenty ligninu, které jsou reaktivnější než samotný lignin, a tedy i vhodnější pro další chemické zpracování.

Lignin získáváme i při výrobě biopaliv druhé generace z lignocelulóзовých materiálů (tedy např. štěpky nebo slámy) a při ní je lignin rovněž využíván v případě konvenční biorafinace dále pro energetické účely. Při výrobě biopaliv je však možné použít i moderní frakcionaci, kdy jsou využity pouze hemicelulózy, samotná celulóza je pak využita pro výrobu vláken či nanovláken – tedy velmi hodnotných materiálů. Lignin a další látky obsažené ve dřevě nejsou spáleny, ale využity materiálově v produktech s vyšší přidanou hodnotou. Obr. 40 zachycuje vysušený alkalický lignin, který vznikl při výrobě buničiny. Tento materiál ve formě prášku může být přímo použit pro další zpracování.

V současné době je na Fakultě lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze (FLD) vyvíjena metoda peletizace práškového ligninu, a to nikoli za účelem pálení pelet, ale pro jednodušší manipulaci a transport ligninu. Při výrobě takových pelet je zásadním požadavkem, aby se lignin při lisování nespékal. Pro další zpracování (výroba pryskyřic na bázi ligninu) je totiž důležité, aby byly pelety z ligninu dobře rozpustné ve vodě či jiném rozpouštědlu. Tyto pryskyřice je pak možné využít při výrobě vysokotlakých laminátů, překližek, dřevovláknitých desek nebo i jiných kompozitních materiálů na bázi dřeva.



Obr. 40: Vysušený alkalický lignin

6.3.2 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY Z RECYKLOVANÉHO DŘEVA

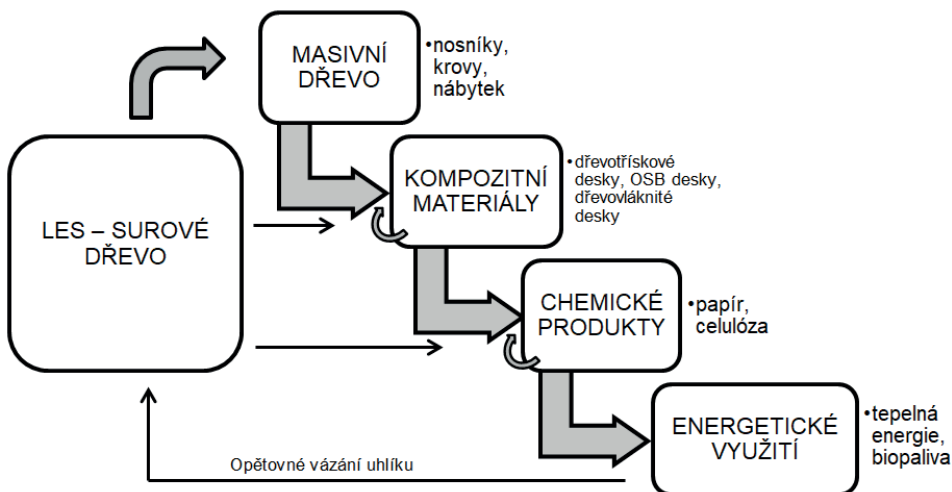
Recyklované dřevo je dřevo, které pochází z výrobků ze dřeva nebo z materiálů na bázi dřeva po konci jejich životnosti a je cennou surovinou pro výrobu dalších materiálů. Vhodnými materiály, které se již dnes komerčně z recyklovaného dřeva vyrábí, jsou dřevotřískové desky a OSB desky. Pro tyto plošné materiály se používá dřevo recyklované z následujících produktů: obalový materiál (palety, dřevěné obaly, bedny), stavební dříví (trámy, desky, prkna), truhlářské zbytky (surové, laminované a dýhované desky), nábytek. Recyklace dřeva, zejména pak v podobě vícestupňového kaskádového využívání dřeva, může významně napomoci řešení nemilosrdného odhadu, podle něhož bude v roce 2030 chybět v Evropské unii přes 300 milionů m³ dřeva (Hýsek, Hýsková, Habán, 2021). Tak vysoký deficit bude způsoben zejména díky rostoucímu využívání surového dřeva pro energetické účely. Lze tedy předpokládat, že produkce kompozitních materiálů z recyklovaného dřeva v budoucnu poroste a poroste i procentuální zastoupení dřevního recyklátu v různých materiálech na bázi dřeva.

Příklad několikastupňové recyklace dřeva je uveden za obrázku 41. Surové dřevo není ihned spalováno, ale je použito nejprve pro výrobu konstrukcí z masivního dřeva např. krovů, nábytku či palet. Po skončení základní životnosti výrobků z masivního dřeva jsou tyto výrobky dezintegrovány a jsou z nich vyrobeny třískové desky (dřevotřískové desky, OSB desky). Z těchto třískových desek mohou být následně dále vyrobeny hodnotné chemické produkty (papír nebo celulóza). Až jako poslední, tedy čtvrtý stupeň, lze zařadit energetické využití vysloužilých produktů. Přičemž samozřejmě i popel z tohoto pálení lze také využít, a to jako přísadu do stavebních materiálů.

V celé kaskádě existuje i několik přemostění směřujících tok materiálu surového dřeva přímo na druhý nebo třetí stupeň kaskády. Z důvodu nedostatečného disponibilního množství recyklovaného dřeva nebo pro zajištění kvality výrobků na druhém a třetím stupni (výroba třískových desek a výroba chemických produktů) je možné částečně uspokojovat poptávku po surovině přímo surovým dřevem. Rozhodně však není nutné tok surového dřeva vést přímo k energetickému využití, bez předchozího využití ve vyšších stupních kaskády. Druhým typem přemostění je využití vedlejších produktů z pilařského zpracování surového dřeva na prvním stupni kaskády (štěpka, piliny) přímo při výrobě materiálů na bázi dřeva nebo chemických produktů (papír, celulóza). Na obrázku 41 můžeme rovněž identifikovat existenci zpětnovazebných smyček. Tyto smyčky se uplatňují na druhém a třetím stupni, kdy lze úspěšně recyklovat a k výrobě toho samého produktu použít již vysloužilé produkty z těchto stupňů (kompozitní materiály na bázi dřeva, papír).

Celý systém samozřejmě předpokládá důsledné třídění výrobků ze dřeva a z materiálů na bázi dřeva. Právě zde je však v České republice slabé místo. Těto skutečnosti si je vědom i zákonodárce, a to jak na úrovni vnitrostátní, tak i evropské. Zásadní ustanovení, které je v této souvislosti nutno brát v potaz, je ustanovení § 21 odst. 7 zákona o odpadech ve znění účinném od roku 2020, které mimo jiné určuje, že je zakázáno na skládky ukládat recyklovatelný a využitelný odpad. Tento ambiciózní plán byla Česká republika připravena splnit, ale vzhledem k posunu tohoto cíle v rámci celé EU (směrnici 2018/850/EU) byla účinnost tohoto zákazu posunuta až na rok 2030. Je tak zřejmé, že jakási aktivita je v souvislosti s tímto nedostatkem vyvíjena, ale její účinnost nastane nejdříve v roce 2030. Do té doby je samozřejmě možné dřevo dále využívat tak, jak se tomu již několik let děje jak v Belgii, kde se materiálově zpracovává několiknásobně více recyklovaného dřeva, než dřeva surového, tak například v Německu, kde recyklaci dřeva upravuje speciální právní předpis. Je jistě zajímavé, že od roku 2003 se v Německu dřevní odpad neukládá na skládky. Není tak nutné čekat na stanovení zákazu novým zákonem a je možné jednat ihned. Ostatně i v České republice jsme podobné snahy již zaznamenali.

Průkopníkem ve využívání recyklovaného dřeva a největším zpracovatelem této suroviny v České republice je společnost Kronospan CR, spol. s r.o. Tento výrobce kompozitních materiálů na bázi dřeva již využívá recyklované dřevo při výrobě dřevotřískových desek, a to v hmotnostním podílu až 50 %. V polovině roku 2022 byla dále spuštěna výroba OSB desek rovněž až s polovičním podílem dřevního recyklátu v celé desce. Společnost tak nachází pro tento materiál uplatnění, avšak i přes maximální snahu získávat dřevo ze sběrných dvorů, není schopna svoji poptávku po recyklovaném dřevě v České republice uspokojit a je nucena v posledních letech dovážet ze zahraničí, zejména z Německa, více než 50% potřebného dřevního recyklátu. A to i přes to, že ze sběrného dvora je možné dodat jakýkoli tvar, velikost, povrchovou úpravu nebo stáří již jednou použitého produktu ze dřeva, protože společnost Kronospan CR, spol. s r.o. je schopna tento materiál zpracovat do stavu, který umožňuje další použití.



Obr. 41: Příklad kaskádového využití dřeva

6.3.3 DŘEVOPLASTOVÉ KOMPOZITNÍ MATERIÁLY

Dřevoplastové kompozitní materiály (Wood-Plastic Composites, WPC) jsou vyráběny ze směsi velmi jemných dřevních elementů (nejčastěji mouky nebo vláken) a polymeru. Hlavní motivací pro smísení těchto dvou odlišných materiálů je výroba produktů, které mají vlastnosti kombinující výhody obou dvou vstupních surovin. Zatímco dřevní elementy plní úlohu plnidla a vyztužovacího materiálu, polymer představuje matici, která vyplňuje prostory mezi dřevními elementy, chrání dřevní elementy před okolním prostředím a přenáší na ně působící síly. Pro matici se používají termoplasty s teplotou tání menší než 200 °C (nejčastěji polyetylen, polypropylen nebo polyvinylchlorid). Nízká teplota, při které lze dřevoplastové kompozity vyrábět, vylučuje použití např. polyethylentereftalátu (PET). Poměr dřevo/plast se pohybuje nejčastěji v rozmezí 40 – 70% dřeva a 25 – 55% polymeru. Až 5% tvoří aditiva, jako např. pigmenty, stabilizátory, UV-stabilizátory, lubrikanty, biocidní prostředky, katalyzátory, smáčedla a retardéry hoření.



Obr. 42: Ukázka vstupních surovin pro výrobu WPC

Vlastnosti

Dřevoplastové kompozitní materiály mají lepší rozměrovou stabilitu nežli masivní dřevo. Při obsahu dřeva méně než 50% je nasáklivost a bobtnání velmi malé. Nasáklivost a bobtnání se však zvyšuje postupným stárnutím (UV degradací) materiálu. Oproti dřevu jsou dřevoplastové kompozity téměř bezúdržbové a nepodléhají tvorbě trhlin a borcení. Optimální poměr dřevo/plast závisí na konečném použití produktu. Vysoký obsah dřevních částic způsobuje zvýšenou nasáklivost a nižší odolnost proti hnilobě, na druhou stranu snižuje cenu vstupního materiálu. Poměr dřevo/plast rovněž ovlivňuje výrobní parametry a fyzikální a mechanické vlastnosti kompozitu. S rostoucím obsahem dřeva roste modul pružnosti v ohybu, modul pružnosti v tahu, houževnatost a hustota. S rostoucím obsahem termoplastu roste pevnost v ohybu a tahu, prodloužení a klesá bobtnání. Vzhledem k obsahu termoplastu mají dřevoplastové kompozitní materiály nižší pevnost a tuhost a vyšší tečení než masivní dřevo. Vlastnosti kompozitního materiálu jako pevnost, nasáklivost a odolnost proti biologickému napadení (především hnilobě), jsou ovlivňovány i velikostí dřevních elementů. Obecně jsou tyto vlastnosti lepší s klesajícími rozměry dřevních částic. Avšak velmi malé částice mají tendenci se shlukovat a je obtížné promíchat směs dřeva a plastu tak, aby byla každá dřevní částice obalena polymerem. Vysoká odolnost dřevoplastových kompozitů proti povětrnosti má být zaručena důkladným obalením dřevního elementu polymerem. Početné výzkumy nicméně ukazují, že tomu především v povrchové vrstvě tak není. Dřevní elementy v povrchových vrstvách mohou snadno dosáhnout vlhkosti vyšší než 30%, která je vyhovující pro napadení houbami a plísněmi. Vyhnívání částic z povrchové vrstvy vede ke zdrsnění povrchu a postupu vlhkosti a hniloby hlouběji do profilu WPC. Tento jev spolu s UV degradací polymeru může způsobit výrazný váhový úbytek materiálu spojený se zhoršením dalších fyzikálních a mechanických vlastností kompozitu. Proces stárnutí a degradace WPC je však velmi pomalý a většina výrobců garantuje záruku delší než 10 let.

Použití

Průmysl zaměřující se na výrobu dřevoplastových kompozitních materiálů je velmi rychle rostoucí odvětví a výrobky z WPC nalézají stále širší uplatnění. Téměř polovina celosvětové produkce WPC je realizována na trzích v Severní Americe, jednu třetinu zaujímá Čína a 10% připadá na Evropu. Díky dobré odolnosti proti povětrnosti a dobrým mechanickým vlastnostem jsou WPC používány zejména v exteriéru na podlahy teras, střešní krytinu, zábradlí a ploty, rámy dveří a oken, parapety, lišty, zahradní nábytek a obložení stěn. Hojně jsou používány i v konstrukcích, které přicházejí do styku s mořskou vodou. Zejména díky legislativě Evropské unie nachází výlisky z WPC v Evropě velké uplatnění v podobě nejrůznějších dílů v automobilovém průmyslu (palubní desky, výlisky dveří a podlah). Výlisky z WPC dále nachází uplatnění např. v podobě palet a přepravních boxů, květináčů, zahradních dekoračních předmětů či poštovních schránek a různých drobných předmětů jako jsou ramínka na oblečení, rukojeti, golfová tyčka atd. Perspektivním odvětvím je výroba hraček ze zdraví nezávadných, plně recyklovatelných či biologicky rozložitelných dřevoplastů. Dřevoplasty na bázi polyvinylchloridu jsou používány do obložení komínů či jiných horkých potrubí, protože PVC má vlastnosti retardéru hoření.

Na tomto místě je nutné podotknout, že dřevoplastové kompozitní materiály lze označit za perspektivní materiály budoucnosti pouze za předpokladu, že bude zcela vyřešena a v praxi důsledně aplikována jejich recyklace. Výrobou dřevoplastového kompozitu jsou dvě zcela odlišné složky, dřevo a plast, sloučeny dohromady takovým způsobem, že je již nelze separovat. Proto jedinou možností recyklace dřevoplastových kompozitů je opětovná výroba dřevoplastového kompozitu. V opačném případě, kdy jsou produkty z dřevoplastů po konci jejich životnosti páleny, či skládkovány, se nejedná o racionální využití ani dřeva ani plastu.

6.4 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ DŘEVNÍ BIOMASY

Energie je mírou pohybu, který vykonává hmota. Tento pohyb prakticky není možné zastavit ani zničit, protože jedinou podmínkou, za které hmota žádný pohyb nevykonává je její ochlazení na 0 stupňů Kelvina. Energie vyjadřuje schopnost systému konat práci a má různé formy. Rozlišujeme např. energii mechanickou (např. otáčení hřídele pohánějícího kola na autě), chemickou (energie vazeb mezi atomy ve sloučenině, která tyto atomy drží pohromadě), fyzikálních vazeb (jádrová), elektromagnetického vlnění, tepelnou (teplo) a elektrickou (elektrina). Protože energie nemůže vzniknout ani zaniknout, nemůžeme ani mluvit o její výrobě. Můžeme ale měnit formu energie, tudíž můžeme vyrábět teplo či elektrinu (z jiných forem energie).

Když mluvíme o výrobě tepla, většina lidí si představí spalovací, tzv. termochemické procesy. Spalováním dochází k proměně energie z chemické na tepelnou, k čemu dospějeme rozrušením stabilních vazeb mezi jednotlivými atomy za uvolnění jejich energie. Na iniciaci tohoto procesu potřebujeme nejdříve jistou energii do soustavy dodat, následně už (za vhodných podmínek) tento proces běží prakticky bez nutnosti dodávat externí energii až dokud není spáleno všechno palivo. Pro využití v termochemických procesech se hodí biomasa s obsahem vody nižším než 50 %. Je to proto, že vodu je nutno před samotným spalováním z paliva odstranit (odpařit), což vyžaduje značné množství tepla a tím snižuje množství využitelného tepla.

Zejména v posledních několika stoletích se k výrobě tepla a elektriny používaly primárně neobnovitelné zdroje. Byly to hlavně fosilní zdroje, ve formě uhlí, ropných produktů, či zemního plynu. Tyto zdroje byly využívány zejména ve zmíněných termochemických procesech a umožnily rychlý rozvoj lidstva v průmyslové revoluci. Jejich povaha vytvořila předpoklad pro výrobu tepla v koncentrovaných, průmyslových výrobních technologiích, čím se jeho výroba podstatně zefektivnila. Průmyslová výroba tepla pak umožnila dosažení takových parametrů teplonosného média (zpravidla voda), při kterých bylo možné vyrábět elektrinu a distribuovat ji přenosovou soustavou do domovů či fabrik. Nevýhodou fosilních zdrojů jsou však jejich vlivy na lidské zdraví a znečištění prakticky všech složek životního prostředí – vody, půdy, ovzduší. I když v současnosti již existují technologie snižující některé nežádoucí vlivy výroby energií z fosilních paliv, podstatná část těchto vlivů je s jejich spotřebou inherentně zpatá a nelze jí předejít.

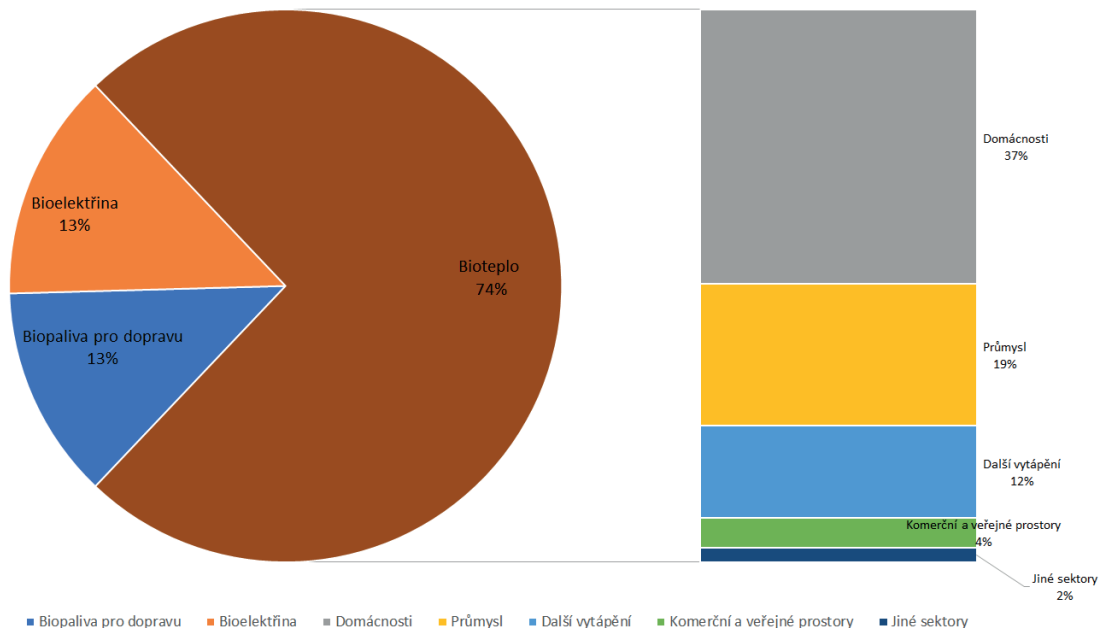
Proto se čím dál tím větší důraz klade na rozvoj technologií využívajících obnovitelné zdroje energie (OZE). Obnovitelné zdroje energie jsou takové, u kterých dochází k jejich doplnění, resp. recyklaci v časovém rámci využitelném lidstvem. V lesní bioekonomice nejčastěji, podobně jako u fosilních zdrojů, měníme formu energie z chemické energie OZE na energii tepelnou, kterou následně proměňujeme na energii elektrickou, např. proměnu biomasy, tj. fytomasy a dendromasy. Stále populárnější jsou však i jiné OZE, které nevyužívají proměnu chemické energie, např.:

- solární,
- větrná,
- geotermální,
- přílivová energie,
- hydroenergie apod.

I v současnosti jsou neobnovitelné zdroje využívány pro výrobu energií daleko více než OZE. Neobnovitelné zdroje se na primární dodávce energie podílí cca 86 %, z toho 81 % jsou zdroje fosilní a 5 % zdroje štěpné (zdroje pro výrobu tepla a elektriny v jaderných elektrárnách). Zbýlých 14 % připadá na OZE, na čem se biomasa podílí asi 70 %. Lze tedy vidět, že nahrazení konvenčních, fosilních zdrojů energie je náročná záležitost a biomasa má v tomto procesu nezastupitelné místo. Zejména může posloužit tam, kde efektivnost využití stochastických OZE, např. solární, větrné elektrárny, je diskutabilní. Předností biomasy je totiž předvídatelnost výroby, takže technologie využívající biomasu mohou být použity pro vyrovnávání odchylek v přenosové soustavě a tím stabilizovat dodávky elektriny.

Dendromasa patří mezi nejstarší zdroje energie využívané lidstvem vůbec. Vyjma izolovaných případů, kdy člověk využil geotermální energie tím, že si našel úkryt v „geotermální energii vyhříváné jeskyní“ či využil dostupných termálních pramenů je dřevo jednoznačně nejstarším cíleně využívaným zdrojem tepla – člověk využil vlastnosti dřeva k rozdělení a udržení ohně ve svých obydlích již před 1,7 až 2 miliony let (James, 1989).

I v současnosti je dendromasa, resp. palivové dříví, populárním zdrojem tepla a elektřiny. V Evropské Únii byl v roce 2018 podíl OZE na celkové spotřebě energií téměř 19 %, z toho 58 % připadlo na biomasu. Podíl různých forem energie na celkové spotřebě biomasy v EU ukazuje Obr. 43. Na energetické účely se v EU využívá hlavně dendromasa s původem v lese (více než 60 %), přičemž 32.5 % dendromasy bylo dodáno přímo z evropských lesů a dalších 28.2 % bylo dodáno nepřímo jako odpady, například z dřevařské výroby (Knowledge Centre for Bioeconomy, 2019). I ve vyspělých zemích se dendromasa používá kromě průmyslové výroby tepla a elektřiny také v domácnostech a lokálních topeništích. Asi 18 % spotřeby biomasy pro výrobu tepla má v EU na svědomí bytový sektor.



Obr. 43: Celková spotřeba biomasy ve výrobě tepla, elektřiny a energie pro dopravu
Zdroj: European Technology and Innovation Platform Bioenergy factsheet 2020.

Technologie výroby tepla a elektřiny z obnovitelných zdrojů energie s původem v lese

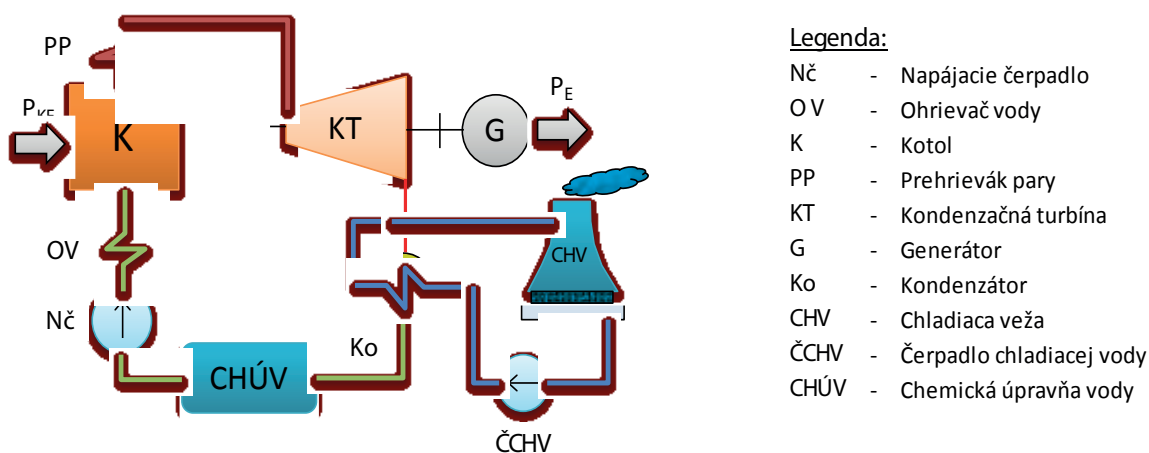
Výroba tepla termochemickým procesem je možná na lokální úrovni v různorodých typech topenišť, od krbů, kamen na tuhá paliva, až po sofistikované kotle na dřevné brikety či pelety. Princip proměny je prakticky totožný s principem fungování průmyslových výrobních technologií, samozřejmě s rozdílem složitosti obslužných technologií a systémů pro kontrolu spalovacího procesu. Běžné lokální topeniště můžete vidět na Obr. 44.



Obr. 44: Zleva: Krb na dřevo, pokojová krbová kamna, kotel na pelety,

Zdroj: Needforspeed888, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons; LacZ, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons; ÖkoFEN, CC BY 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>>, via Wikimedia Commons

Z hlediska lesní bioekonomiky je však důležitá zejména průmyslová výroba energií, která zabezpečuje vyšší účinnost výroby a nižší produkci emisí znečišťujících látek do životního prostředí. Nejběžnější technologií průmyslové výroby elektřiny je tepelná elektrárna. V tepelných elektrárnách se energie chemických vazeb mění na tepelnou energii spalin, vody a vodní páry. Tepelná energie vodní páry se následně opět mění na energii mechanickou, protože pohání lopatky turbíny. Turbína je hřídelem napojena na generátor, ve kterém se opět forma změní, tentokrát na elektrickou energii. Při každé této změně formy dochází ke ztrátám (únikům energie mimo soustavu). Princip fungování tepelné elektrárny popisuje Obr. 45. Voda vstupuje do kotle K, ve kterém se zahřívá a mění své skupenství na páru. Ta postupuje přes přehříváč páry PP do kondenzační turbíny KT, kde je dýzami vstříkována a svou expanzí na lopatkách roztáčí hřídele turbíny, napojený na generátor G vyrábějící elektřinu. Teplota páry na vstupu do turbíny dosahuje teplot až 550 °C, v různých segmentech může být dohřívána další přehřátou párou na optimální teplotu. Po tom, co pára odevzdá v turbíně svoji energii je odvedena z KT do kondenzátoru, odkud je vedena buď do chladicí věže na další ochlazení anebo do chemické úpravy vody a dále přes napájecí čerpadlo a ohříváče vody zpět do kotle. Na prakticky totožném principu pracuje i teplárna, s tím rozdílem, že turbína není kondenzační ale protitlaková a místo chladicí věže je/jsou do soustavy zapojeny spotřebiče tepla (domácnosti, průmysl požadující dodávku páry nebo teplé vody apod.). V teplárnách je tudíž teplo využito, čímž se zvyšuje účinnost využití energie dodané v palivu. Kondenzační elektrárny mají typicky účinnost proměny energie kolem 30-40 %, naproti tomu teplárna pracující v režimu kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET) může dosáhnout účinnosti až kolem 80 %.



Obr. 45: Schéma zapojení kondenzační elektrárny

Teplárny a elektrárny jsou schopny využívat dezintegrovanou dendromasu v různých formách – typicky dřevní štěpky, anebo pelet, či torrefikovaného dříví. Pro využití tepelně nezpracované dezintegrované dendromasy je nutno do kotle instalovat speciální zařízení umožňující spalování biomasy, která musí být vhodně připravena pro efektivní spalování (vysušena, naštěpkována na vhodnou frakci). V procesu torrefikace dříví prochází tepelnou úpravou (pražení). Tento proces má za následek změnu vlastností dřeva, které jsou v ideálním stavu prakticky totožné (z pohledu palivářských vlastností) jako u pevných fosilních paliv (uhlí). Je proto možné s torrefikovaným dřevem i pracovat jako s uhlím a používat jej místo uhlí v prakticky neupravených kotlech uhelných elektráren. Tento způsob úpravy dřeva je proto velice slibnou cestou snižování emisí CO₂ z energetiky.



Obr. 46: Zleva: Teplárna na biomasu ve Velké Británii a v ČR

SHRNUTÍ KAPITOLY

Z technologického hlediska je dřevo všestranným materiálem, který je možno opracovávat mechanicky, tepelně, hydrotermicky, chemicky a biotechnicky. S vědomím, že zdroje fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné a že jejich těžba, zpracování a spalování má negativní vliv na životní prostředí pak využití biomasy nabízí jednu z ekologických alternativ paliva, které mají menší dopad na životní prostředí. Energetický odpad vznikající v dřevovýrobě je vhodným druhem biomasy pro jeho potenciál být efektivně přeměněn v energii. Způsobů přeměny je velké množství a neustále se vyvíjejí a zdokonalují další postupy. Zpracování biomasy a výroba obnovitelných zdrojů energie je velmi dynamicky se rozvíjející obor. Je potřeba dál o problematice komunikovat, vést aktivní osvětu a kvalitní ekologickou výchovu a stimulovat spotřebitele k odpovědné spotřebě. Pro účely energetického využití dezintegrované dendromasy se dá využít zejména nižší jakostní třída a odpady vzniklé při výrobě dříví a jeho zpracování – nehroubí, poškozené dříví, piliny, hobliny a třísky. Díky tomu se sníží objem skládkovaných odpadů, zmírní se negativní účinky nekontrolovaného rozkladu biomasy v lese, a dosáhne se užítku z předtím nevyužívaného, domácího, obnovitelného zdroje energie. Energetické využití dezintegrované dendromasy by ve smyslu kaskádového využití dříví mělo být posledním stádiem jeho využití. Inovace v dřevozpracujícím průmyslu se zaměřují na využití ligninu v materiálech s vysokou přidanou hodnotou (lepidla, nátěrové hmoty, pryskyřice); výrobu kompozitních materiálů z recyklovaného dřeva (dřevotřískové a OSB desky) a dřevoplastové kompozitní materiály.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Objasněte pojmy technologie, mechanická technologie dřeva.
2. Jaký je rozdíl mezi prvostupňovým a druhostupňovým zpracováním dřeva?
3. Uveďte produkty pilařské výroby a jednotlivé skupiny charakterizujte.
4. Jak zpracováváme vedlejší produkt dřevovýroby?
5. Jaké jsou nejvýznamnější oblasti chemického zpracování dřeva?
6. Stručně popište mechanický způsob výroby vlákniny a jaké má výhody a nevýhody.
7. Jaké jsou dva typy chemického způsobu výroby buničiny, stručně oba popište.
8. Jaká je výhoda biopaliv oproti normálním palivům, v čem se tyto paliva od sebe liší?
9. Jaké pozitivní vlastnosti zachovává chemická modifikace a zároveň jaké negativní vlasti eliminuje chemická modifikace.
10. Co je to recyklované dřevo?
11. Co jsou a z čeho se vyrábí dřevoplastové kompozitní materiály? Jaké je jejich využití?
12. Proč je teplárna účinnější technologií než kondenzační elektrárna?
13. Proč je biomasa zařazena mezi tzv. uhlíkově neutrální paliva?

POUŽITÁ LITERATURA

- Kvietková, M. a Bomba, J. 2013. *Pilařské zpracování dřeva - technologie pořezu rámovou pilou*. 1. vyd. Praha: Powerprint Praha, 242 s. ISBN 978-80-87415-79-5.
- Sarvašová Kvietková, M. 2019. *Dřevořádkové komodity I*. Praha: CARTER, 103 s. ISBN 978-80-213-2951-5.
- Zhou, Y., Masaki, T., Wei, W., Xiao, L., Kazuyuki, O., 2013. Effect of thermal hydrolysis pre-treatment on anaerobic digestion of municipal biowaste: A pilot scale study in China. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. Vol. 116/1.
- Brikli, 2022. Briketovací linky, 2022. Dostupné z: www.brikli.cz [cit. 30.5.2022].
- Scobis, 2022. Brikety, pelety, 2022. Dostupné z: www.scobis.sk [cit. 20.5.2022].
- Bajpai, P., 2012. *Biotechnology for Pulp and Pulp Processing*. NY: Springer, 414 s. ISBN: 978-1-4614-1409-4.
- Blažej, A., 1975. *Chémia dreva*. Bratislava: Alfa, 584 s.
- Bučko, J., Šutý, L. a Košík, M., 1988. *Chemické spracovanie dreva*. Praha: Alfa, 312 s.
- Buk, V. 2013. *Výroba buničiny, papíru a lepenky*. Dostupné na internetu: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/obrazky/seminare/ovzdusi/seminar3/10_buk.pdf [cit. 5.6.2022].
- Červenka, E., Král, Z. a Tomis, B., 1980. *Chemie dřeva a celulózy I–III*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická v Pardubicích, 228 s.
- Čunderlík, I., 2009. *Štruktúra dreva*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 135 s.
- European Technology and Innovation Platform. Bioenergy factsheet 2020. https://www.etipbioenergy.eu/images/ETIP_B_Factsheet_Bioenergy%20in%20Europe_rev_feb2020.pdf
- Fengel, D. and Wegener, G., 2003. *Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions*. Kessel Verlag, Remagen.
- Hill, C. A. S., 2006. *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*. Hoboken: John Wiley & Sons, 260 pp. ISBN: 978-0-470-02172-9.
- Hýsek, Š., Hýsková, P. a HABÁN, R., 2020. Materiálové využití recyklovaného dřeva v České republice. *Odpadové fórum*, 21, 1.
- Chartier, P., Beenackers, A.A.C-M. and Grassi, G., 1995. *Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry*. Weien: Pergamon Pr., 2426 pp. ISBN: 9780080983813.
- Kačík, F.; Solár, R., 1999. *Analytická chémia dreva*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 369 s.
- Kočan, J., 2009. *Bioethanol jako obnovitelný zdroj energie*. Praha: Univerzita Karlova, 74 s.
- Laurichesse, S.; Avérous, L., 2014. Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers. *Progress in Polymer Science*, 39(7), 1266-1290.
- Požgaj, A., 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava: Príroda, 485 s. ISBN: 80-07-00600-1.
- Sjöström, E., 1993. *Wood Chemistry. Fundamentals and Application*. Gulf Professional Publishing, 293 s. ISBN 9780126474817.
- Chen, Ye; Cheng, Jay J.; Creamer, Kurt S., 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresource Technology*. 99 (10): 4044–4064.
- European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy, 2019: Brief on biomass for energy in the European Union. Link: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109354/biomass_4_energy_brief_online_1.pdf
- Roubík, H.; Mazancová, J.; Banout, J.; Verner, V., 2016. Addressing problems at small-scale biogas plants: a case study from central Vietnam. *Journal of Cleaner Production*. 112, Part 4: 2784–2792.
- Lowe, R., 2011. Combined heat and power considered as a virtual steam cycle heat pump. *Energy Policy*. 39 (9): 5528–5534.

ROZŠIŘUJÍCÍ DOPORUČENÉ ZDROJE LITERATURY

Doporučené zdroje literatury:

- Thomsen, S. T., Jensen, M. and Schmidt, J. E., 2012. Production of 2nd Generation Bioethanol from Lucerne – Optimization of Hydrothermal Pretreatment. *Bioresources*, 7, 1582-1593. DOI:10.15376/BIORES.7.2.1582-1593.
- Lesy ČR, 2022. Dostupné z: Vzorník dřeva | Lesy České republiky, s. p. (lesycr.cz) [cit. 30.5.2022].
- Silvarium, 2017. Dostupné z: Dřevo je stále hlavním obnovitelným zdrojem energie v Evropě | Silvarium - lesnický, dřevařský a myslivecký zpravodajský web [cit. 30.5.2022].
- Böhm, M. and Bomba, J., 2012. *Materiály na bázi dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 183 s. ISBN: 978-80-213-2251-6.
- Kačík, F. a Jurczyková, T., 2020. *Chemické zpracování dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 167 s. ISBN 978-80-213-2938-6.
- Kačík, F. a Tribulová, T., 2020. *Chemie dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 98 s. 978-80-213-2938-6.
- Rowell, R. M., 2012. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. 2. vydání, Boca Raton: CRC Press, 703 s. <https://doi.org/10.1201/b12487>.
- Sixta, H., 2006. *Handbook of pulp*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1369 s. ISBN 9783527309993.
- van Vliet, M. T. H., Wiberg, D., Leduc, S. and Riahi, K., 2016. Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources. *Nature Climate Change*. 6 (4): 375–380.
- Lesics, 2016. Dostupné z: How does a Thermal power plant work ? - YouTube [cit. 5.6.2022].
- Michał Skocki, 2017. Dostupné z: Biomass pyrolysis process - YouTube [cit. 5.6.2022].
- E4tech, 2009. Dostupné z: <http://wiki.gekgasifier.com/f/Review+of+Biomass+Gasification+Technologies.NNFCC.Jun09.pdf> [cit. 5.6.2022].

7 PŘIDRUŽENÁ VÝROBA

Cílem kapitoly je seznámit čtenáře s nedřevní produkcí lesa. Kapitola se zabývá nejčastěji využívanými lesními plody ve střední Evropě a jejich zpracováním a hodnocením kvality těchto zdrojů v potravinářství. Pozornost je věnována rozdílu pojmů léčivá rostlina a droga. Další část kapitoly se zabývá zoomasou, neboli také živočišnou biomasou, která je využívána v rámci lesního hospodaření. Detailněji se tato podkapitola věnuje lovu zvěře, produkci zvěřiny a včelařství zejména v podmínkách ČR.

Klíčová slova: nedřevní produkty lesa (NTFP), výživa, droga, farmakognozie, fytotherapie, živočišná biomasa; chov zvěře; lov; myslivost; včelařství

7.1 LESNÍ PLODY, LÉČIVÉ ROSTLINY A JINÉ VYUŽITÍ FYTOMASY

Lesy člověku kromě dříví poskytují také jiné obnovitelné biologické zdroje, které pak lze využívat různými způsoby – nedřevní produkty lesa, tzv. non timber forest products (NTFP). Jedná se o různé druhy fytomasy, lesních plodů, hub, léčivých rostlin, ale také pryskyřic, esenciálních olejů, kůry, zvěřiny, ryb apod.

Lesní plody

Lesní plody byly hlavním zdrojem ovocí ve výživě člověka. Dnes by už zdroje volně rostoucích plodin nestačily pokrýt naše potřeby, proto člověk postupně výběrem, šlechtěním a křížením dopěstoval nové, úrodnější odrůdy. Postupně se dokazovalo, že některé lesní plody nemají jen lepší aroma a chuť, ale obsahují i více důležitých živin pro správnou funkci lidského těla než některé kulturní druhy ovoce. Mnohé druhy, např. maliny, jahody, ostružiny, borůvky a brusinky se z organoleptického hlediska staly atraktivní ovocnou surovinou.

Lidé jsou zvyklí propočítávat energii přijatou v potravě na joule, resp. kilokalorie. Z hlediska výživné hodnoty potravy je však takový propočet nedostatečný, a proto mluvíme o komplexu složek důležitých pro výživu člověka. Téměř obecně se dá říct, že lesní plody jsou hodnotnější než kulturní druhy ovoce (Tab. 3). Ovocná sušina obsahuje převážně monosacharidy, zejména fruktózu a glukózu a v malém množství sacharózu, která je však hůře stravitelná. Kromě těchto makroživin obsahují lesní plody i mikroživiny typu vitamínů jako A, B1, B2, K a především C a také nestravitelný pektin a celulózu (rozpuštěnou a nerozpuštěnou vlákninu), které jsou důležité pro správné zažívání a správnou peristaltiku střev (Lukáč, 1980). I ve dnešní době tak lesní plody mají své místo. Zaslouží si pozornost i proto, že rostou v lesích volně, bez nutnosti zásahu člověka, přičemž prakticky jediné náklady jsou vynakládány na jejich sběr a zpracování, resp. těžbu. Lesní plody jsou v současnosti lesními podniky sbírány v omezené míře a více je využívají návštěvníci lesa při samosběru, při důsledném využití potenciálu produkce lesních plodů však mohou tyto být zajímavým zdrojem výnosů lesních podniků.

Tab. 3: Výživná hodnota vybraných druhů biomasy lesa v porovnání s běžnými potravinami

Potravina	Energie v kJ	Bílkoviny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)	Vápník (mg)	Fosfor (mg)	Železo (mg)	Vitamíny				
								A (mj.)	B ₁ (mg)	B ₂ (mg)	PP (mg)	C (mg)
Houby čerstvé	870,80	20,80	3,20	30,40	56	560	4,00	-	0,880	2,800	48,00	16,00
Houby sušené	12351,10	367,00	27,00	414,00	700	5000	35,00	-	10,700	37,45	-	-
Borůvky	2344,60	7,00	7,00	133,00	160	150	8,00	2800	0,200	0,200	3,00	160,00
Maliny	2386,50	12,00	10,00	124,0	170	200	9,00	2000	0,400	0,400	4,00	210,00
Šípky	4898,60	41,00	4,00	279,00	500	1070	98,00	83000	0,500	0,700	-	6000,00
Brambory	3131,7	17,00	1,70	170,80	94	510	5,95	425	0,765	0,425	14,45	102,00
Hovězí maso	4961,3	153,0	58,50	0,80	60	1140	24,75	150	0,750	1,650	51,25	-

Zdroj: Demko, Lukáč, 1990

Pokud lesní podniky lesní plody skutečně těží, zaměřují se hlavně na maliny, brusinky a borůvky. Další známé domácí lesní plody jsou také bez červený (*Sambucus racemosa* L.), bez černý (*Sambucus nigra* L.), trusnice brusinka (*Vaccinium vitis idaea* L.), třešeň ptačí (*Cerasus avium* L. Moensch.), torůvka (*Vaccinium myrtillus* L.), dřín obecný Svíbě dříň (*Cornus mas* L.), hloh obecný (*Crataegus oxyacantha* L.), hrušeň obecná (*Pirus communis* L.), jablko planá (*Malus silvestris* /L./ MILL.), jahoda obecná (*Fragaria vesca* L.), jeřábina ptačí (*Sorbus aucuparia* L.), líska obecná (*Corylus avellana* L.), ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus* L.), ostružiník maliník (*Rubus idaeus* L.), růže šípková (*Rosa canina* L.), trnka obecná (*Prunus spinosa* L.).

Bez omezení je možné lesní plody těžit jenom v lesích bez režimu ochrany. V těchto lesích je možno sbírat plody jak pro vlastní potřebu, tak i pro komerční využití. Sběr by v zájmu zachování kvality produktu měla být prováděna šetrně. Podobně by i v průběhu těžby, dopravy, skladování a zpracování lesních plodů měly být dodrženy takové podmínky, aby nedocházelo k nadměrnému znehodnocení produktu. Rovněž čas od sběru po zpracování by měl být minimalizován, protože lesní plody rychle podléhají zkáze – většina z nich je měkká, jednoduše se mačkají, pouští šťávu, která rychle kvasí apod. Nejvýhodnější je sbírat plody na začátku dne, kdy nejsou přehřáté sluncem. Sbíráme do dostatečně velkých pletených košů z přírodních materiálů nebo z plastu – kovové nádoby zhoršují kvalitu ovoce. Pokud sbírané ovoce pouští šťávu, použijeme nepropustné plastové nádoby.

Grochowski (1976) doporučuje při sběru a zpracování lesního ovoce dodržovat tyto zásady:

- Opatrné zacházení s plody při sběru,
- Dbát na zachování ochranné voskové vrstvy plodů,
- Čas od sběru ovoce po jeho zpracování snížit na minimum,
- Zabezpečit v čase sběru, skladování a přepravy ovoce podmínky vedoucí k udržení kvality a nutriční hodnoty lesních plodů,
- Vhodnými technologiemi a rychle zabezpečit zpracování a uskladnění plodů.

Kvalitu ovoce posuzujeme na základě několika kvantitativních znaků, jako jsou nutriční vlastnosti (energetický obsah, obsah minerálních látek, vitamínů apod.), sensorických vlastností (vzhled, chuť, aroma) a na základě přítomnosti znaků antikvalitativních (přítomnost toxinů, zdravotně škodlivých látek, sensorické chyby). Trvanlivost se projevuje schopností udržet si po sběru rovnováhu látkové přeměny. Plody s dobrou trvanlivostí mají pomalý průběh životních procesů, stárnutí a odumírání pletiva je pozvolnější. Dalším důležitým faktorem je odolnost vůči chorobám při skladování. Tu je potřebné zabezpečovat preventivním opatřením, kterým je ochrana plodin před patogenními činiteli při sběru, třídění, dopravě a uskladnění. Pro zabránění nákazy je nutné, aby povrch ovoce nebyl mechanicky porušený (Pražienková, 2012).

Tab. 4: Skladování ovoce

Druh ovoce	Doba skladování v h při teplotě		
	4 °C	15 °C	20 °C
Maliny, jahody	48	18	12
Ostružiny	50	24	18
Trnky	100	48	36
Dřínky, hrušky, kalina	75	40	24
Jablka planá	300	170	100
Borůvky	75	40	24
Brusinky, jeřabiny	150	70	60

Zdroj: Zvara a kol., 1963

Nejčastěji lesní plody zpracováváme na potravinářské účely, prvotním zpracováním do podoby polotovaru může být sušení, konzervování organickými kyselinami nebo biologickou úpravou, případně zmrazením. Vzniklým polotovarem pak bude (Lukáč, 1980):

- Ovocná pulpa – vytríděné, oprané, odstopkované, případně odpeckované ovoce zalité konzervačním nálevem,
- Dřeň – napařené a přetlačené ovoce, zakonzervované konzervačním činidlem, případně zvýšenou anebo sníženou teplotou,
- Sukus – tekutý podíl ovoce získaný zpravidla lisováním anebo extrakcí šťávy, která je chemicky konzervovaná
- Mrazené ovoce – zmrazování ovoce je velmi výhodné, protože v zmraženém stavu se může uskláňovat dlouho bez toho, aby se použily chemické konzervační prostředky.

7.1.1 HOUBY

Důležitou složkou nedřevních produktů lesa, které můžeme těžit v přidružené lesní výrobě jsou také houby. Tělem hub je stélka, která může být jednobuněčná anebo mnohobuněčná, je tvořena přetaženými, různě větvenými vlákny, které se nazývají hyfy. Jemné hyfy vyšších hub tvoří řídkší anebo hustší spleť, která se nazývá mycelium. Mycelium se za vhodných podmínek rozrůstá buďto v podkladu (substrátu) anebo na něm. Ze substrátu čerpá živiny. Právě mycelium je vlastním vegetativním tělem hub a za určitých podmínek tvoří plodnice. Plodnice jsou různých velikostí, tvarů a zbarvení, slouží k rozmnožování (tvoří se v nich výtrusy). Výtrusy jsou jednobuněčné anebo mnohobuněčné a liší se tvarem, barvou a velikostí.

I když houby nemají velmi vysokou energetickou hodnotu (Tab. 5), nejsou v potravě člověka zanedbatelné, protože obsahují různé látky, které lidské tělo pro svoji normální činnost potřebuje. Jsou to různé bílkoviny, aminokyseliny, vitamíny, minerály a jiné stopové prvky (Tab. 6). Kromě vysokého obsahu vody obsahují houby také 5-30 % bílkovin. Tento obsah závisí na stáří a druhu houby. Na druhou stranu při těžbě hub musíme dbát na výběr správných druhů, protože řada hub má na člověka negativní účinky (od prudce jedovatých po takové, které obsahují alergeny vyvolávající alergické reakce).

Tab. 5: Základní chemické složení některých druhů hub

Název	Voda v %	% v sušíně						Energie kj.kg ⁻¹
		Hrubý protein	Tuk	Uhlohy-dráty	Bezdušikáté uhlohydráty	Vláknina	Popel	
Žampion	89,5	26,3	1,8	59,5	49,5	1,04	12,0	1444
Ucho	89,1	4,2	8,3	82,8	63,0	19,8	4,7	1469
Hnojník	92,2	25,4	3,3	58,8	51,5	7,3	12,5	1448
Shiitake	90,0	17,5	8,0	67,5	59,5	8,0	7,0	1620
Hlíva	90,8	30,4	2,2	57,6	48,9	8,7	9,8	1443
Lanýž	77,1	23,3	2,2	66,2	38,3	27,9	8,3	1138
Kukmák	88,4	30,1	6,4	50,9	39,0	11,9	12,6	1414
Hřib	87,3	29,7	3,1	59,7	57,7	8,0	7,5	1515
Liška	91,4	21,5	5,0	64,9	53,7	11,2	8,6	1477
Bedla	84,0	20,4	3,6	69,0	62,1	6,9	7,0	1561

Zdroj: Ginterová, 1992

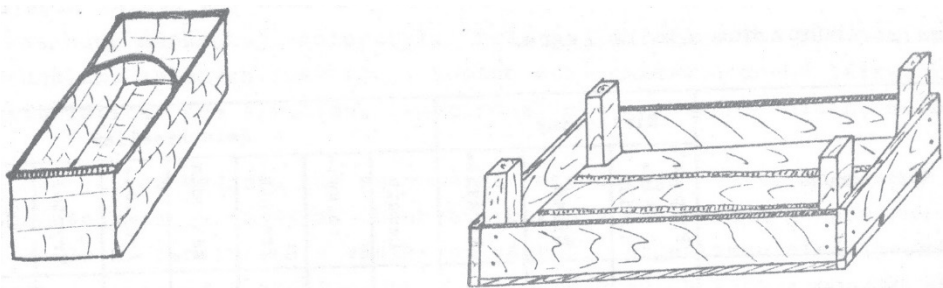
Tab. 6: Aminokyseliny v bílkovinách žampionů a hlív vyjádřené v mg na gram upraveného bílkovinného dusíku

Aminokyselina	Žampiony	Hlívy
Bílkoviny % v sušině	24,3 – 34,8	21,6–30,4
Esenciální aminokyseliny		
Lysin	357–527	250–326
Histidin	0–179	87–131
Arginin	268–529	258–419
Tryptofan	186–340	56–87
Fenylalanin	91–143	125–233
Metionin	41–126	11–97
Treonin	243–366	255–290
Leucin	329–580	275–610
Izoleucin	200–366	210–363
Valin	112–420	275–326

Zdroj: Ginterová, 1992

Při sběru hub dbáme hlavně na to, abychom houby odtrhávali i s třeněm. I když se odřezávání hub těsně nad zemí připouští při drobnějších, dobře známých druzích, vytrhnutí hub přináší více výhod. Na tření je možné pozorovat mnohé znaky pro správné určení nalezené houby (Demko, Lukáč, 1990). Obaly, do kterých je vhodné houby sbírat jsou vyobrazeny na Obr. 47. Co se týče následného zpracování, houby se zpracovávají vždy čerstvé a téměř při všech druzích i mladé, tj. před botanickou zralostí. Dále je pak nutno houby vhodně pokrátit, což je důležité nejen z hlediska nezatěžování trávících orgánů, ale i dobrého využití obsahových látek.

Pokud se houby před zpracováním musí uskladňovat, je třeba, aby se uskladňovaly ve vyhovujících podmínkách. Houby kvůli své struktuře jednoduše absorbují zápachy z prostředí, proto k podmínkám uskladnění patří i vhodný obal a respektování pravidla, že se neuskładňují při jiných, pachy produkujících materiálech (Demko, Lukáč, 1990).

**Obr. 47:** Vhodné obaly pro sběr a přepravu hub

1 – lubový košík, 2 – platon

Houby pro potravinářské účely zpracováváme hlavně sušením, solením, konzervováním v organickými kyselinami, zmrazováním anebo mléčným kvašením. Nejstarším a také nejrozšířenějším způsobem konzervování hub je sušení. Tento způsob konzervace zachovává vzhled, vůni, chuť i nutriční hodnoty oproti referenci čerstvé potraviny. Sušením se snažíme z houby odstranit vodu, přičemž může dojít i k cca 70% poklesu jejího obsahu v potravíně. Pro sušení používáme výhradně čerstvé a mechanicky či jinak nepoškozené houby. Před sušením houby neumýváme vodou, ale jen důkladně očistíme a poté nakrájíme na plátky. Velmi starou metodou konzervování potravin je i solení. Pokud koncentrace soli přesáhne 12,5 %, v houbách se nebudou moct rozvíjet mikroorganismy. Avšak samotné solení nezastavuje enzymatické procesy, což při nedodržení technologického postupu zkrátí trvanlivost takto konzervovaných hub. Abychom maximalizovali trvanlivost solených hub, musíme před solením houby spařit.

Tím zastavíme činnost enzymů a odstraníme i část vody, což je také prospěšné. Populárním způsobem konzervování hub je také jejich sterilizování v nálevkách, zejména v octovém. Ocet, vytváří velmi kyselé prostředí, které je nevhodné pro rozvoj bakterií. Působí tedy jako výborné konzervační činidlo. Jiné vhodné nálevy jsou také slaná, kyselá, sladkokyselá, či vinná.



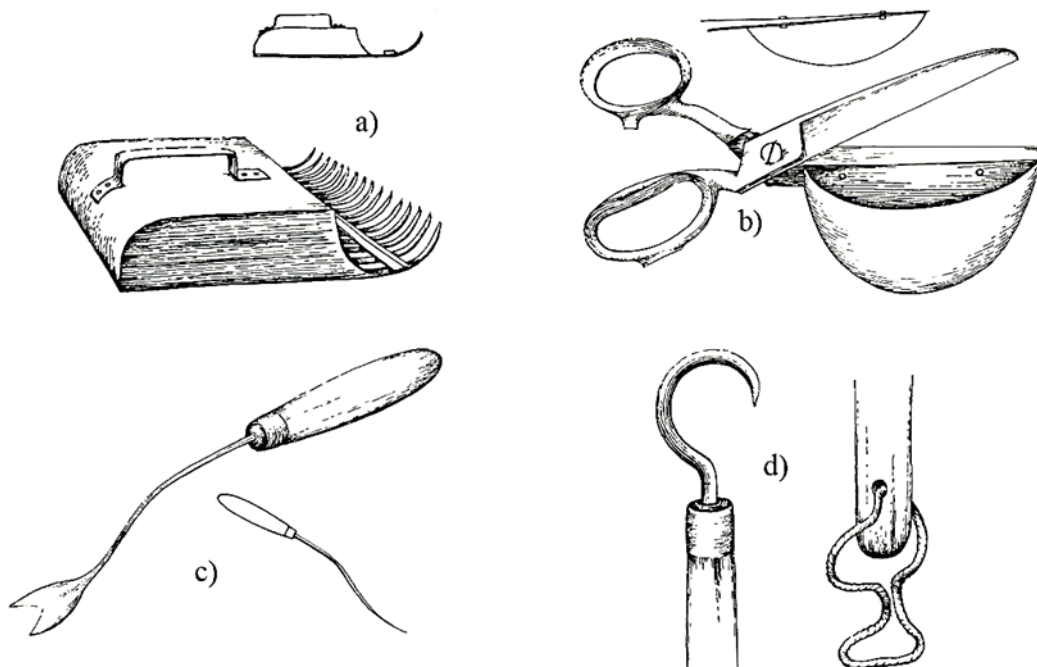
Obr. 48: Zleva: sušené houby, solené houby, mléčné kvašení hub, zavařování hub v kyselém nálevu

Zdroj: Rankito, 2020; Mushrooms-Bigbadmole, 2023; ReceptyOnline, 2023; Foreign Fork, 2021

7.1.2 LÉČIVÉ ROSTLINY

Kromě využití v potravinářství je možné nedřevní produkty lesa, hlavně léčivé rostliny, ale i houby a lesní plody, využívat i v přírodním lékařství. Účinky léčiv přírodního původu se zabývá *farmakognozie*. V Evropě známe asi tisíc druhů léčivých rostlin, ze kterých cca 800 se využívá v lidovém léčitelství, a asi 300 v oficiální medicíně. Pro léčení nemocí můžeme rostliny buď používat celé anebo jen jejich nejúčinnější části. Dále je můžeme použít buďto přímo pro léčení chorob anebo jako surovinu pro přípravu léčiv či pro izolaci čistých účinných látek.

Léčivé rostliny používáme ve fytoterapii zřídka v surovém stavu. Nejčastěji je používáme ve vysušeném stavu, což má za cíl uchovat účinné látky déle stabilní a zabránit jejich rozkladu. Tyto rostliny můžeme samozřejmě konzervovat i jinými způsoby, které ale často vyústí v izolaci čisté formy účinné látky. Zpracováním vytváříme z léčivé rostliny tzv. *drogu*, která obsahuje směs chemicky a terapeuticky rozdílných látek. To, jaké látky se ve droze nachází pak bude ovlivňovat její celkové působení na člověka – kromě hlavní účinné látky se ve droze můžou nacházet různé vedlejší účinné látky, které účinek modifikují. Tyto „koefektory“ mohou účinek hlavní látky zvyšovat či tlumit, mohou také působit na stabilitu drogy. I přírodní drogy, používané ve fytoterapii, je potřebné používat bezpečně. Na tyto účely slouží lékopis, ve kterém jsou zapsány všechny oficiální drogy, které musí splňovat různá kritéria uvedená v lékopisu či v jiných normách pro léčivé drogy.



Obr. 49: Nářadí na sběr léčivých rostlin
 (a) hřeben, (b) nůžky se zásobníky (c) vyrypovač listových růží, (d) hák se slučkou
 Zdroj: Kresánek, 1988

Účinnost drogy závisí na různých faktorech – čas sběru, místo nebo způsob sběru. Pro získání drogy je nutno používat čistý, zdravý a čerstvý materiál. Proto při sběru léčivých rostlin postupujeme šetrně, tak abychom zachovali tvar a konzistenci sbíraného materiálu. Rostliny nikdy netrháme, nestláčíme, ale řežeme, stříháme, ukládáme do košů a pytlů. Rostliny sbíráme tak, abychom pro získání drogy použili zdravý, čerstvý, čistý a bezchybný materiál. Pokud možno, sbíráme jednotlivé části rostlin odděleně, stejně tak se snažíme třídit hned při sběru jednotlivé sbírané druhy léčivých rostlin. Část rostlin ponecháme na stanovišti, abychom zabezpečili rozmnožení a zachování druhu. Po sběru můžeme postupovat úpravou léčivých rostlin, tzv. *apretací*. Samotný proces získání drogy se může od druhu k druhu značně lišit, ale některé postupy apretace jsou společné. Například je vždy vhodné před konzervací odstranit organické a anorganické příměsi (hlínu, suché listy, stonky, části rostlin napadené škůdci apod.). Možnosti úpravy léčivých rostlin (Tab. 7) popsal detailně vícero autorů, např. Kresánek (1988), Brabenec (1984), Thurzová a kol. (1968), Habán (1996). Specifické postupy závisí na množství materiálu a technického vybavení sběračů či pěstitelů.

Tab. 7: Vybrané druhy, charakteristika sběru a úpravy léčivých rostlin

Druh rostliny	Vztah k platnému lékopisu	Sbíraná část rostliny	Doba sběru	Podmínky sušení a uskladnění drogy
Kontryhel obecný <i>Alchemilla xantichlora</i> Rothm.	Vykupována	Kvetoucí nať nebo přizemní listy	V.-IX.	Přirozeným anebo umělým teplem do 40 °C
Andělíka lékařská <i>Archangelica officinalis</i> Hoffm.	Vykupována	Kořen, nať, květy, listy, plody	Podle částí rostliny V.-IX.	Teplota do 35 °C. Hermeticky uzavřená nádoba
Prha arnika <i>Arnica mongana</i> L.	Vykupována	Podzemek, listy, nať, květy	Podle částí rostliny jaro - podzim	Sušíme umělým teplem 40–50 °C. Koruna do 70 °C. Chráníme před světlem
Bez černý <i>Sambucus nigra</i> L.	Oficiální (květ)	Květ s krátkou stopkou	V.-VII.	Teplota do 45 °C Chráníme před světlem a vlhkem
Breza bradavičnatá <i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	Vykupována	Mladé lepkavé listy.	IV.-V.	Teplota do 35 °C. Droga je křehká, rychle usychá.
Borůvka obecná <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Oficiální (plody)	Plody, mladé listy	VII.-VIII.	Sušíme při teplotě do 40 °C. Uschováváme na CaCO ₃
Fenykl obecný <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Oficiální	Plody	2-3x do roku	Teplota do 35 °C. Chráníme před světlem a vlhkem
Konvalinka vonná <i>Convallaria majalis</i> L.	Vykupována	Nať, květy, listy	V.-VI.	Teplota do 40 °C. Vlhkem se rozkládá. Jedovatá
Vlaštovičník větší <i>Cholidonium majus</i> L.	Oficiální	Kvetoucí mladá nať, kořen	III.-IX.	Teplota do 35°C. Chráníme před světlem a vlhkem. Jedovatá.
Lípa malolistá <i>Tilia cordata</i> Mill.	Oficiální	Mladé květy	VI.-VII.	Teplota do 35°C. Pozor na zapaření.
Třezalka tečkovaná <i>Hypericum perforatum</i> L.	Oficiální	Květ, nať	V.-VIII.	Teplota do 35°C. Třeba zachovat původní barvu
Rulík zlomocný <i>Atropa bella-donna</i> L.	Oficiální (listy)	Listy, kořen, nať	Postupně jak dorůstají	Teplota 50–60 °C. Listy musí mít zelenou barvu. Jedovatá.
Tymián obecný <i>Thymus vulgaris</i> L.	Oficiální	Kvetoucí nať	V.-VI.	Teplota do 35 °C. Silicová droga
Máta peprná <i>Mentha piperita</i> L.	Oficiální	Nať před kvetením	V.-VI.	Teplota do 35 °C. Usklad. v dvojlitr. papír. pytlích
Pelyněk pravý <i>Artemisia absinthium</i> L.	Oficiální	Vrcholky natě před kvetením	VI.-VII.	Teplota do 35 °C. Silicová droga. Schne pomalu
Heřmáněk pravý <i>Matricaria chamomilla</i>	Oficiální	Květ	V.-IX.	Teplota do 40 °C. Bez obracení
Jitrocel kopinatý <i>Platago lanceolata</i> L.	Oficiální	Listy v čase kvetení	V.-IX.	Teplota do 40 °C. Bez obracení
Lékořice lysá <i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Oficiální	Kořen a výběžky	Jaro, podzim	Teplota 35°C. Dobře uzavřené obaly
Šalvěj lékařská <i>Salvia officinalis</i> L.	Oficiální	Listy, nať před kvetením	V.-VI.	Teplota 30–35 °C. Silicová droga. Schne pomalu
Kozlík lékařský <i>Valeriana officianlis</i> L.	Oficiální	Podzemek s kořeny	Od podzimu do jara	Teplota 35 °C. Silicová droga. Dobře chráníme.
Kopřiva dvoudomá <i>Urtica dioica</i> L.	Vykupována	Nať, listy	Vícekrát v roku	Teplota 60 °C - schne rychle
Pampeliška lékařská <i>Taraxacum officinale</i> Web.	Vykupována	Kořen	Podzim	Teplota 50 °C. Chráníme před hlodavci a hmyzem

Zdroj: Thurzová a kol., 1968

7.2 ZOOMASA

Zoomasu (živočišnou biomasu) je možné definovat jako živočišnou hmotu jedinců, populace nebo jiných částí biocenózy na určité ploše (např. m², ha, km²) nebo v prostoru (litř, m³ apod.). Jedním z definovaných kritérií bio-ekonomiky na úrovni EU je zajištění potravinové bezpečnosti a s tím související právě téma jedlých nedřevních produktů lesa.

Les je místem poskytujícím lidstvu nejen dřevo, ale také potravu. Žije v něm totiž mnoho zvířat, které jsou často předmětem lovu. Lov je obor lidské činnosti, který se neustále vyvíjí v závislosti na vývoji společnosti a využívání přírody. Většina národů má dlouhou loveckou historii, kdy primárním cílem bylo v minulosti zajištění obživy. Lovecké aktivity v jednotlivých zemích nejsou zaměřené jen na savce, ale také na ptáky, ryby, plazy a hmyz. V evropských zemích se v současnosti lov neprovádí primárně pro zajištění potravy, ale je nástrojem pro management populací volně žijících zvířat. V rámci lesní přidružené výroby lze zahrnout mezi produkty živočišného původu i chov ryb. Chovu ryb, jako součásti akvakultury, se podrobněji věnuje podkapitola 3.3 Akvakultura.

7.2.1 VOLNĚ ŽIJÍCÍ ZVĚŘ A MYSLIVOST V ČR

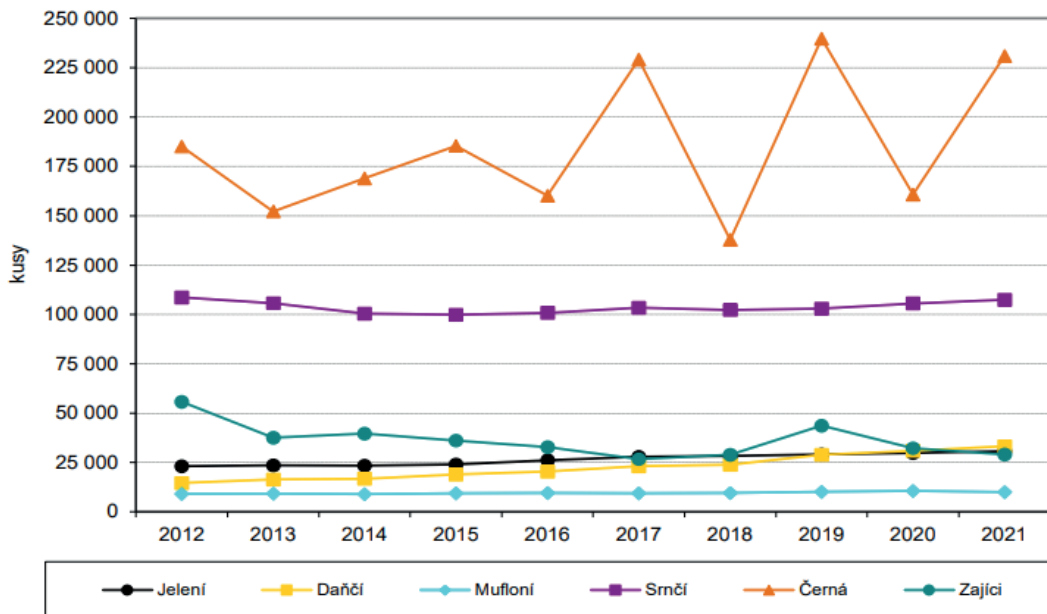
Jako zvěř označujeme v České republice populace volně (divoce) žijících zvířat, které mají nebo měly význam z pohledu myslivosti. Taxativní výčet druhů zvířat, jejichž volně žijící populace se považují za zvěř, je uveden v § 2 Zákona o myslivosti č. 449/2001 Sb. Zvěř je následně dělena na srstnatou (savci) a pernatou (ptáci). Zákon o myslivosti také rozlišuje druhy zvěře, které lze a které nelze obhospodařovat lovem. Stejný zákon také definuje zvěř jako obnovitelné přírodní bohatství. Myslivost, jejíž součástí je také lov zvěře, je souborem různých činností prováděných v přírodě ve vztahu k volně žijící zvěři jako součástí ekosystému a také spolková činnost směřující k udržení a rozvíjení mysliveckých tradic a zvyků jako součástí českého národního kulturního dědictví. Myslivost je nedílnou součástí hospodaření v krajině. Uživatelé honiteb vynakládají nemalé úsilí na vytváření vhodných životních podmínek pro volně žijící druhy zvěře a udržování populací zvěře v optimálních počtech. U drobné zvěře se jedná zejména o podporu a snahu zvýšit početní stavy, u zvěře spárkaté pak o redukci na společensky přijatelnou úroveň, zejména ve vztahu ke škodám na lesních porostech a v zemědělství.

Lov zvěře v ČR

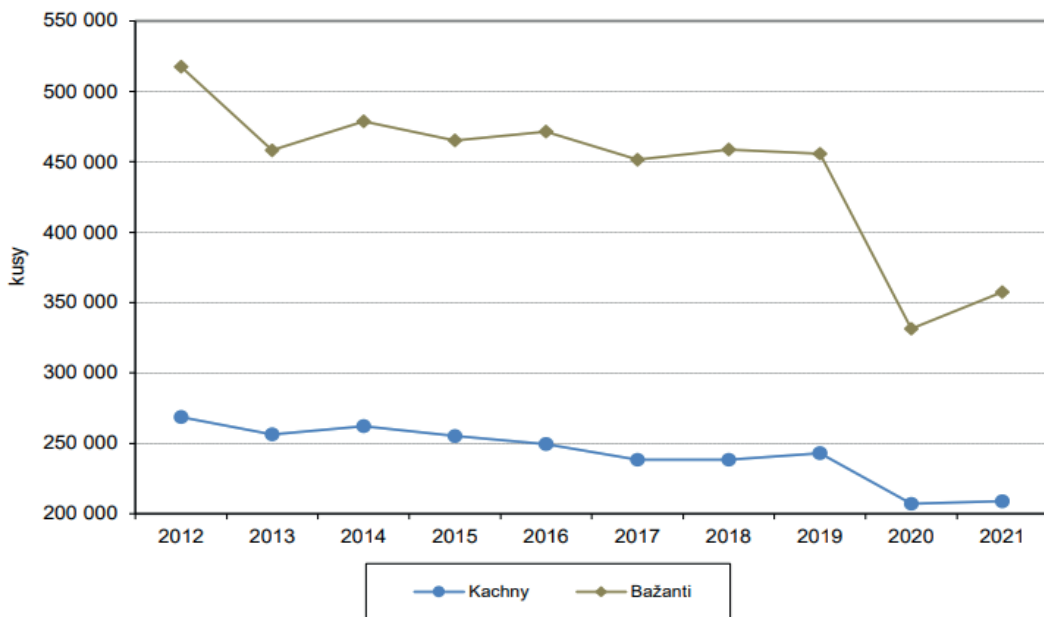
Lov zvěře je jednou z činností prováděných v rámci výkonu práva myslivosti a je součástí chovu zvěře. Lov zvěře smí být prováděn pouze způsobem odpovídajícím zásadám mysliveckým, zásadám ochrany přírody a zásadám ochrany zvířat proti týrání. Zákon o myslivosti č. 449/2001 Sb. definuje zakázané způsoby lovu. K lovu tak můžeme v našich podmínkách využít odstřel, a to za účelem získání zvěřiny, popřípadě i trofeje a jiných hospodářsky důležitých surovin (např. kůže), nebo odchyt, který slouží ke zmocnění se živé zvěře. Vývoj počtu ulovených kusů srstnaté a pernaté zvěře za období let 2012-2021 v ČR je zobrazen v Obr. 50 a 51. Zvěř je u nás chována a lovena ve volných honitbách (tzv. *extenzivní chov zvěře*), ale také v oborách a bažantnicích (tzv. *intenzivní chov zvěře*). Mezi intenzivní chovy zvěře však nelze zařadit farmové chovy zvěře, protože zvěř chovaná na farmách je považována podle legislativy za hospodářská zvířata. V roce 2022 bylo na území ČR 5 787 honiteb, z toho 201 obor a 286 bažantnic³.

Celková produkce zvěřiny, tj. masa z ulovené zvěře, tak v roce 2021 v ČR představovala u jelení zvěře 2 309 tun, dančí 997 tun, mufloní 250 tun, srnčí 1 611 tun, černé (prase divoké) 11 545 tun, zaječí 87 tun, bažantí 357 tun a kachní (kachna divoká) 167 tun.

³ Obora je druh honitby s minimální výměrou 50 ha, splňující podmínky pro intenzivní chov zvěře a mající svůj obvod trvale ohrazený tak, že chovaná zvěř nemůže z obory volně vyběhat. Bažantnice jsou dnes nejčastěji součástí uznaných honiteb, mají minimální výměru 100 ha a nejsou oploceny.



Obr. 50: Vývoj odlovu srstnaté zvěře v České republice za období 2012-2021
Zdroj: ČSÚ, 2022



Obr. 51: Vývoj odlovu pernaté zvěře v České republice za období 2012-2021
Zdroj: ČSÚ, 2022

Kvalita zvěřiny

Zvěřina patří jako produkt mysliveckého hospodaření k velmi kvalitním potravinám. Při jejím získávání, ošetřování, skladování a zpracování musí být co nejvíce eliminovány kvalitativní a kvantitativní ztráty a dodržována všechna veterinární a hygienická pravidla pro zacházení se zvěřinou jako potravinou určenou k lidské spotřebě. Zvěřina se vzhledem ke svému složení právem řadí mezi dieteticky nejhodnotnější potraviny, neboť se vyznačuje vysokým obsahem bílkovin a současně velmi nízkým obsahem tuku. Tento tuk však má pro člověka významný podíl velmi hodnotných nenasycených mastných kyselin. Zvěřina je považována za vysoce cennou potravinu a od toho se také odvíjí její často vyšší cena. Zvěřina se velmi dobře hodí i pro dietní kuchyni.

Další produkty z volně žijící zvěře

Při zpracování ulovené zvěře získáme kromě zvěřiny i další vedlejší živočišné produkty. Těmito produkty mohou být např. kůže, peří, rohy nebo parohy. Všechny tyto produkty mohou nalézt i další využití pro společnost, např. při výrobě střepek nožů, oblečení nebo dekorativních předmětů. V České republice bylo v roce 2021 uloveno přes 90 000 lišek, více než 11 000 kun a téměř 5 000 jezevců. Tito ulovené živočiškové tak mohou představovat velký potenciál při využívání jejich kožešiny. Tento potenciál narostl i s ohledem na zákaz chovu zvířat určených převážně pro získání kožešin, platný v České republice od února roku 2019.

7.2.2 VČELAŘSTVÍ

Včelařství je vnímáno jako velmi důležité odvětví v oblasti zemědělství, ale i lesnictví. Včela medonosná zajišťuje opylení hmyzosubných rostlin a velmi významně se podílí na zachování biodiverzity krajiny v přírodních ekosystémech. Chov včel je významným a nenahraditelným přínosem pro celou společnost. Přínos tohoto odvětví je mnohdy srovnáván s výnosem z prodeje medu. Tyto hodnoty jsou však nepoměřitelné a neslučitelné, a to především z hlediska přínosu z opylovací činnosti a celospolečenského významu pro společnost. Produkce medu a včelích produktů je jen malou součástí významu chovu včel jako takového. Včely produkují biologicky cenné a prospěšné látky – med, pyl, propolis, mateří kašičku, včelí jed a vosk. V rámci Evropské unie je přínos z chovu včel pro společnost vyčíslen částkou 14,2 miliardy EUR ročně. Současně je nutné si uvědomit, že 84 % druhů rostlin a 76 % potravinové výroby jsou závislé na opylování včelami. Chov včel zásadním způsobem přispívá k podpoře ekonomické stability, zachování ekologické rovnováhy v krajině a ochraně biologické rozmanitosti. Jedním z faktorů, který nepříznivě ovlivňuje české včelařství, je relativně nízká spotřeba včelích produktů, zvláště medu. V ČR se spotřeba medu pohybuje kolem 0,9 kg na obyvatele za rok. Produkce medu se v posledních letech výrazně nemění, ročně dosahuje hodnoty kolem 8 000–9 000 tun. Rostlinná barviva obsažená v míze dřevin způsobují, že med získaný opylováním dřevin je tmavší oproti medu získanému z květů lučních rostlin. V roce 2020 bylo v České republice evidováno 64 105 včelařů se 694 086 včelstvy (MZe, 2022).

7.2.3 KONZUMACE HMYZU

Mezi lesní zoomasu s potenciálem zajištění potravy lze zařadit obecně i hmyz. Ten je v mnoha oblastech světa historicky považován za potravinu. V Evropě je konzumace hmyzu neobvyklá, nicméně v poslední době zájem o jedlý hmyz roste jak u konzumentů, tak i u výrobců potravin. Podle Nařízení (ES) č. 2283/2015 lze od 1. ledna 2018 považovat hmyz za potravinu nového typu. Jedlý hmyz je ale zatím v evropském potravinářském průmyslu používán jen zřídka, a případná mikrobiologická, chemická a fyzikální rizika spojená s používáním hmyzu ve výrobě potravin proto nebyla všechna dosud dostatečně prozkoumána. Zařízení pro chov hmyzu jako potraviny či krmiva musí vyhovovat příslušným předpisům platným pro chov hospodářských zvířat. Patří mezi ně kontrolované podmínky chovu a krmení, které zabraňují mikrobiální a chemické kontaminaci. Z tohoto důvodu tak zatím nelze reálně uvažovat o nabytí významu hmyzu jako potraviny produkované z lesa.

SHRNUTÍ KAPITOLY

Z uvedeného je možné vidět, že dříví, resp. dendromasa, není jediným produktem lesa, který můžeme využívat. Lesní podniky mají různé možnosti zabezpečení výnosů, např. prostřednictvím přidružené lesní výroby z nedřevních produktů lesa. Ze samotného termínu „přidružená lesní výroba“ je zřejmé, že takto dosažené výnosy se nebudou rovnat výnosům z prodeje dříví, na druhou stranu tato výroba může podnikům pomoci překlenout období s nižšími objemy těžby dříví. Z hlediska lesní bioekonomiky je pak žádoucí nahrazovat minerální (fosilní) zdroje za obnovitelné biologické vsude, kde je to možné. Právě fototerapie je jednou z možností jak tyto zdroje nahrazovat ve farmacii.

Zoomasu, nebo také živočišnou biomasu, tvoří v lesním prostředí živočichové. Někteří z nich jsou již po velmi dlouhou dobu předmětem lovu po celém světě. V našich podmínkách získáváme z lesních porostů zoomasu nejčastěji jako ulovenou zvěř podle zákona o myslivosti, případně také v podobě chovu ryb nebo včel. Z ulovené zvěře získáváme velmi kvalitní produkt v podobě zvěřiny, tj. masa z ulovené zvěře. V roce 2021 jsme například jen z ulovených divokých prasat získali 11 545 tun zvěřiny. Z ulovené zvěře lze využít i další živočišné produkty, jako např. kožešiny, rohy nebo parohy. Chov včel je také úzce spojen s lesnictvím a úloha včel pro krajinu a člověka je nenahraditelná. V rámci Evropské unie je přínos z chovu včel pro společnost vyčíslen částkou 14,2 miliardy EUR ročně. Ročně se v ČR vyprodukuje průměrně 8 000-9 000 tun medu. V současnosti je také globálně řešeno téma jedlého hmyzu. Vzhledem však k platným podmínkám pro produkci hmyzu jako potravin nelze v oblasti lesního hospodářství prozatím s tímto živočišným produktem kalkulovat.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Co jsou to nedřevní produkty lesa?
2. Jaké druhy nedřevních produktů lesa můžeme využívat v přidružené lesní výrobě?
3. V jakých lesích můžeme plně využívat potenciál produkce lesních plodů?
4. Jak můžou koefektory ovlivňovat účinky drogy?
5. Jak můžeme zpracovat léčivé rostliny, pokud je chceme používat ve fytoterapii?
6. Co všechno lze zahrnout mezi zoomasu, kterou využíváme v rámci lesního hospodaření?
7. Jaké další živočišné produkty kromě zvěřiny lze využít z ulovené zvěře?

POUŽITÁ LITERATURA

- Biron, M., 2013, *Thermoplastics and thermoplastic composites*, 2nd ed. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-1-4557-7898-0.
- Brabenec, M., 1984. Zber liečivých rastlín. Praha: Svépomoc, 190 s. ISBN: 98-005-84.
- ČSÚ, 2022. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/zakladni-udaje-o-honitbach-stavu-a-lovu-zvere-od-1-4-2021-do-31-3-2022> [cit. 5.6.2022].
- Demko, J. a Lukáč, T., 1990. *Komplexné využitie biomasy v lesnom hospodárstve*. Zvolen: VŠLD, 183 s.
- Emery, M.R. and McClain, R.J. *Non-timber forest products*. Boca Raton: CRC Press, 176 pp. <https://doi.org/10.1201/9780429246630>.
- Foreign Fork, 2021. Dostupné z: <https://foreignfork.com/pickled-mushrooms/>
- Ginterová, A., 1992. *Pestujeme huby*. Bratislava: Príroda, 208 s. ISBN: 80-07-00517-X.
- Grocnowski, W., 1976. *Ubozna produkcja lešna*. Warszawa: PWN, 570 pp.
- Habán, M., 1996. *Pestovanie liečivých rastlín*. Bratislava: ÚVTIP NOI Nitra, 141 s. ISBN 80-85330-29-6.
- Hanzal, V., Hart, V., Janiszewski, P., Forejtek, P., Mrkvičková Kořanová, D., 2018. *Myslivost II*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Druckvo, 320 s.
- Ingr, I., 2007. *Základy konzervace potravin*. Brno: Mendelova Univerzita, 119 s. ISBN 978-80-7375-110-4.
- Jablonský, I. a Šašek, V., 2006. *Jedlé a léčivé houby: pěstování a využití*. Praha: Brázda, 280 s.
- Kresánek, J., 1988. *Atlas liečivých rastlín a lesných plodov*. 3. vyd. Martin: Osveta, 398 s.
- Jarklová, J. a Pelikán, J., 1999. *Ekologický slovník: terminologický a výkladový*. 1.vyd. Praha: Fortuna, 144 s.
- Kouřimská L. a Kulma M., 2020. Bezpečnost konzumace jedlého hmyzu. *Výživa a potravin*, 2020.
- Linser, S., Püzl, H., Bastrup-Birk, A., Camia, A., Marchetti, M., 2016. Forest bioeconomy – a new scope for sustainability indicators. From Science to Policy 4. European Forest Institute. 32 pp. ISBN 978-952-5980-29-5.
- Lukáč, T., 1980. *Komplexné využitie biomasy v lesnom hospodárstve*. Zvolen: VŠLD, 186 s. ISBN 85-1209-80.
- Mushrooms-Bigbadmole, 2023. Dostupné z: <https://mushrooms-cs.bigbadmole.com/pererabotka/zasolka/goryachaya-zasolka-ryzhikov-populyarnye-sposoby.html>
- MZe, 2022. *Situační a výhledová zpráva - včely*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 34 s. ISBN 978-80-7434-656-9.
- MZe, Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020, 2021, 128 s., ISBN 978-80-7434-625-5
- Nieuwenhuijzen, B. V. and Oei, P., 2006. *Small-scale mushroom cultivation: oyster, shiitake and wood ear mushrooms*. Agrodok 40. Wageningen: Digigrafi, 86 pp. ISBN Agromisa: 90-8573-038-4.
- Pražienková, S., 2012. *Kvalita ovocia a zeleniny v Českej a Slovenskej republike*. Diplomová práca, Brno: AF Mendělova univerzita, 99 s.
- Rankito, 2020. Dostupné z: <https://www.rankito.cz/jak-susit-houby>
- ReceptyOnline, 2023. Dostupné z: <https://www.receptyonline.cz/kvasene-houby-3-vyzkousene-recepty/>
- Spilková J., Martin, J., Siatka, T., Tůmová, L. a Kašparová, M., 2016. *Farmakognozie*. Praha: Karolinum, 348 s. ISBN: 978-80-246-3294-0.
- Thurzová, L., 1968. *Malý atlas liečivých rastlín*. 3., pozmen. a dopl. vyd. Martin: Osveta, 420 s.
- ReceptyOnline, Kvašené houby - 3 vyzkoušené recepty | ForeignFork, 2021 ReceptyOnLine.cz - kuchařka, recepty a inspirace; How to Make Pickled Mushrooms - The Foreign Fork

8 PRVKY CIRKULARITY, KASKÁDOVÉ VYUŽITÍ BIOMASY

Cílem kapitoly je prezentovat informace týkající se cirkulární ekonomiky a vztahu cirkulární ekonomiky a bioekonomiky. Dalším cílem je poskytnout informace o principu a výhodách kaskády a uvedené informace zasadit do kontextu aktuální socioekonomické situace v ČR.

Klíčová slova: cirkularita, biomasa, energetika, kaskáda, odpady

8.1 CIRKULARITA

Cirkularita (oběhovitost) je termín, se kterým se lze setkat v literatuře nejčastěji přímo ve spojení s ekonomikou, nebo ekonomikou. Cirkulární ekonomie je myšlenkový směr, jeden z proudů v ekonomii; ekonomika pak představuje praktické přístupy, vztahy, produkční a kooperační vazby. Cirkulární ekonomie je relativně nový pojem, se kterým se setkáváme od začátku 21. století. Stěžejními impulsy pro její vývoj byly zejména rozšíření environmentálních myšlenek a ekologických přístupů v úzké vazbě na problémy spojené s udržitelností spotřeby v budoucnu a také s problematikou odpadového hospodářství. Principy, na které se cirkulární ekonomie odkazuje, však mají mnohem širší historické souvislosti. Například již Thomas Malhus se v 18. století zabýval neudržitelností spotřeby v souvislosti s rostoucí populací.

Cirkulární ekonomie je postavena na teoretickém konstruktivním využívání surovin a vytváření kvalitativně nových produkčních cyklů. Jedná se o nahrazování *lineárních* výrobních řetězců (ve kterých ze surovin vzniká výrobek a následně z něj odpad), na řetězce *cirkulární*, které zajišťují oběh již využitých materiálů a jejich vracení do výroby; dochází ke změně pohledu na produkci odpadu, který má být minimalizován nejen na konci životního cyklu výrobku, ale i během samotného životního cyklu výrobku. Tzv. princip *cradle to grave* (*od kolébky do hrobu*) má být nahrazen principem *cradle to cradle*, tedy *od kolébky ke kolébce* (Kislingerová a kol., 2021). Samotný životní cyklus výrobku představuje „život“ produktu od těžby surovin až po jeho odstranění ze systému. Často se hodnotí vlivy/dopady výrobku na životní prostředí a v tomto kontextu se posuzují i vývojová stádia výrobků – je zahrnuto již i posuzování vývojových fází budoucího produktu na životní prostředí. V tomto kontextu hovoříme o tzv. *LCA analýze* (*Posuzování životního cyklu – life cycle assessment, který je spojený i s normami ISO týkajícími se environmentálního managementu, konkrétně ISO 14040*).

Je jasné, že kompletně cirkulární systém neexistuje, pomocí cirkulárního přístupu však lze efektivně zmírňovat dopady na životní prostředí při současném reflektování ekonomického a sociálního přístupu, který odráží společenskou změnu. V cirkulární ekonomice dochází také k omezení energetických ztrát, které by měly být ideálně opět nulové.

Cirkulární ekonomie a ekonomika úzce souvisí s veřejným, resp. globálním zájmem. Jedná se také o jednu z transformačních politik *Green Dealu*, kdy oběhové hospodářství má napomoci naplnění cíle uhlíkové neutrality. Na evropské úrovni byly v minulosti také přijaty tzv. balíčky pro oběhové hospodářství – první se zaměřil zejména na problematiku odpadů, druhý balíček se zaměřuje na celý životní cyklus. S cirkularitou např. souvisí i směrnice a problematika týkající se odpadů, skládkování apod.

Aby bylo možné hovořit o cirkulárním přístupu, poukazuje Maitre-Ekern (2017) na podmínky, které mají být splněny. Jedná se o:

- *Holistický přístup* (životní cyklus produktů v dlouhodobém horizontu)
- *Trvanlivost a opravitelnost* (použitý materiál, dostupnost náhradních dílů a možnosti dopravy)
- *Vytváření smyček* (opětovný prodej, recyklace)
- *Zapojení spotřebitelů*

Na podnikové úrovni se dá cirkularita měřit pomocí různých indikátorů, mezi které lze zařadit např. *recyklaci, nakládání s odpady, opětovné použití, efektivitu zdrojů* atp. (Kristensen, Mosgaard, 2020). Přístupy firem k problematice životního prostředí jsou zároveň často pod drobnohledem zákazníků (spotřebitelů), kteří svým chováním často na firmy vytváří tlak. Zodpovědný přístup k ochraně životního prostředí bývá součástí propagačních aktivit

firem, a může představovat i zajímavou konkurenční výhodu a vodítko pro spotřebitele, který se rozhoduje, kterému výrobcí dá přednost.

Nový akční plán pro oběhové hospodářství – Čistší a konkurenceschopnější Evropa (EK, 2020) ve svém Úvodu konstatuje, že do roku 2050 dojde k enormnímu nárůstu spotřeby (v případě biomasy dvojnásobně – viz zpráva *OECD/Global Material Resources Outlook to 2060 z roku 2018*) a roční produkce odpadu se má do stejného období zvýšit o 70 % (viz zpráva Světové banky z roku 2018 *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*). Tyto informace logicky vyúsťují ve snahu o hledání způsobů, jak danou situaci co nejefektivněji řešit. V tomto kontextu se prognózy zdají být neudržitelné s velkým negativním dopadem na budoucí generace. Proto se hledají nové způsoby, jak na situaci reagovat. Jednou z cest je vyšší míra využití obnovitelných zdrojů, další je pak vyšší míra recyklace a snaha o prodloužení životnosti výrobků. Kontrola se také věnuje způsobu likvidace a hledání ekologicky šetrnějších cest, jak naložit s výrobky poté, co už ztratily svou funkčnost. S tím právě úzce souvisí i cirkulární, resp. oběhové hospodářství.

Cirkularita a odpadové hospodářství

Problematika tvorby odpadu je jednou ze zásadních oblastí cirkulární ekonomiky. V květnu 2022 byl v České republice aktualizován *Plán odpadového hospodářství pro roky 2015 až 2024* (s výhledem do roku 2035). Hlavní cíle jsou čtyři a jedním z nich je právě *přechod k oběhovému hospodářství*, dále pak *předcházení vzniku odpadů, zvýšení recyklace a materiálového využití odpadů* (MŽP, 2022).

Na webové stránce Ministerstva životního prostředí jsou k dispozici souhrnná data o nakládání s odpady, stejně jako např. indikátory odpadového hospodářství. Každý obyvatel ČR ročně vyprodukuje více než 0,5 tuny komunálního odpadu a téměř 3,5 tuny odpadu celkem. V posledních třech letech (2018 až 2020) zůstává produkce odpadu na obyvatele téměř konstantní; z regionálního hlediska se nejvíce odpadu vyprodukuje ve Středočeském kraji, v hlavním městě Praze a v Jihomoravském kraji. U komunálního odpadu je na prvním místě opět Středočeský kraj, následovaný krajem Moravskoslezským a na třetím místě je Hlavní město Praha (MŽP, 2022).

Cirkulární ekonomika a bioekonomika

Často diskutovaným je vztah mezi cirkulární ekonomikou a bioekonomikou. Názor na jejich vzájemný vztah závisí zejména na přístupu konkrétního autora. Buď může být cirkulární ekonomika spojena s recyklací surovin a spolu s bioekonomikou (v tomto přístupu je bioekonomika náhrada fosilních paliv obnovitelnými zdroji) a zelenou ekonomikou (synonymum pro nízkouhlíkovou strategii) tak představuje relativně samostatný koncept. Jiný přístup pak bioekonomiku chápe jako nadstavbu cirkulární ekonomiky (Nova institut, 2016).

Biomasa a bioekonomika, cirkulární ekonomika

Hetemäki (2017) definuje bioekonomiku jako obnovitelné využívání biomasy a její přeměnu na materiály, produkty a služby. Proto má biomasa v bioekonomice (i cirkulární ekonomice) velmi významnou úlohu.

Biomasa byla již zmíněna v předchozích kapitolách textu; pro doplnění je zde uvedena oficiální definice - „*biomasou se rozumí biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu (EU, 2001)*“

Kromě pojmů zmíněných v přechodných kapitolách (fytomasa, dendromasa, zoomasa) můžeme biomasu dělit na – *biomasu pěstovanou pro energetické účely* (například rychle rostoucí dřeviny, kam se běžně řadí např. topoly, vrby olše atp.), a *biomasu odpadní* (odpady z rostlinné či živočišné výroby, z těžby a zpracování dříví a odpadů s původem v lese, biologicky rozložitelné komunální a průmyslové odpady a splašky z kanalizace). Lze se však setkat i s jiným (dalším) rozdělením biomasy – dle obsahu vody na: *suchou* (dřevo, dřevní opady), *vlhkou* (mokrou; např. kejda), *speciální*.

Nejčastější metodou pro získávání energie z biomasy je spalování, existují však další možnosti jako např. zkapalňování, zplyňování, kvašení atp. Energetickým využitím dřevní biomasy se zabývala kap.6.4 .

8.2 KASKÁDOVÉ VYUŽITÍ BIOMASY

Kaskádové využití biomasy je „*jakékoli zdrojově účinné a oběhové využívání biomasy*“ (EU, 2019). Konkrétně se jedná o kaskádové využití v odvětvích, která závisí na lesnictví (tj. dřevozpracující průmysl, výroba papíru a celulózy, biorafinérie). Dřevní biomasu však využívají jako surovinu i jiná odvětví (např. chemický průmysl).

O kaskádovém využívání hovoříme od 70. let minulého století, a to zejména s řešením dopadů na životní prostředí a neobnovitelnými surovinami. Jednalo se však zejména o lineární přístupy (např. kulatina → stavební řezivo + vedlejší produkty a energie), které mohly být následně rozvinuty a nahrazeny pokročilejšími přístupy díky technologickému rozvoji, který výrazně posunul možnosti efektivněji zpracovat vstupy (zdroje), ale i jiným, kvalitativně lepším způsobem pracovat s problematikou odpadů. Evropská komise v minulých letech vydala několik studií, které jsou na problematiku kaskádového využití navázané, a to (EU, 2019):

- *Evropské dřevo* (v originále: European Wood) z roku 2010 zabývající se toky dřeva;
- *Indufor* (Studie o dostupnosti biomasy v EU a konkurenceschopnosti odvětví EU založených na lesnictví), vydaná v roce 2014;
- *Kaskády* (Cascades) - Studie o optimalizovaném kaskádovém využívání dřeva (2016).

Vydávané dokumenty jsou součástí celkového přístupu k řešení problematiky neobnovitelných zdrojů, v oblasti životního prostředí, zemědělství, lesnictví, energetiky, změny klimatu i výzkumu.

Kaskádové využití je založeno na principech (EU, 2019):

- » **Udržitelnosti.** V tomto principu jde o vyvažování všech hledisek – environmentálních, ekonomických i sociálních hledisek z dlouhodobé perspektivy. Kaskádové využití pomáhá naplňování cílů udržitelného rozvoje (konkrétně se jedná o cíle 8, 12, 13 a 15), které představují vytváření nových ekonomických příležitostí, udržitelnější využívání biomasy, udržení biomasy ukládající uhlík. Kaskádové využití zvyšuje dostupnost obnovitelných materiálů, čímž dochází ke snížení spotřeby výrobků založených na fosilních palivech. Zvýšená míra zpracování materiálů a výroba a distribuce energií včetně recyklace snižuje produkované emise.
- » **Účinného využívání zdrojů,** kde dochází mj. k zužitkování hlavních i vedlejších toků biomasy, snížení produkce odpadů, hledání inovativních možností využití,
- » **Oběhovosti,** která souvisí i se samotným plánováním životního cyklu výrobku s ohledem na efektivní zdrojovou surovinu, případně materiálový mix. Velkou úlohu zde sehrává i informovanost spotřebitelů a jejich ochota akceptovat nové výrobky a informace o nich. výrobci. S oběhovostí souvisí i nastavení místních, regionálních i mezinárodních trhů při obchodování se surovinami a výrobky.
- » **Nových výrobků a nových trhů.** Zejména se jedná o podporu použití dřevní biomasy ve výrobcích s vysokou přidanou hodnotou a na nových trzích, což koresponduje s podporou poptávky a transparentností trhu. Nelze si nevšimnout, že např. poptávka jako taková úzce souvisí s informovaností spotřebitelů (viz bod výše), tito vytváří tlak na výrobce, aby produkovali výrobky, které jsou udržitelné (viz princip 1 – Udržitelnost) a zároveň musí sami spotřebitelé být přesvědčeni o přínosech takových výrobků.
- » **Subsidiarity.** Princip subsidiarity je obecně známý zejména v souvislosti s politickými rozhodnutím a je přímo jednou ze zásad fungování Evropské unie podle Maastrichtské smlouvy⁴. Princip obecně značí, že mají být rozhodnutí přijímána na co nejnižší úrovni (co nejbliže občanům – přiřazování rozhodovací pravomoci obcím a regionům) tak, aby rozhodovací pravomoc byla v rukách subjektů, které mají relevantní a obsáhlé informace o řešeném problému. V souvislosti s kaskádovým využitím jde o respektování vnitrostátních, regionálních a místních souvislostí, protože na materiály se pohlíží různým způsobem dle toho, jaká je dostupnost, zpracovatelská kapacita a vzdálenost trhů v dané lokalitě (zemi), což ovlivňuje alokaci biomasy i možnosti jejího využití, i využití pro energetické účely.

⁴ Viz <https://www.europarl.europa.eu/about-parliament/cs/in-the-past/the-parliament-and-the-treaties/maastricht-treaty>

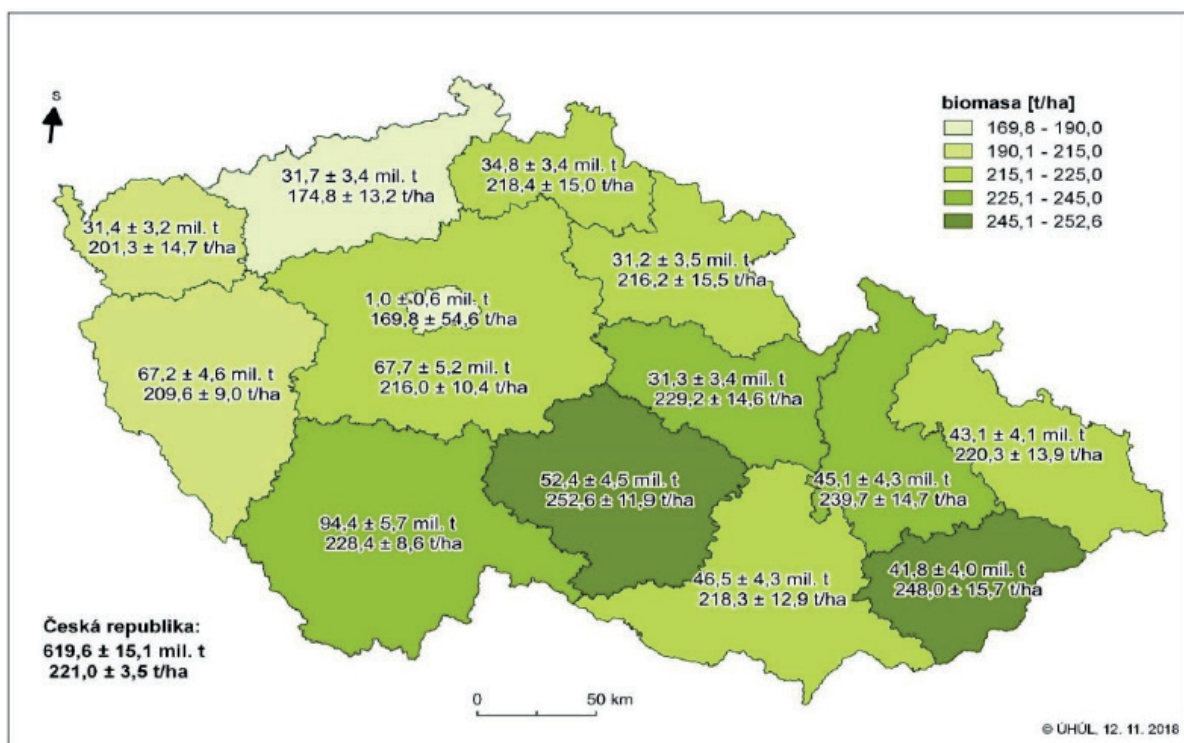
Kaskádové využití tak vede k úspoře fosilních zdrojů, snižuje emise skleníkových plynů a vede k vyšší efektivitě využití zdrojů, čímž směřuje k tvorbě vyšší hodnoty. Na druhou stranu je třeba podotknout, že kaskádové využití vyžaduje poměrně náročné logistické procesy a relativně složitou síť /propojení jednotlivých aktérů. Kaskáda dřeva slouží k zajištění delšího hodnotového řetězce tak, aby se nejprve dřevo jako surovina využilo pro výrobky s vyšší přidanou hodnotou (např. stavební materiál) a na konci pro výrobu energie.

Kaskády podle typů výrobků (buničina, stavební řezivo, dřevěné domy atp.) jsou na konkrétních příkladech uvedeny v publikaci *Pokyny pro kaskádové využití biomasy s vybranými příklady osvědčených postupů v souvislosti s dřevní biomasou – EU, 2019. Jedná se např. o využití zbytků dřeva (biouhel), dřevní paliva s vyšší energetickou účinností a nižšími emisemi, textilie z dřevní biomasy, chemické látky a biopaliva na bázi hemicelulózy atp. Více informací o konkrétních příkladech je k dispozici v předmětné publikaci.*

V *Koncepci státní lesnické politiky do roku 2035* jsou uvedené údaje převzaté z NIL 2 (2011-2015), a týkají se informací o biomase a uhlíku. Tyto informace je možné zvažovat s ohledem na potenciál využití biomasy v ČR (blíže viz obr. 52). Podporou rozvoje a propagace využití biomasy, bioplynu a biometanu v ČR se zabývá České sdružení pro biomasu (CZ BIOM).

Celková a hektarová hmotnost sušiny nadzemní biomasy v krajích, období NIL2 (2011–2015)

Všechny živé stromy nad 7 cm a min výškou 5 m (kmeny, pařezy, kůra, silné a slabé větve, jehličí a listy).



Obr. 52 : Nadzemní biomasa v krajích

Zdroj: Koncepce státní lesnické politiky do roku 2035, str. 27 (MZe, 2020)

Jako regulační nástroj je v Koncepci SLP do roku 2035 zmiňován přímo lesní zákon („*regulovat odběr biomasy tak, aby neohrožoval stav lesních ekosystémů*“) a jedná se o nástroj k dosažení tzv. dlouhodobého cíle B, který je zaměřen na zvyšování ekologické stability lesních ekosystémů (blíže viz Koncepce SLP do roku 2035; MZe, 2020).

Obnovitelné zdroje energie

Využití biomasy je součástí publikací Ministerstva průmyslu a obchodu, které od roku 2003 publikuje zprávy týkající se obnovitelných zdrojů energie (*Obnovitelné zdroje energie – Výsledky statistického zjišťování*), kde se věnuje nejen podílům obnovitelných zdrojů energie na energetické bilanci ČR, ale přímo také energetickému využití biomasy. Aktuální zpráva z roku 2021 (publikovaná v říjnu 2022) informuje o tom, že se hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie podílela na celkové výrobě elektřiny 12,6 % (MPO, 2022). Rozdělení výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, včetně rozdělení na jednotlivé kategorie biomasy, ve stejném roce je v tabulce 8.

Do obnovitelných zdrojů se započítávají energie vody, větru, slunečního záření, pevné biomasy a bioplynu, geotermální energie, energie okolního prostředí a energie kapalných biopaliv. Do roku 2020 byl rovněž platný dokument s názvem *Akční plán pro biomasu v ČR (2012-2020)*.

Tab. 8: Elektřina z OZE, 2020

Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů v roce 2020

	Hrubá výroba elektřiny (MWh)	Podíl na elektřině z OZE (%)	Podíl na hrubé výrobě elektřiny (%)
Vodní elektrárny	2 143 884	20,72%	2,63%
MVE < 1 MW	523 368	5,06%	0,64%
MVE 1 až < 10 MW	655 337	6,33%	0,80%
VVE ≥ 10 MW	965 180	9,33%	1,19%
Biomasa celkem	2 498 965	24,16%	3,07%
Palivové dříví	0	0,00%	0,00%
Štěpka apod.	1 247 045	12,05%	1,53%
Celulózoové výluhy	915 413	8,85%	1,12%
Neaglom. rostlinné materiály	98 977	0,96%	0,12%
Pelety a brikety	236 273	2,28%	0,29%
Ostatní biomasa	0	0,00%	0,00%
Kapalná biopaliva	1 258	0,01%	0,00%
Bioplyn celkem	2 596 450	25,10%	3,19%
Komunální ČOV	94 715	0,92%	0,12%
Průmyslové ČOV	19 547	0,19%	0,02%
Bioplynové stanice	2 405 491	23,25%	2,95%
Skládkový plyn	76 697	0,74%	0,09%
Biologicky rozložitelná část TKO	119 378	1,15%	0,15%
Větrné elektrárny	699 083	6,76%	0,86%
Fotovoltaické elektrárny	2 287 014	22,11%	2,81%
Celkem	10 344 774	100%	12,70%

Zdroj: MPO, 2022, str. 6

Zpráva obsahuje i další informace přehledně publikované ve formě tabulek i grafů, včetně časových řad. Na evropské úrovni je možné se odkázat na webové stránky Evropské komise (EC, 2022), kde jsou prezentována data o biomase v EU (Infographics on biomass sources and uses in the EU-27).

SHRNUTÍ

Cirkularita je spojena s efektivním využíváním surovin a nahrazením lineárních výrobních řetězců tak, aby docházelo k eliminaci odpadu. Cirkularita má vazbu jak na udržitelnost, tak má úzkou spojitost s bioekonomikou. V souvislosti s lesní bioekonomikou je významná zejména biomasa, která je pěstována buď záměrně (RRD), nebo ta, která je odpadem. Biomasa je zároveň významným energetickým zdrojem. Kaskádové využití biomasy představuje využití biomasy v odvětvích, která jsou závislá na lesnictví (např. dřevozpracující, či papírenský průmysl, energetický průmysl atp.)

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Popište cirkulární ekonomiku a uveďte principy, na kterých je založena.
2. Popište princip kaskády a uveďte výhody kaskádového využití.
3. Zhodnoťte úlohu biomasy a OZE v ČR.

POUŽITÁ LITERATURA

- České sdružení pro biomasu, 2022. Dostupné z: <https://www.czbiom.cz/> [cit. 5.6.2022].
- EK, 2020. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098> [cit. 5.6.2022].
- EC, 2022. Dostupné z: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/infographics-biomass-sources-uses-eu-27-2017-data_en [cit. 5.6.2022].
- European Commission, 2019. *Pokyny pro kaskádové využití biomasy s vybranými příklady osvědčených postupů v souvislosti s dřevní biomasou*. 66 s. ISBN 978-92-79-93136-9.
- EU, 2001. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32001L0077&from=CS> [cit. 5.6.2022].
- Hetemäki, L., 2017. *Future of forest industry in bioeconomy*. Lecture at the Managerial economics and business strategy in forest industry course, University of Helsinki, 16 February 2017. DOI:10.13140/RG.2.2.25828.78727.
- Kislingerová, Eva, 2021. *Cirkulární ekonomie a ekonomika: společenské paradigma, postavení, budoucnost a praktické souvislosti*. Praha: Grada Publishing, 264 s. ISBN 978-80-271-3230-0.
- Kristensen, H., S.; Mosgaard, M., A., 2020. A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability? *Journal of Cleaner Production*, Vol. 243, 118531.
- MZe, 2020. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/koncepce-a-strategie/koncepce-statni-lesnicke-politiky-do.html> [cit. 5.6.2022].
- Maitre-Ekern, E., 2017. *The Choice of Regulatory Instruments for a Circular Economy*. In: Mathis, K., Huber, B. (eds) *Environmental Law and Economics. Economic Analysis of Law in European Legal Scholarship*, vol 4. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50932-7_12.
- MPO, 2022. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/obnovitelne-zdroje-energie-v-roce-2021--270784/> [cit. 5.11.2022].
- MŽP, 2022. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika [cit. 5.6.2022].
- Nova institut, 2016. Dostupné z: <https://www.bioeconomy.fi/bioeconomy-more-than-circular-economy/> [cit. 5.6.2022].

DALŠÍ DOPORUČENÁ LITERATURA A ODKAZY:

- Eurostat, 2022. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares> [cit. 5.6.2022].
- Informační systém odpadového hospodářství, 2022. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/> [cit. 5.6.2022].
- Mezinárodní energetická agentura, 2022. Dostupné z: <https://www.iea.org/> [cit. 5.6.2022].
- Knowledge Centre for Bioeconomy, 2022. Dostupné z: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/bioeconomy/topic/forestry-biomass_en [cit. 5.6.2022].
- EK, 2022. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs [cit. 5.6.2022].

9 BIOEKONOMIKA JAKO SOUČÁST HOSPODÁŘSKÉ STRATEGIE

Cílem kapitoly je seznámit s hlavními bioekonomickými strategiemi a souvisejícími dokumenty pro získání přehledu o vývoji koncepcí v této oblasti, současném stavu a vývoji do budoucna.

Klíčová slova: bioekonomika, strategie, koncepce, akční plán

9.1 STRATEGIE OECD

Strategie OECD popisuje současný stav a možný vývoj do budoucna. Obsahuje institucionální a společenské opatření k podpoře bioekonomiky. Jedná se o:

- veřejný výzkum,
- regulaci,
- práva k duševnímu vlastnictví,
- sociální postoje.

Další část je zaměřena na podnikání v rozvíjející se bioekonomice. Obsahuje aktuální obchodní modely pro biotechnologie a rozvíjející se obchodní modely v biotechnologii. Dále obsahuje scénáře pro rok 2030 a návrhy politiky k dosažení cílů.

Některé politické přístupy a nástroje pro vznikající bioekonomiku jsou uvedeny níže:

- **Dotace v oblasti výzkumu.** Využití veřejných zdrojů k vytváření znalostních vstupů, jako je výzkum a vývoj soukromého a veřejného sektoru a lidské zdroje prostřednictvím vzdělávání výzkumných pracovníků, vědců, techniků atd. To by mohlo zahrnovat jak výzkum orientovaný na mise, tak podporu specifické technologie a multidisciplinární výzkum.
- **Tvorba trhu.** Zavádění pobídkové struktury, která by mohla zahrnovat i jiné věci, pokyny pro zadávání zakázek, dotace na výrobu, stimulace cen, obchodní bariéry (buď jejich zřízení, nebo odstranění), a politiky hospodářské soutěže.
- **Předpisy / normy.** Mandáty týkající se bezpečnosti, registrace výrobků, reklamy, environmentální mandáty (např. obchodovatelné trhy s uhlíkem, hodnocení životního cyklu) atd. Může to být také nástroj pro vytváření trhu.
- **Investice do infrastruktury.** Vytváří základní rámec pro systémy, jako je veřejná zdravotní péče, společná věda, databáze, doprava, energie výroba a distribuce atd.
- **Výzkum prohledávání.** Mapuje vazby mezi vyvíjejícími se výzkumnými programy (včetně cíleného a multidisciplinárního výzkumu), regulačními rámci, politiky iniciativ a vývojem nových technologií.
- **Veřejná fóra.** Rozvíjí veřejnou diskusi, debatu a vzdělání v oblastech jako je etika, přínosy a rizika a užitečnosti biotechnologie.
- **Závazky v oblasti rozvoje.** Uplatňuje finanční a jinou podporu (technologie transfer, spolupráce mezi univerzitami atd.) do rozvojových zemí. Tento nástroj zahrnuje iniciativy, jako jsou rozvojové cíle tisíciletí OSN.

9.2 EVROPSKÉ TECHNOLOGICKÉ PLATFORMY

Přehled Evropských technologických platform (ETP) aktivních v oblasti bioekonomiky:-

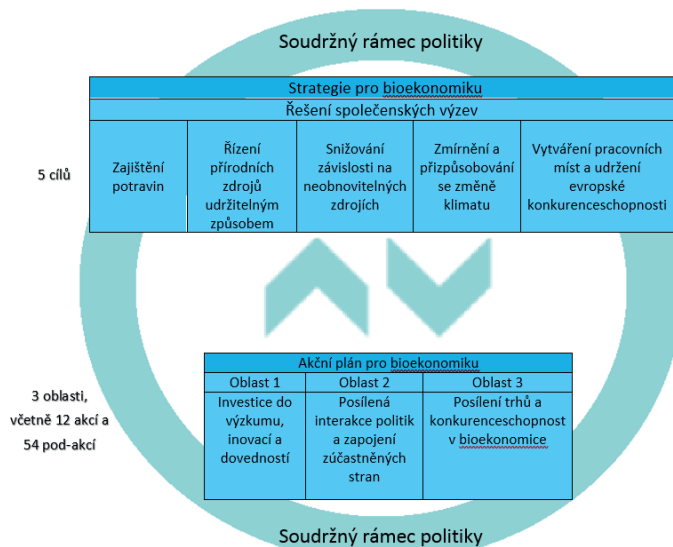
- a) Plants for Future (soustředí se na genomiku a biotechnologii rostlin);
- b) Forestry (platforma založená na lesním hospodářství);
- c) Sustainable Chemistry (pokrývá průmyslové biotechnologie, snahu o udržitelný rozvoj chemie);
- d) Food for Life (potravin pro život, tedy potraviny podporující zdraví člověka);
- e) Farm Animal Breeding (platforma pro šlechtění a reprodukci zvířat);
- f) Global Animal Health (snaha o zdraví zvířat v globálním měřítku);
- g) Biofuels (biopaliva).

Evropské společnosti se stále více zabývají potřebou vytvářet ekonomiku založenou na biologických materiálech.

9.3 STRATEGIE A AKČNÍ PLÁN PRO UDRŽITELNOU BIOEKONOMIKU

V roce 2012 byla schválena evropská strategie v oblasti bioekonomiky. Strategie Evropa 2020 považuje bioekonomiku za klíčový prvek inteligentního a ekologického růstu v Evropě. Bioekonomika a její akční plán mají za cíl připravit cestu k inovativnějšímu a efektivnějšímu využívání zdrojů. Konkurenceschopná společnost by měla sladit zajišťování potravin s udržitelným využíváním obnovitelných zdrojů pro průmysl a pro účely ochrany životního prostředí. Důležité budou informace o programech výzkumu a inovací v odvětvích bioekonomiky a příspěvní k soudržnějšímu politickému prostředí, k lepšímu propojení mezi národními, evropskými a globálními politikami v oblasti biotechnologie včetně intenzivnějšího veřejného dialogu. Budou usilovat o synergie a respektovat komplementaritu s ostatními oblastmi politiky, nástroji a zdroji financování, které sdílejí a řeší stejnými cíli, jako jsou společná zemědělská a rybářská politika (SZP a SRP), integrovaná v oblasti námořní politiky (IMP), životního prostředí, průmyslu, zaměstnanosti, energetiky a zdraví.

V roce 2012 byla zveřejněna nová strategie a akční plán pro udržitelnou bioekonomiku „Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe.“ Strategie má přispět k rozvoji ekonomiky založené na snížení emisí, udržitelném zemědělství a rybářství, přispět k potravinovému zabezpečení a udržitelnému využití obnovitelných biologických zdrojů pro průmysl. Důležitým rysem strategie je také zachování biodiverzity a ochrana prostředí. Evropská unie má dobrou pozici – na rozdíl od USA má různorodé rostlinné zdroje, může vyrábět mnoho odlišných druhů biologických materiálů.



Obr. 53: Znázornění struktury strategie a akčního plánu pro biotechnologii z roku 2012

Zdroj: EC, 2017b

V oblasti inovací by se strategie v oblasti bioekonomiky měla zaměřit více na to, jak zlepšit produktivitu a logistiku, včetně zefektivnění dovozních cel. Celní politika by měla zajistit evropskému bioprůmyslu konkurenceschopnost (především proti dováženým lacinějším výrobkům). Výzkum by měl být cílený i na inovační programy a ukázkové aktivity. Na financování průkopnických zařízení pro výrobu bioproduktů by se mělo využívat partnerství mezi veřejnými institucemi a soukromými podniky. Bioekonomika je v současné době diskutována v Bruselu jako prolnutí zemědělské politiky s politikami ostatních hospodářských sektorů. Je založen program Evropského partnerství pro inovace, který je platný jak pro zemědělství, tak i pro ostatní directoráty v EU. V zemědělství je od něj požadována „produktivita a udržitelnost“ sektoru, na kterou se má přijít spoluprací vědy a praxe. Očekává se, že do tohoto procesu vstoupí masivně i průmysl.

9.4 AKTUALIZOVANÁ STRATEGIE BIOEKONOMIKY

V roce 2018 byla schválena aktualizovaná strategie bioekonomiky pod názvem Udržitelná bioekonomika pro Evropu: posílení vazby mezi ekonomikou, společností a životním prostředím. Tento dokument se mj. zaměřuje na to, jak bioekonomika přispívá prioritám EU:

- udržitelnost (cíle udržitelného rozvoje)
- nové pracovní příležitosti
- klimatické cíle Pařížské úmluvy
- modernizace a posílení průmyslu (nové hodnotové řetězce, environmentálně příznivější a nákladově efektivní průmyslové procesy)
- obnovitelná součást oběhového hospodářství (snížit potravinové odpady o 50 % v roce 2030)
- podpora zdravějších ekosystémů (moře a oceány bez plastů)
- zastavení znehodnocování půdy do roku 2030.

Dále bylo konstatováno, že zůstává v platnosti pět cílů strategie pro bioekonomiku z roku 2012:

1. zajištění bezpečnosti potravin a výživy
2. udržitelné nakládání s přírodními zdroji
3. snížení závislosti na neobnovitelných, neudržitelných zdrojích, ať už pocházejí z tuzemska nebo ze zahraničí
4. mitigating and adapting to climate change
5. posilování evropské konkurenceschopnosti a vytváření nových pracovních míst.

Tato strategie byla provázána s oběhovým hospodářstvím. Obsahuje akce směřující k udržitelnému, oběhovému hospodářství:

1. posílit a rozšířit odvětví založená na biotechnologiích, zpřístupnit investice a trhy
2. rychle rozšířit místní bioekonomiku po celé Evropě
3. porozumět ekologickým hranicím bioekonomiky.

9.5 VÝZVY BIOEKONOMIKY

Specifický cíl: dostatek bezpečných a vysoce kvalitních potravin a bioproduktů, rozvoj systémů primární produkce využívajících efektivně existující zdroje, posílení souvisejících ekosystémových služeb. Také urychlení přechodu k udržitelnému evropskému biohospodářství. V roce 2050 se očekává světová populace 9 mld., potřeba potravin vzroste o 70 %, podíl zemědělství na emisích skleníkových plynů 10 % (EU), globální nárůst emisí ze zemědělství až 20 % do r. 2030. Biodpad – 138 mil. tun/rok v EU (40 % skončí na skládkách), 30 % produkce potravin ve vyspělých zemích skončí jako odpad. Zemědělství, lesnictví a rybnářství a související bioprůmysl jsou hlavními odvětvími, na kterých se rozvíjí evropské bioekonomika (20 mil. pracovních míst).

Udržitelné zemědělství a lesnictví vyžaduje efektivnější produkci, zmírnění dopadu klimatických změn, udržitelnost, zvýšení produktivity, adaptaci rostlin, zvířat a produkčních systémů na měnící se prostředí a klima formou

nížší spotřeby energie a menším množstvím odpadů, méně emisí – potravinové zabezpečení – využití biomasy a vedlejších produktů ze zemědělství a lesnictví pro nepotravinářské produkty, vyšší výnosy rostlin, zvířat, mikroorganismů při účinnějším využití vody, živin, energie, také rozmanitost produkčních systémů (konvenční, ekologické zemědělství), konvenční i moderní metody šlechtění, lepší využití genetických zdrojů.

Půdní management, půdní úrodnost, zdraví rostlin a zvířat, integrovaná ochrana rostlin, choroby zvířat včetně zoonóz, antimikrobiální rezistence a základní výzkum relevantních biologických otázek. Udržitelné zemědělství a lesnictví se zaměří na ekosystémové služby a veřejné zboží, kulturní a rekreační hodnoty, snížení eroze, sekvestraci uhlíku, snížení emisí skleníkových plynů, nástroje pro řízení, rozhodování, posouzení netržní hodnoty.

Podpora venkovských oblastí, politik, inovace pro venkov – nové produkty, diverzifikace produkce (potravin, krmiva, materiály, energie), socioekonomický výzkum, prevence sociální a ekonomické marginalizace venkova, výměna znalostí, participativní řízení zdrojů, analytické nástroje, indikátory, modely, prognózy, data, monitoring a hodnocení strategií a politik.

Dalším zaměřením je udržitelný a konkurenceschopný zemědělskopotravinářský sektor a bezpečná a zdravá výživa. Informovaný spotřebitel, spotřebitelské preference, potřeby, chování, životní styl, kvalita života, vliv na produkci. Zdravé a bezpečné potraviny – nutriční potřeby, vliv výživy na fyziologické funkce, fyzickou a mentální výkonnost. Dále vztah diety, stárnutí, chronické choroby (zlepšení zdraví prostřednictvím diety). Chemická a mikrobiální kontaminace, rizika a komunikace, bezpečnost potravin a zlepšení standardů. Udržitelný a konkurenceschopný zemědělskopotravinářský průmysl – adaptace na změny (sociální, prostředí...), zpracování, balení, kontrola procesů, redukce odpadu, zhodnocení vedlejších produktů, dostupnost a kvalita produktů, sledovatelnost, logistika, služby, dopady na prostředí.

Důraz je kladen na potenciál vodních živých zdrojů (akvakultura⁵). Základem je udržitelné a environmentálně šetrné rybářství, ekosystémové přístupy v rybářství, porozumění mořským ekosystémům, vliv rybolovu na ekosystém, socio-ekonomické dopady, adaptace na environmentální podmínky, výzkum populací ryb. Je potřeba vytvořit konkurenceschopné evropské akvakultury, diverzifikaci, nové druhy, interakce s ekosystémem, adaptaci odvětví na klimatické změny, inovace produkčních systémů, sociální a ekonomický rozměr a orientovat se na poptávku spotřebitelů. Velmi perspektivní jsou mořské biotechnologie – využití potenciálu mořské biodiverzity a biomasy pro nové produkty, procesy a služby, aplikace v průmyslu (rybářství, chemie, farmacie, materiály, kosmetika, energie ...).

Posílení bioekonomiky pro bioprůmysl lze spatřovat ve využití pozemních i vodních biologických zdrojů, minimalizaci vedlejších environmentálních účinků, vývoj bioproduktů, biologicky aktivních látek s novými vlastnostmi, zhodnocení obnovitelných zdrojů, bio-odpadu a vedlejších produktů. Lze očekávat rozvoj integrovaných biorafinérií s důrazem na produkci produktů s vyšší přidanou hodnotou, strategie pro zajištění dostatečných zdrojů surovin, rozšíření typů biomasy pro využití ve druhé a třetí generaci biorafinérií (bioodpad, průmyslové vedlejší produkty). Rozvoj trhů pro bioprodukty a procesy, standardizace (obsah biosložky, funkcionalita, biodegradabilita), metodiky pro hodnocení životního cyklu.

9.6 BUDOUCÍ VÝVOJ

Očekává se, že globální vývoj podpoří transformaci hospodářství na udržitelnou bioekonomiku založenou na využití obnovitelných surovin. Bioekonomika nebude novým průmyslovým odvětvím, spíše spojí odvětví lesního hospodářství, chemie, energetiky a budov atd. Příležitosti vyžadují obnovu: nové produkty a řešení splňující nové potřeby, vytvořené prostřednictvím nových mezipodnikových partnerství. EU a členské státy mají společnou vizi o potřebě bioekonomiky a oběhového hospodářství. Očekávaný vývoj v časovém horizontu odpovídající strategii Bioekonomika pro Evropu je uveden v tab. 9.

⁵ Blíže viz kapitola 3.3

Tab. 9: Shrnutí komparativních ekonomických dopadů scénářů v roce 2025

	Scénář 1	Scénář 2	Scénář 3	Scénář 4
Přidaná hodnota (pouze bioekonomika) v %	- 0,27 %	+ 0,61 %	+ 0,14 %	+ 0,75 %
Přidaná hodnota (pouze bioekonomika)	- 4 mld. EUR	9 mld. EUR	2,4 mld. EUR	11,4 mld. EUR
Zaměstnanost	x	+ 120 000	+ 11 000	+ 131 000

Zdroj: EC, 2012

9.7 STRATEGIE ROZVOJE BIOEKONOMIKY V ČESKÉ REPUBLICE

Česká republika zatím nemá národní strategii pro bioekonomiku. Obecně je obsažena ve Strategickém rámci Česká republika 2030. Součástí vize je:

- Ekonomika České republiky cíleně snižuje svou materiálovou a energetickou náročnost. Hospodářský růst je postaven na podnikavosti, inovacích, tvůrčích schopnostech lidí, oborech s vyšší přidanou hodnotou, na oběhovém hospodářství, nízkouhlíkovém profilu, robotizaci a digitalizaci. Stojí na principech sociálně-tržního hospodářství, jehož základní vlastností je spolupráce a koordinace mezi veřejným, podnikatelským a neziskovým sektorem.
- Zemědělství, lesní a vodní hospodářství zajišťují kvalitní a spolehlivou produkci, při níž berou ohled na přírodní limity a globální změnu klimatu – zlepšují stav půd, zpomalují odtok vody z krajiny a napomáhají udržení biologické rozmanitosti.
- Odpovědné využívání území vytváří podmínky pro vyvážený a harmonický rozvoj obcí a regionů, který vede ke zvyšování územní soudržnosti a zajištění všech funkcí sídel, nutných pro udržení a zvyšování kvality života jejich obyvatel. Sídla jsou adaptována na změnu klimatu.

V kapitole „Ekosystémy“ je obsaženo:

- Ekosystém krajiny umožňuje produkci potravin, krmiv a technických plodin, dřeva, nedřevních lesních produktů nebo masa z pastevního chovu domácích zvířat. Reguluje kvalitu ovzduší, klima, odtok a kvalitu vody, erozi, populace přenašečů nemocí, toky odpadních látek i nadměrný přísun živin. V obecnější rovině podporuje životní cykly organismů, napomáhá udržování genetické diverzity a zajišťuje koloběh živin a půdotvorbu. Také ale vytváří podmínky pro rekreaci a cestovní ruch, má estetické hodnoty, vytváří kulturní dědictví a vztah k místu, má význam pro vědecký výzkum a vzdělávání a může mít význam i duchovní a náboženský.
- Příčinou eroze lesních půd je holosečné hospodaření a využíváním těžké mechanizace při těžbě a přibližování dříví. V lesích také není ponecháváno dostatečné množství dřevní hmoty k zetlení – včetně těžebních zbytků, které jsou z lesa rovněž vyváženy. To spolu s nadměrným pěstováním jehličnanů způsobuje okyselování lesních půd a jejich ochuzování o živiny.

Strategické cíle v oblasti ekosystémů obsahují:

1. Vytvořit politiku krajiny a pravidla jejího naplňování, posílit ochranu hodnoty krajiny jako komplexního ekosystému a jejich ekosystémových služeb.
2. Zvýšit rozmanitost a stabilitu biotopů i populací jednotlivých biologických druhů v krajině.
3. Zlepšit vodní režim, zejména zpomalit odtok vody z krajiny a zlepšit její kvalitu.
4. Posilovat ochranu půdy před degradací a plošně využívat potenciálu krajiny k zachycování a ukládání uhlíku a k adaptaci na změnu klimatu.
5. Vytvářet podmínky pro větší využití domácí zemědělské produkce a dřeva.

Strategie resortu Ministerstva zemědělství České republiky s výhledem do roku 2030 – Lesní hospodářství:

- Základní cílem státu v oblasti lesního hospodářství je trvale udržitelné obhospodařování lesů, tedy správa a využívání lesů a lesní půdy takovým způsobem a v takovém rozsahu, který zachovává a zlepšuje jejich biodiverzitu, produkční schopnost a regenerační kapacitu, vitalitu a schopnost plnit v současnosti i v budoucnosti odpovídající ekologické, ekonomické a sociální funkce na místní, národní a globální úrovni a které tím nepoškozují ostatní ekosystémy.
- Mze při rozhodování v oblasti lesního hospodářství zohledňuje Národní lesnický program, zejména pokud jde o ekonomicky, sociálně a environmentálně orientovaná opatření v lesním hospodářství.
- Problematika genofondu reprodukčního materiálu lesních dřevin je řešena v Národním programu ochrany a reprodukce genofondu lesních dřevin, který byl Mze vyhlášen na období 2014–2018.
- V nové strategii resortu Mze bude strategickou prioritou lesního hospodářství vytvořit podmínky pro zvýšení konkurenceschopnosti a životaschopnosti celého hodnotového řetězce založeného na lesním hospodářství a domácího využívání a spotřeby dřeva.
- Zásadní podklady pro směřování lesního hospodářství a lesnické politiky obecně budou výstupy z Národní inventarizace lesů. V letech 2011–2015 probíhal její druhý cyklus.

Strategie resortu Ministerstva zemědělství České republiky s výhledem do roku 2030 – Lesní hospodářství – strategické cíle:

- Hlavní strategickou prioritou je zvýšení konkurenceschopnosti a životaschopnosti celého hodnotového řetězce při zachování zásad udržitelného obhospodařování lesů, tj. vytvořit podmínky pro zvýšení konkurenceschopnosti a životaschopnosti celého hodnotového řetězce založeného na lesním hospodářství a domácího využívání a spotřeby dřeva a dále vytvořit podmínky pro optimální poskytování ekosystémových služeb lesa a zajištění trvalosti plnění funkcí lesů v podmínkách vyvíjejícího se klimatu.
- V rámci toho je nezbytné zajistit, aby všechny lesy byly spravovány podle zásad udržitelného obhospodařování lesů, a aby lesní hospodářství a celý navazující hodnotový řetězec byly konkurenceschopnými a životaschopnými přispěvateli biohospodářství a zelené ekonomiky (viz následující text).

Trvale udržitelné hospodaření v lesích za soustavného zlepšování jejich stavu obsahuje následující body:

- Ochrana a udržitelné využívání lesních pozemků.
- Ochrana lesních půd, vodních a dalších přírodních zdrojů.
- Řešení chřadnutí porostů v důsledku sucha a následně houbových patogenů a hmyzích škůdců.
- Ochrana a reprodukce genofondu lesních dřevin.
- Na základě výsledků druhého cyklu NIL vyhodnotit stav lesů v ČR a jejich potenciál poskytovat rozličné výrobky a služby způsobem, který nenaruší rovnováhu a zajistí ochranu lesů.
- Po dokončení církevních restitucí arondace rozdrobené držby lesů včetně lesů ve vlastnictví státu.
- Osvěta a vzdělávání.
- Zintenzivnit zavádění výsledků VaV do lesnického provozu – především prostřednictvím institucí zpravujících lesy ve vlastnictví státu.

Konkurenceschopnost hodnotového řetězce založeného na lesním hospodářství obsahuje tyto důležité úkoly:

- Vytvořit podmínky pro vyšší domácí využívání a spotřebu dřeva a výrobků ze dřeva.
- Odstranit neodůvodněné překážky, vyplývající z právních předpisů a technických norem, které brání většímu uplatnění dřeva.
- Zvážit změny daňových a jiných předpisů, které by zvýhodnily dřevo jako stavební materiál.
- Posílit konkurenceschopnost producentů sadebního materiálu lesních dřevin.
- Vytvořit podmínky pro investice do sektoru lesního hospodářství a navazujícího hodnotového řetězce, které

povedou k výrobě dřevařských výrobků s vyšší přidanou hodnotou.

- Posílit konkurenceschopnost všech zájmových skupin včetně živnostenského podnikání v rámci celého hodnotového řetězce založeného na lesním hospodářství.
- Snižovat vývoz dřevní hmoty z ČR.
- Podporovat výzkum a vývoj směřující k lepšímu využití dřevní hmoty a hledání nových produktových možností s uplatněním dřeva.

Také zásady státní lesnické politiky lze považovat za zásady lesnické bioekonomiky (usnesení vlády ČR č. j. 854 ze dne 21. listopadu 2012):

Preambule:

1. Lesy a lesní půda jsou přírodním bohatstvím České republiky, zdrojem dřeva jako obnovitelné suroviny a nenahraditelnou složkou životního prostředí.
2. Lesy mají nezastupitelný význam pro ochranu půdy, vody, ovzduší a klimatu, pro rozvoj venkova a výkon lesnictví a pro krajinu a životní prostředí lidí, živočichů a rostlin. Lesy proto musí být spravovány a obhospodařovány tak, aby mohly rovnoměrně a trvale plnit všechny tyto své ochranné, hospodářské a sociální úlohy.

Obecná východiska:

1. Česká republika v souladu se svými závazky vyplývajícími z mezinárodního práva i z členství v Evropské unii usiluje o zajištění trvale udržitelného hospodaření v lesích, tedy správu a obhospodařování lesů a lesní půdy takovým způsobem a v takovém rozsahu, které zachovávají jejich biodiverzitu, produkční schopnost a regenerační kapacitu, vitalitu a schopnost plnit v současnosti i v budoucnosti odpovídající ochranné, hospodářské a sociální úlohy, a které tím nepoškozují ostatní ekosystémy.
2. Česká republika usiluje o zachování podílu lesů ponechaných samovolnému vývoji, kde jsou zastoupeny všechna vegetační patra a věkové kategorie stromů a jejichž součástí jsou přestárlé porosty, liniové porosty, mokřady, prameniště, rašeliniště, apod., neboť tyto lesy mají vysokou rozmanitost všeho živého i neživého.
3. K vyváženému naplnění uvedených úloh lesů je nezbytné členit práva a povinnosti vlastníků lesů podle druhu vlastnictví a kategorie lesů a zachovat spravedlivou rovnováhu mezi zájmy vlastníků lesa a veřejnými zájmy.

Dlouhodobé cíle státní lesnické politiky:

1. Zajistit zachování lesa a lesní půdy pro budoucí generace.
2. Zvyšovat konkurenceschopnost lesního hospodářství.
3. Zvyšovat biodiverzitu v lesních ekosystémech, jejich celistvost a ekologickou stabilitu.
4. Posílit význam lesa a lesního hospodářství pro ekonomický rozvoj venkova.
5. Posílit význam školství, výzkumu a inovací v lesním hospodářství.

Opatření k dosažení dlouhodobých cílů:

- A. Zachování lesa a lesní půdy pro budoucí generace;
- B. Zvyšování konkurenceschopnosti lesního hospodářství;
- C. Zvyšování biodiverzity v lesních ekosystémech, jejich celistvosti a ekologické stability;
- D. Udržení a posílení významu lesa a lesního hospodářství pro rozvoj venkova.

9.8 STRATEGIE BIOEAST

Strategie BIOEAST se začala formovat v roce 2017 na základě společné deklarace ministrů zemědělství států V4, Bulharska, Chorvatska, Rumunska a Slovinska. Jedná se o společnou strategii v oblasti bioekonomiky. V kontextu zkušeností s bioekonomií v zemích střední a východní Evropy byly zjištěny tři hlavní nedostatky:

1. zablokování výzkumu a inovací,
2. nepodařená správa,
3. patová situace v řetězcích s přidanou hodnotou biomasy.

Státy EU-13, navzdory skutečnosti, že stále existuje mnoho problémů, které čekají na vyřešení na národní úrovni, se musí vyrovnat s řešením globálních výzev. Agenda EU na rok 2030 vyžaduje znalostní podporu a strategické myšlení. Iniciativa BIOEAST by měla poskytovat podporu pro rozvoj programů a politik EU po roce 2020, mimo jiné:

- nový rámcový program pro výzkum,
- novou iniciativu pro společnou zemědělskou politiku a potraviny 2030,
- společnou politiku v oblasti lesnictví,
- společnou rybářskou politiku,
- strategii regionálního rozvoje (strategie pro Podunají, Baltské moře, Černé moře, 3 moře apod.) V rámci evropských strukturálních a investičních fondů,
- balíček oběhového hospodářství,
- průmyslové a digitalizační balíčky.

Iniciativa BIOEAST by měla zvážit tři prioritní oblasti, které se shodují s politikami na úrovni EU:

1. programování EU v oblasti výzkumu a inovací: stanovení cílů společných programových potřeb zemí střední a východní Evropy, zaměření na nově vznikající témata;
2. přezkum strategie Evropské komise o bioekonomice v souvislosti s balíčkem oběhového hospodářství;
3. zahájení iniciativy FOOD 2030 a debata o společné zemědělské politice po roce 2020.

Iniciativa BIOEAST se zaměřuje na **tři hlavní makroregionální iniciativy**:

1. strategické myšlení v bioekonomii;
2. potraviny a krmiva pro „srdce Evropy“ a pro zbytek světa;
3. průmyslová podpora založená na biozdrojích.

9.9 FINSKÁ STRATEGIE PRO LESNÍ BIOEKONOMIKU JAKO PŘÍKLAD NÁRODNÍ STRATEGIE

Finsko si stanovilo za cíl nízké emise uhlíku a zdrojů s vysokou účinností a udržitelné hospodářství. Klíčovou úlohu při dosahování těchto cílů hraje udržitelná bioekonomika. Finsko je výborně umístěno, aby se stalo průkopníkem bioekonomiky ve světě. Bioekonomika posílí národní ekonomiku a zaměstnanost ve Finsku a zlepší blahobyt finského obyvatelstva.

Cílem finské strategie pro bioekonomiku je podporovat hospodářský růst a vznik nových pracovních míst díky růstu podnikání v oblasti bioekonomiky a výrobků a služeb s vysokou přidanou hodnotou při současném zajištění provozních podmínek pro přírodní ekosystémy. Přední myšlenkou strategie je, že ve Finsku budou vytvořeny konkurenceschopné a udržitelné bioekonomické řešení globálních problémů a že nové obchody budou vytvořeny jak ve finském, tak i mezinárodním trhu, čímž se podpoří prosperita celého Finska.

Vize a kvantitativní cíle strategie pro bioekonomiku budou realizovány prostřednictvím čtyř strategických cílů:

1. Konkurenční prostředí pro bioekonomiku: konkurenční prostředí bude vytvořeno pro růst bioekonomiky.
2. Nové podnikání v bioekonomice: v bioekonomice bude vytvořeno nové podnikání prostřednictvím rizikového financování, odvážných experimentů a překračování odvětvových hranic.
3. Silná základna pro kompetence v bioekonomice: základna pro bioekonomickou kompetenci bude aktualizována rozvojem vzdělávání, odborné přípravy a výzkumu.
4. Dostupnost a udržitelnost biomasy: dostupnost biomasy, dobře fungující trhů se surovinami a udržitelnosti využívání biomasy.

Stanovení indikátorů pro sledování plnění strategie je uvedeno v následující tab. 10.

Tab. 10: Indikátory pro sledování plnění strategie

Klíčové položky, které se mají měřit	Indikátory
Růst biohospodářství a jeho význam v národním hospodářství	Produkce bioekonomie / přidaná hodnota / počet zaměstnanců a jejich podíl na národním hospodářství
Přidaná hodnota vyrobená pro využití přírodních zdrojů	Vstup surovin / přidaná hodnota do toků surovin
Ekologické přínosy z biohospodářství	Použité vstupní suroviny / emise skleníkových plynů
Udržitelnost biohospodářství	Celkové využití přírodních zdrojů / růst a sklizené objemy dřeva, obilovin, ryb, ohrožených druhů, městského odpadu
Udržitelnost biohospodářství	Ukazatele, které budou vypracovány pro ekosystémové služby, efektivitu životního prostředí a zdrojů, jakož i bohatství a environmentální aktiva

Zdroj: The Finish Bioeconomy Strategy, 2014

SHRNUTÍ KAPITOLY

V kapitole jsou shrnuty nejdůležitější doposud schválené strategie. Je to v první řadě strategie OECD a dále dvě strategie EU z roku 2012 a 2018. Lze sem zařadit i BIOEAST, jako strategii, která se zaměřuje na přijetí bioekonomických strategií ve státech střední a východní Evropy. Jako příklad národní strategie je uvedena finská strategie pro lesní bioekonomiku. Výzvy bioekonomiky jsou popsány na příkladě EU. Jsou zaměřeny na udržitelné zemědělství a lesnictví, půdní management, podporu venkova, konkurenceschopnost konkurenceschopnost zemědělskopotravinářského sektoru. Předpokládá se, že globální vývoj podpoří transformaci hospodářství na udržitelnou bioekonomiku založenou na využití obnovitelných surovin.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaké jsou institucionální a společenské opatření k podpoře bioekonomiky podle strategie OECD?
2. Které ETP jsou aktivní v oblasti bioekonomiky?
3. Jaké byly prozatím přijaty strategie v oblasti bioekonomiky v rámci EU?
4. Jak bioekonomika přispívá prioritám EU?
5. Co to je BIOEAST?
6. Jaké jsou výzvy bioekonomiky?
7. Jakou lze očekávat úlohu bioekonomiky do budoucna?

POUŽITÁ LITERATURA

European Commission, 2017a. Bioeconomy: What is the bioeconomy? Dostupné z WWW: <http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm> [cit. 2018-01-17].

European Commission and Directorate-General for Research and Innovation, 2012. Innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 64 p. ISBN 9789279253768.

European Commission, 2017b. Commission Staff Working Document: on the review of the 2012 European Bioeconomy Strategy. Brussels, 13.11.2017, SWD(2017) 374 final.

European Commission, 2018. A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy (2018). Brussels, 107 p. ISBN 978-92-79-94145-0.

Kárníková, A.; Bendl, J.; Haimannová, A. *et al.*, ed. 2017. Strategický rámec Česká republika 2030. Redaktor Michaela VALENTOVÁ. V Praze: Úřad vlády České republiky, Odbor pro udržitelný rozvoj. ISBN 978-80-7440-181-7.

Sustainable growth from bioeconomy. The Finnish bioeconomy strategy, 2014. Ministry of Economy and Employment, Ministry of Agriculture and Forestry, Ministry of the Environment. Edita Prima Ltd.

LESYČR



Podporujeme oborové vzdělávání



NIGHT PEARL






ELOVEC



**TERMOVIZE
NOČNÍ VIDĚNÍ
A DENNÍ OPTIKA**

**VŠE PRO LOV
NA JEDNOM MÍSTĚ**

+420 573 379 670
www.nightpearl.com
info@nightpearl.com

 nightpearloptics_cesko
 nightpearlcesko
 Night Pearl

+420 732 295 500
www.elovec.cz
objednavky@elovec.cz

 elovec_cz
 elovec.cz

Název: Lesní bioekonomika

Autoři: doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.,
Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.,
Ing. et Ing. Štěpán Hýsek, Ph.D.,
doc. Ing. Martin Jankovský, Ph.D.,
prof. Ing. Lukáš Kalous, Ph.D.,
Ing. Radim Löwe, Ph.D.,
Ing. Bc. Petra Palátová, Ph.D.,
doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, Ph.D.,
doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

Lektoroval: doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D. (kapitoly 1, 2.1, 2.2, 3.1, 9),
Ing. Kateřina Hájková, Ph.D. (kap. 6.2),
Ing. et Ing. Štěpán Hýsek, Ph.D. (kap. 6.3),
doc. Ing. Martin Jankovský, Ph.D. (kap. 5.1, 6.4, 7.1),
prof. Ing. Lukáš Kalous, Ph.D. (kap. 3.3),
Ing. Radim Löwe, Ph.D. (kap. 7.2),
doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, Ph.D. (kap. 6.1),
Ing. Bc. Petra Palátová, Ph.D. (kap. 3.2, 4, 8),
doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D. (kap. 5.2)

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze

Schváleno ediční komisí FLD

Publikace prošla recenzním řízením.

Tisk: Tisk Kvalitně s.r.o.

Náklad: 100

Počet stran: 110

Vydání: první

Rok vydání: 2024

ISBN: 978-80-213-3295-9

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýčká 129, 165 00 Praha – Suchbátka

Publikace vznikla za podpory Fakulty lesnické a dřevařské.

Tisk: Tisk Kvalitně s.r.o., Petržilkova 13, 158 00 Praha 13

Lesní bioekonomika

doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.

Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.

Ing. et Ing. Štěpán Hýsek, Ph.D.

doc. Ing. Martin Jankovský, PhD.

prof. Ing. Lukáš Kalous, Ph.D.

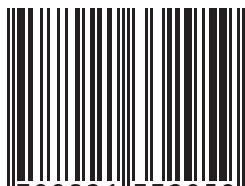
Ing. Radim Löwe, Ph.D.

Ing. Bc. Petra Palátová, Ph.D.

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

2024



9 788021 332959