



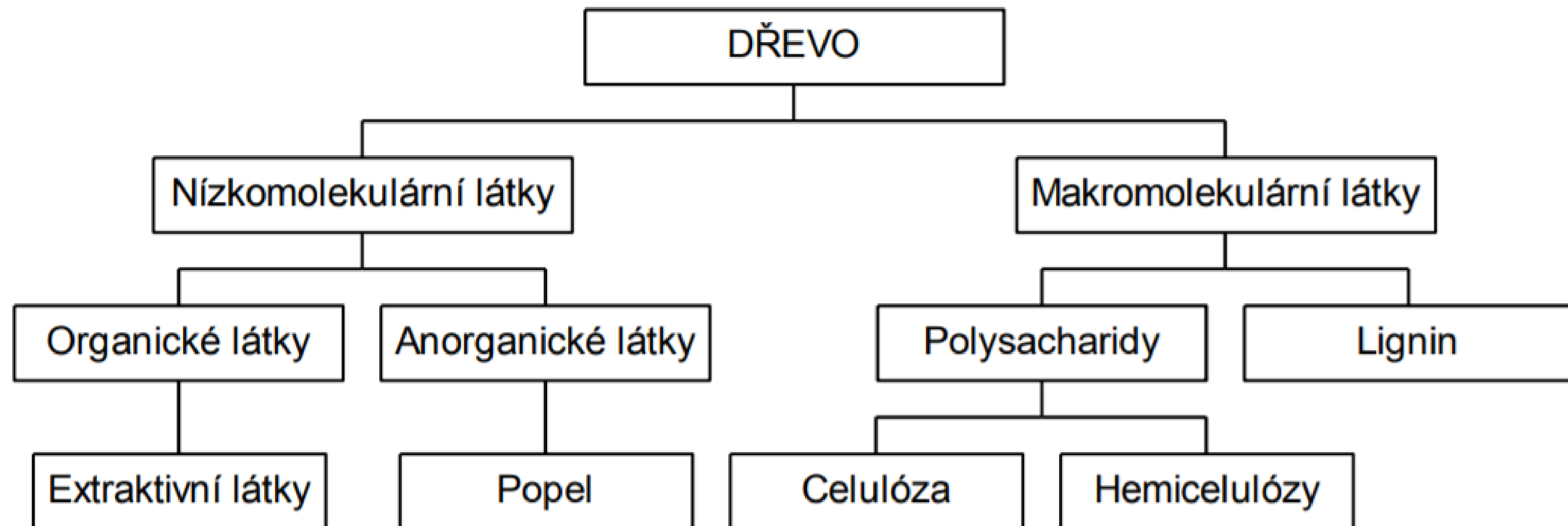
Chemické zpracování dřeva

Kateřina Hájková



Fakulta lesnická
a dřevařská

Chemie dřeva

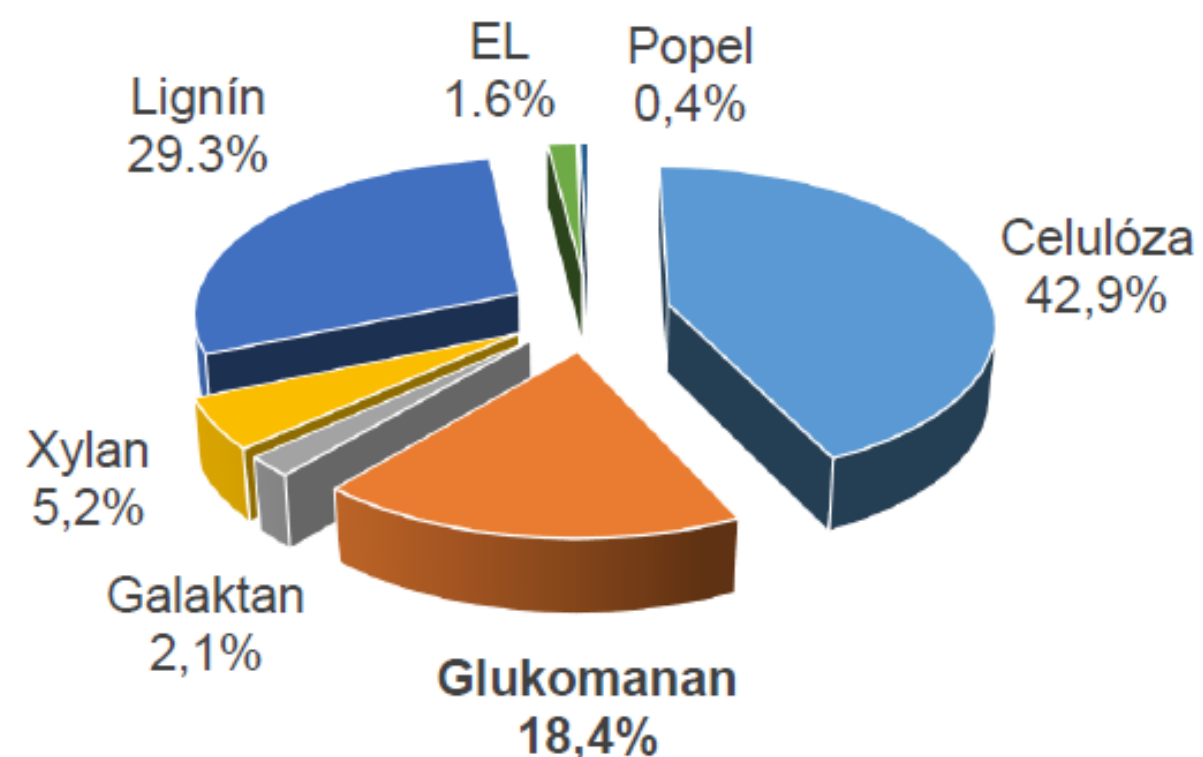


Chemie dřeva

Obsah základních složek

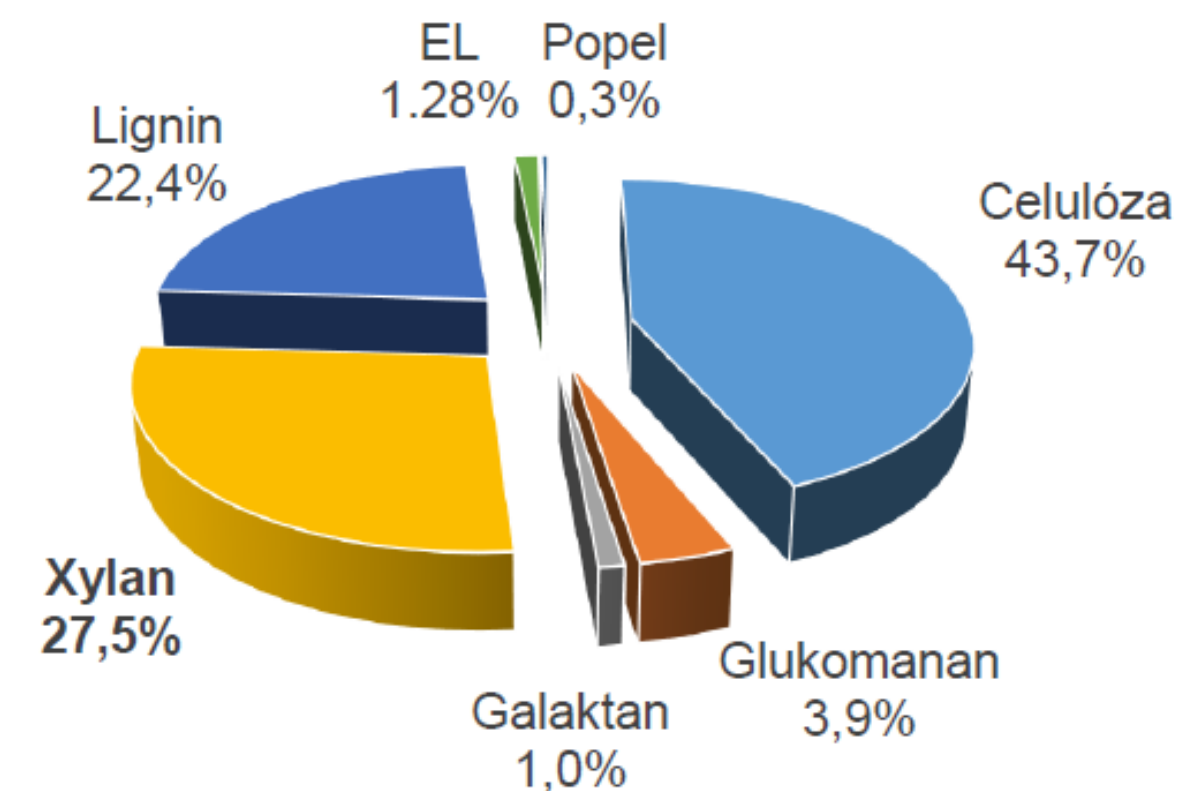
Smrk (*Picea abies* L.)

Hlavní složka hemicelulóz jehličnanů:
glukomanán



Buk (*Fagus sylvatica* L.)

Hlavní složka hemicelulóz listnáčů:
xylán



Chemie dřeva

Analýza dřeva

- Hlavní problémy
 - Velmi těsná struktura
 - Chemické propojení mezi makromolekulami buněčné stěny
 - Není možné zcela izolovat jednotlivé komponenty



Chemie dřeva

Analýza dřeva

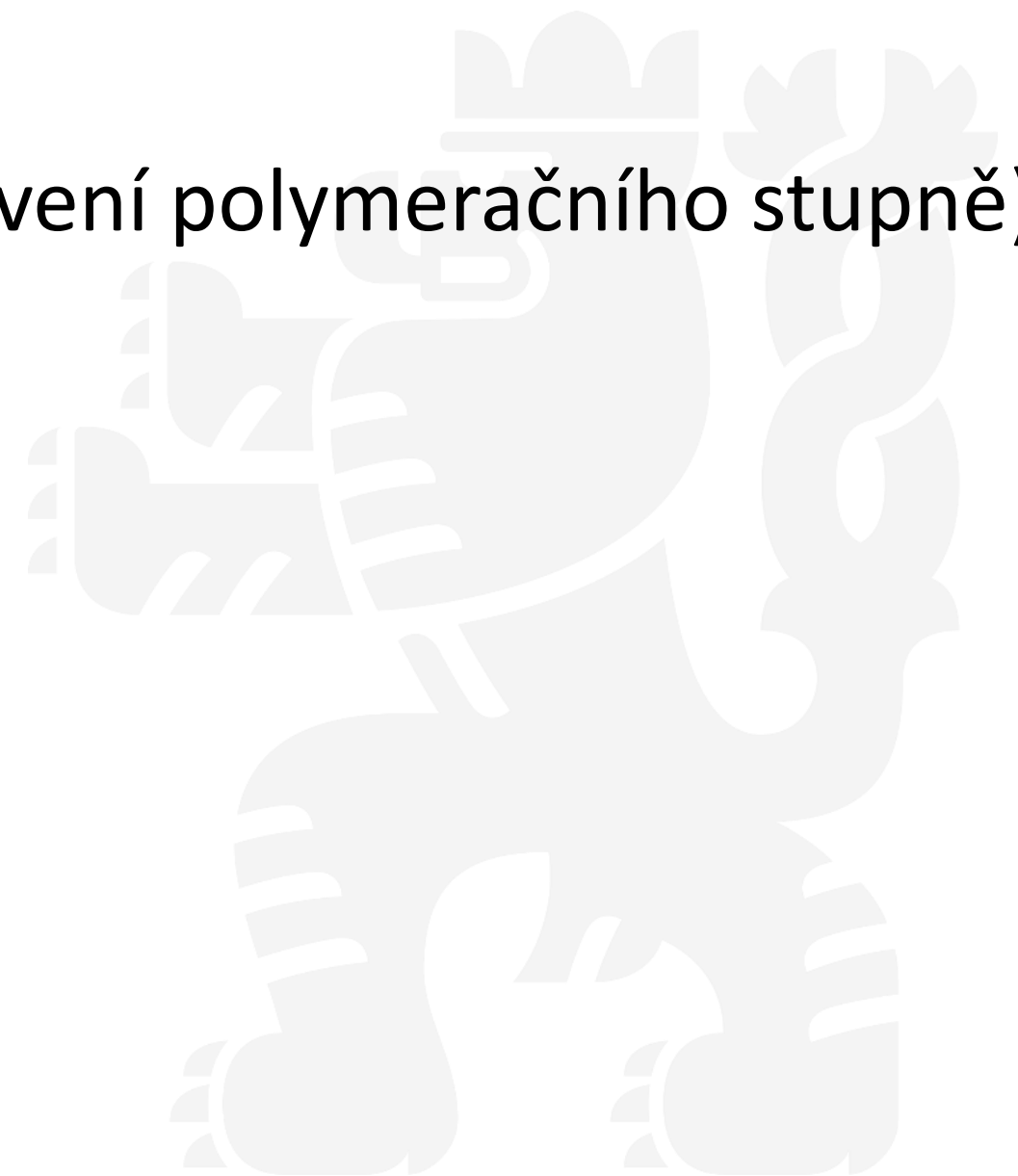
- Příprava holocelulózy – metody delignifikace
- Izolace a stanovení celulózy
- Stanovení α , β , γ -celulózy – podle rozdílné rozpustnosti v alkáliích
- Izolace hemicelulóz
- Izolace a stanovení ligninu



Chemie dřeva

Analýza celulózy

- Kovové komplexy se používají k rozpuštění celulózy (stanovení polymeračního stupně)
- Proces rozpouštění celulózy



Chemie dřeva

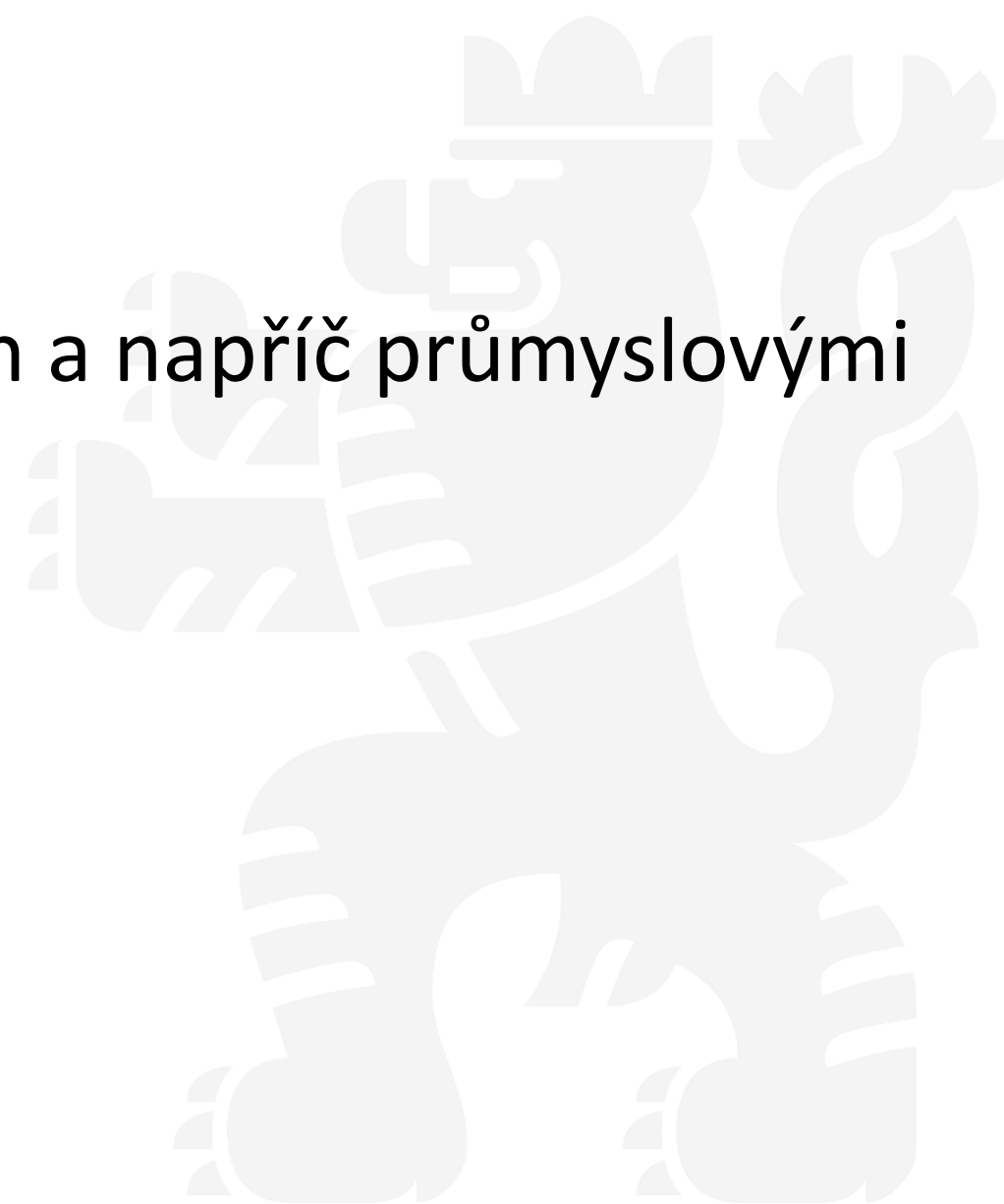
Analýza ligninu

- Rozpustnost
- UV spektroskopie
- IR spektroskopie



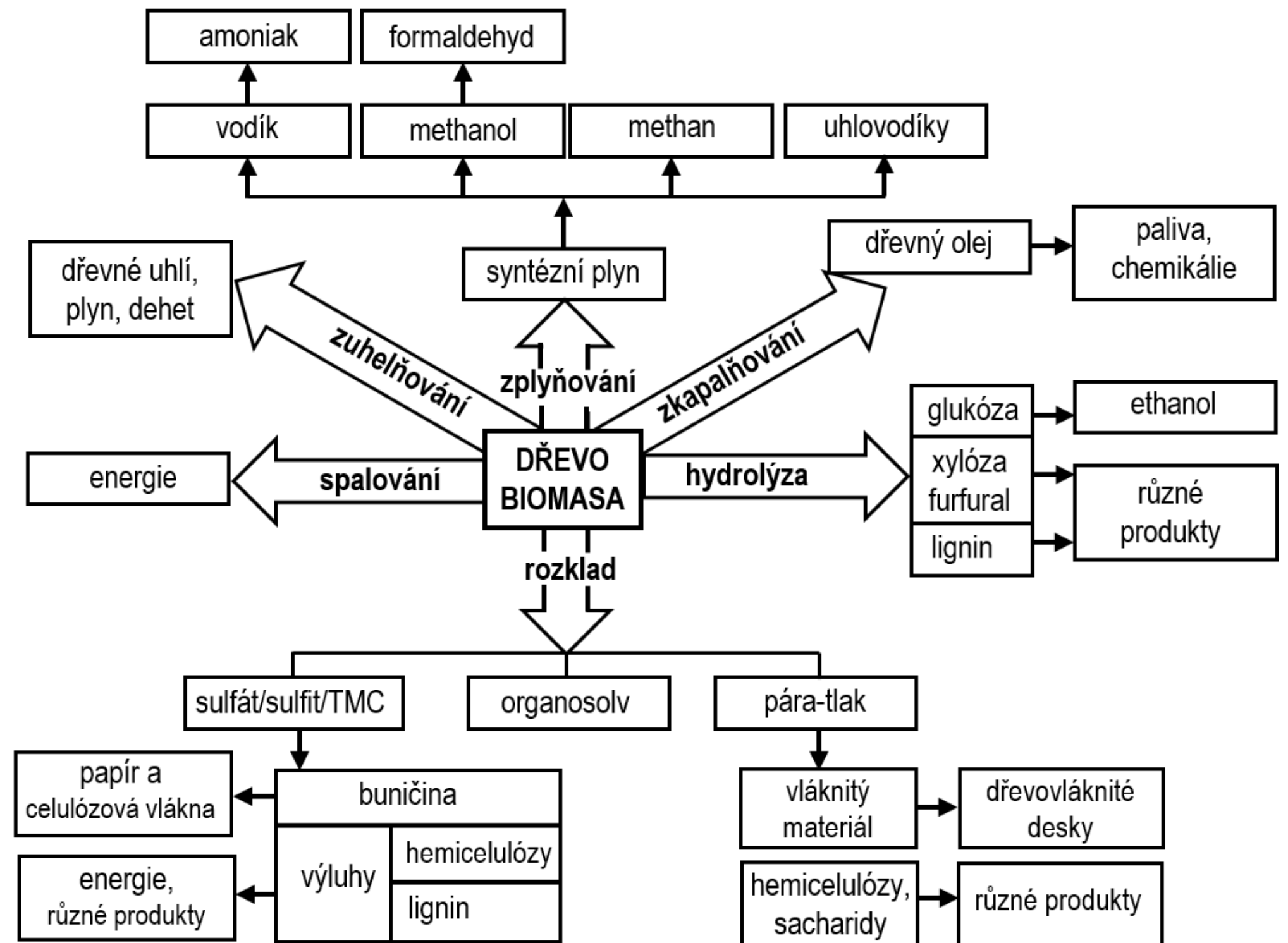
Chemické zpracování dřeva

- Dřevo – přírodní obnovitelný materiál
- Využití dřeva lidskou civilizací v různé době, mnoha zemích a napříč průmyslovými odvětvími
- Z technologického hlediska všestranný materiál
- Šetrnost k životnímu prostředí



Chemické zpracování dřeva

Tepelná a chemická přeměna dřeva a biomasy na energii a produkty



Chemické zpracování dřeva

Spalování a zisk tepelné energie

- Velké možnosti využití v oblasti energetiky
- Od pradávna jeden z nejdůležitějších zdrojů tepla pro vytápění a vaření
- Energie ze dřeva se využívá v průmyslu (49 %) a v domácnostech (34 %)
- Výhřevnost dřeva: $\approx 15\text{--}18 \text{ MJ/kg}$
- Vlhkost dřeva má významný vliv na jeho výhřevnost
- Rozlišení palivového dřeva podle tvrdosti:
 - tvrdé dřevo (tvrdé) - stabilní, dlouhotrvající žár
 - jehličnany (měkké) - lepší podpal, rychlý nárůst tepla

Chemické zpracování dřeva

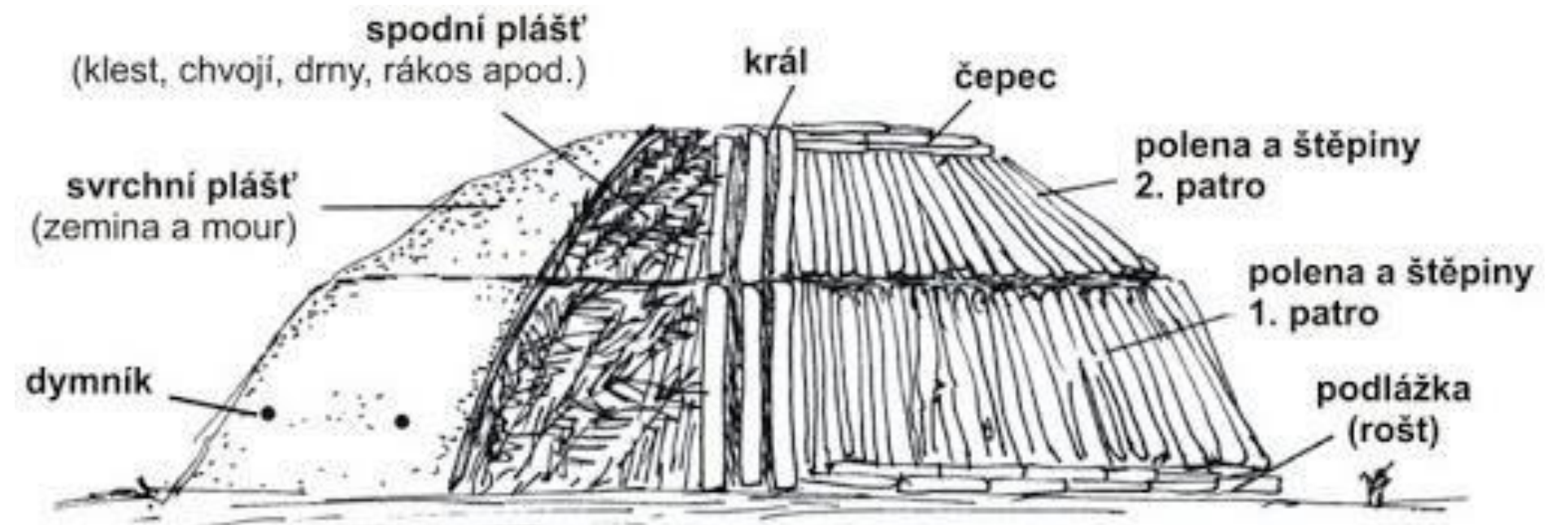
Zuhelnatění

- Přeměna dřeva na dřevné uhlí
- Jedna znejstarších uplatňovaných chemických změn dřevní suroviny.
- Uhlí vyrobené ze dřeva má vyšší výhřevnost, nepodléhá biodegradaci, redukční schopností umožňuje tavení kovů.
- Dva druhy spalování dřeva:
 - Za přístupu vzduchu (hoření, vznik popela) -výroba louhu z popela, tzv. potaše.
 - Využití pro textilní, mydlářskou a sklářskou výrobu.
 - Bez přístupu vzduchu (tlumené zahřívání, vyloučení H_2O , zuhelňování) –v ohništích a jamách, později až do pol. 20. stol. v milířích (až 350 °C).
 - Využití v hutích a hamrech, velkých kuchyních.
 - Výrobačerného střelného prachu.
 - Dehet (odpadní produkt) -lepení, mastičkářství a ranhojičství (antiseptický).

Chemické zpracování dřeva

Zuhelnatění

- Milíř
- Karbonizér



Chemické zpracování dřeva

Zuhelnatění



Chemické zpracování dřeva

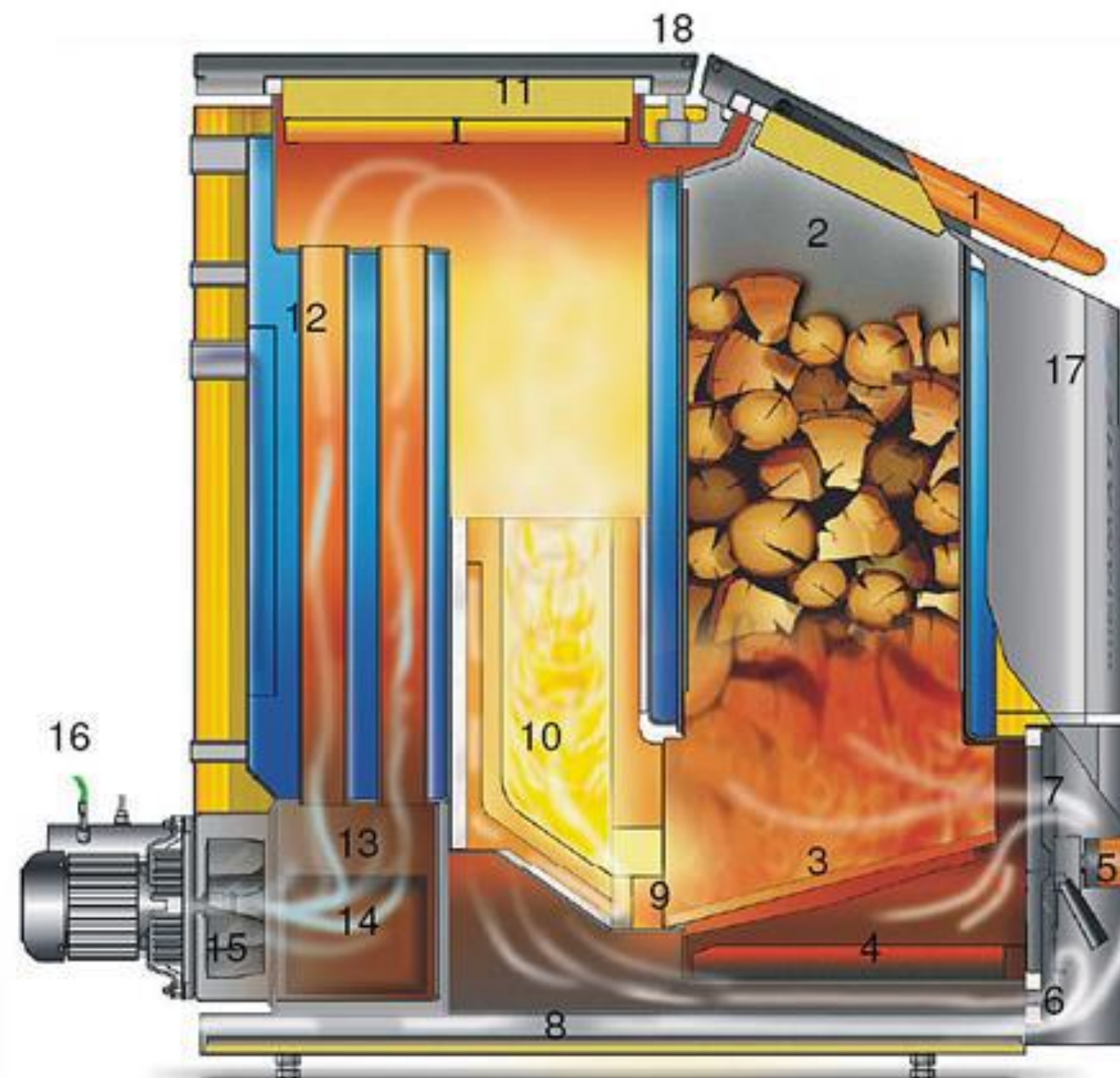
Zplyňování

- Termochemická přeměna dřeva při vyšších teplotách (800–900 °C) za přívodu omezeného množství kyslíku
- Dřevní plyn pouze vyvíjen, ne spalován (zahřívání s min. O₂)
- Při použití O₂ jako okysličovadla - nízká výhřevnost (4–6 MJ/m³)
- Složení: cca 20 % CO, 20 % H₂, 3 % CH₄+ CO₂, N₂, dehty, fenoly, tuhé částice
- Možnost všechn organický materiál přeměnit na plyn
- Použití: spalovací motory, turbíny, palivové články (v budoucnosti)
- Vývoj:
 - Evropa za 2. světové války -v dopravě (nedostatek ropných paliv), katalytické zpracování na methanol
 - Současné technologie: zplyňování v generátorech s pevným ložem, zplyňování ve fluidních generátorech při atmosférickém tlaku

Chemické zpracování dřeva

Zplyňování

- Zplyňovací kotel na kusové dřevo a brikety



Zplyňovací kotel na kusové dřevo a brikety

Legenda

1. Víko plnicího prostoru nahoře s odsávacím kanálem
2. Plnicí prostor s ochrannou vrstvou
3. Horký litinový rošt
4. Popelník
5. Motor primárního a sekundárního vzduchu
6. Sekundární vzduch
7. Primární vzduch
8. Spodní předehřívání vzduchu
9. Tryska sekundárního vzduchu
10. Vysokoteplotní spalovací komora
11. Čistící víko
12. Trubkový výměník tepla
13. Zóna odlučování prachu
14. Čistící otvor
15. Odtahový ventilátor
16. Kouřové čidlo
17. Mikroprocesorová regulace pomocí menu
18. Transportní šroubení

Chemické zpracování dřeva

Zkapalňování

- Nízkoteplotní (300–350 °C) vysokotlaký (12–20 MPa) termochemický konverzní proces probíhající ve vodním prostředí vyžadující katalyzátor (NaOH) nebo vysoký parciální tlak H_2
- Hydrogenolýza
- Z polysacharidů vznikají polyoly a z ligninu fenoly
 1. Primární produkt: organická kapalina (bio-olej) se sníženým obsahem O_2 (10 %)
 2. Vedlejší produkt: H_2O s obsahem rozpustných organických látek, hlavně furalu

Chemické zpracování dřeva

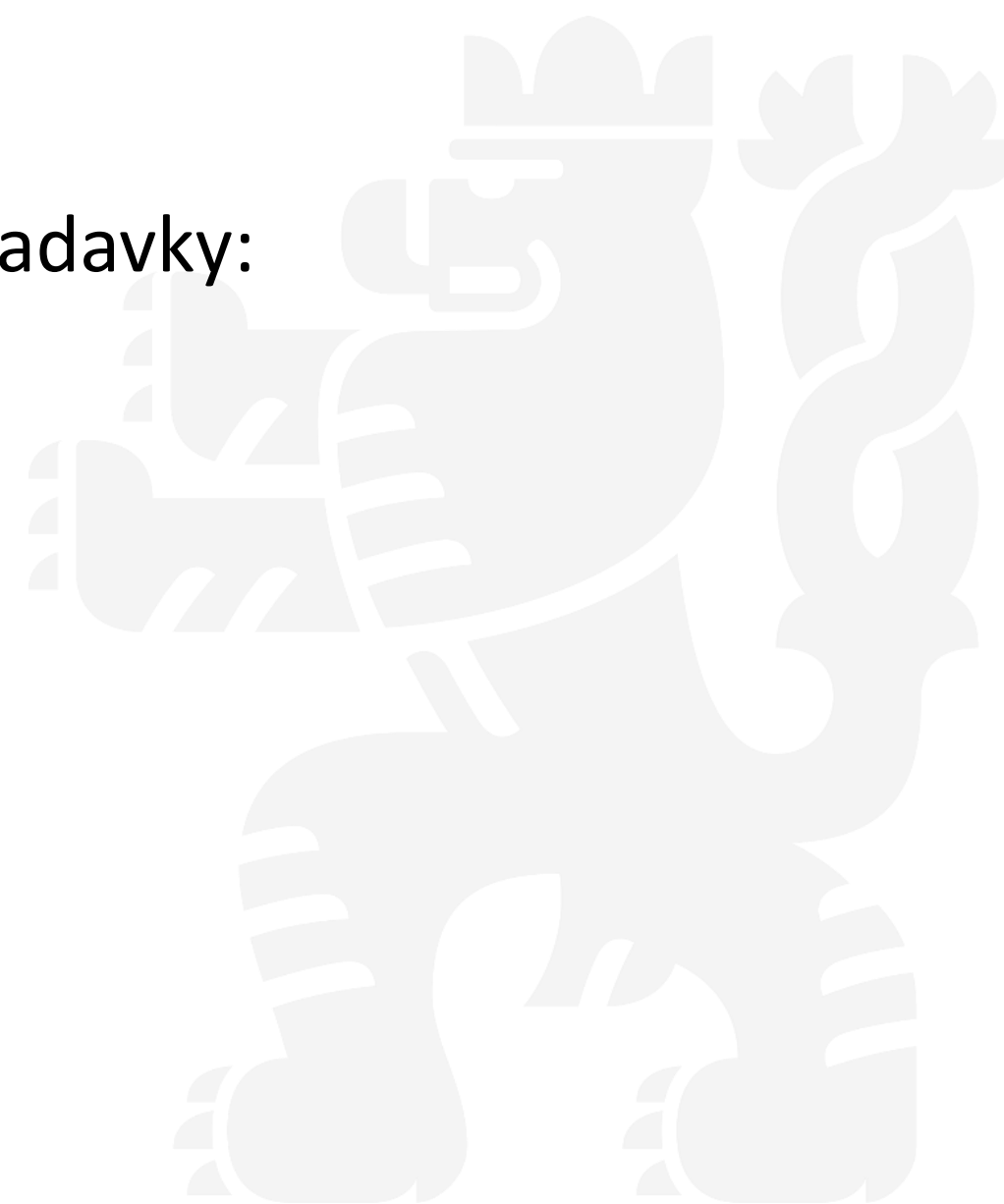
Hydrolýza

- Přeměna na jednodušší štěpné produkty - monomerní sacharidy (cukry)
- Možnosti hydrolýzy:
 - **Ve vodném prostředí** – za $\uparrow T$ autoprotolýza vody a vliv iontů H_3O^+
 - **Kyselá hydrolýza** - poměrně drastické reakční podmínky, mnoho složitých reakcí, konverze polysacharidů na cukry, i jejich nežádoucí degradace
 - **Enzymatická hydrolýza** - enzymy celulózy, hemiceluláz apod.; pomalejší, nákladnější, ale šetrnější, je zapotřebí předhydrolytických úprav
 - **Bimimetické katalyzátory** - na bázi polyalkoholů, ve vývoji

Výroba buničiny a papíru

Vláknoviny

- Vláknoté suroviny pro výrobu papíru
- Mnoho vhodných surovin v přírodě - technické a ekonomické požadavky:
 - k dispozici velké množství
 - levné
 - vysoký výtěžek
 - dostatečně dlouhé vlákno
 - snadné rozvláknění
 - dobrá plstítnost
 - dobrá bělitelnost
 - nízké náklady na zpracování
- Vhodné: dřevo, sběrový papír



Výroba buničiny a papíru

Dělení vláknovin

- Podle původu:
 - Rostlinné suroviny – dřevo, sláma, bavlna, len, konopí, rákos, bagasa, bambus, hadry, textilní odpady, sběrový papír aj.
 - Živočišné suroviny - vlna, srst, přírodní hedvábí, kožařský odpad
 - Minerální suroviny - skelná, čedičová, osinková, keramická, kovová vlákna.
 - Polymerní suroviny - polyamidová, polyesterová, aramidová vlákna, umělé hedvábí apod.

Výroba buničiny a papíru

Rostlinné vláknité suroviny

- Vlákna vhodná pro výrobu papíru se získávají z/ze:
 - dřeva kmenů, případně větví jehličnanů a některých listnáčů - smrk, jedle, borovice, buk, topol, osika, kaštan, lípa, bříza
 - lýka - len, konopí, moruše
 - semen - bavlna
 - stébel a lodyh - sláma, esparto, slunečnice, kukuřice, kopřiva, řepka, bambus, cukrová třtina
 - listí - sisal, manila, ananas, aloe
 - ovoce - kokos



Výroba buničiny a papíru

Živočišné vláknité suroviny

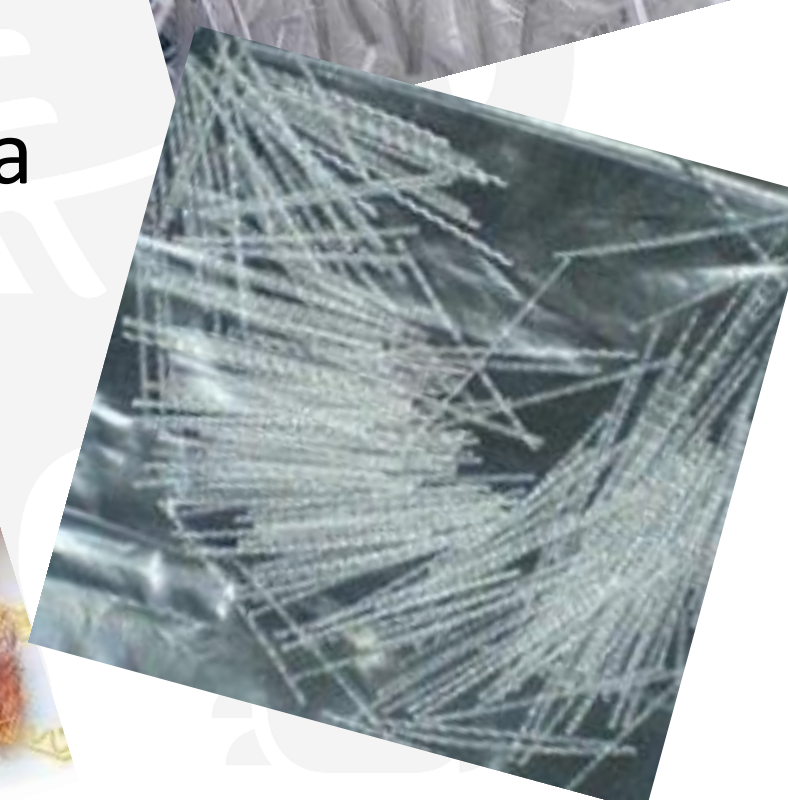
- Tvořeny bílkovinami vystavěnými z aminokyselin
- Dělení vláken podle obsahu aminokyselin a jejich původu na:
 - Keratinová - tvoří vlasovou pokrývku obratlovců
 - Fibroinová - včelky housenek bourců
- Příprava: stříhání, česání, praní, barvení, spřádání
- Použití především pro textilní průmysl



Výroba buničiny a papíru

Nerostlinné vláknité suroviny (minerální, polymerní)

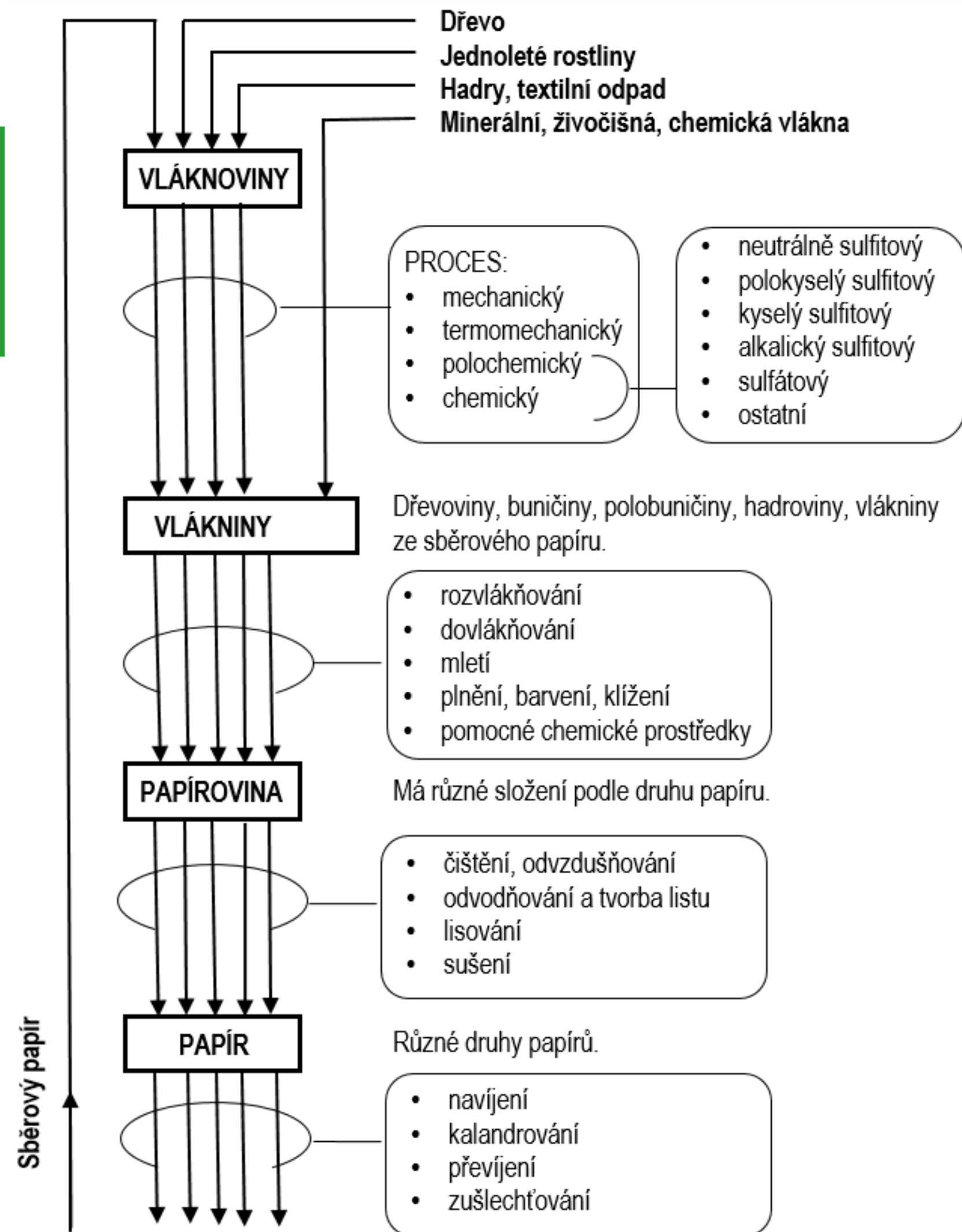
- Ne zcela způsobilé pro výrobu papíru obvyklým způsobem.
- Nemají vlákna vhodná pro běžný způsob zplstňování (nemohou fibrilovat tvořit vazby H-můstky nebo -OH skupinami).
- Použití jen pro zvláštní druhy papíru vyráběného v malém množství za speciálním účelem.



Výroba buničiny a papíru

Vlákniny

- Schéma zpracování vláknovin na vlákniny, papírovinu a papír



Výroba buničiny a papíru

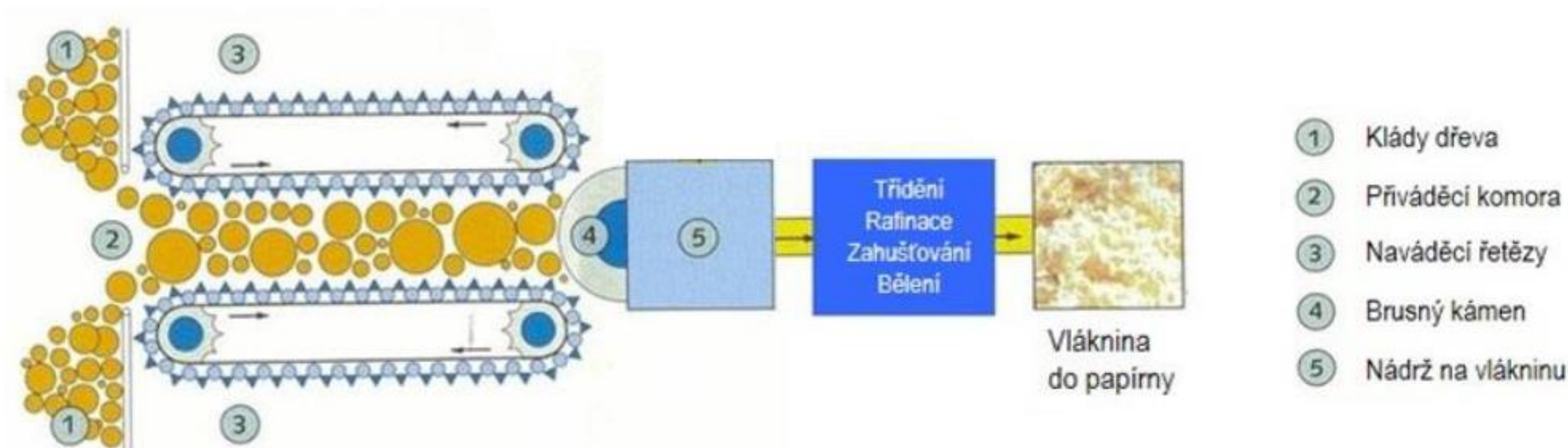
Způsoby získávání vláknin

- Mechanická metoda
- Kombinovaná metoda (chemicko-mechanická)
- Chemická metoda



Výroba buničiny a papíru

Mechanická metoda



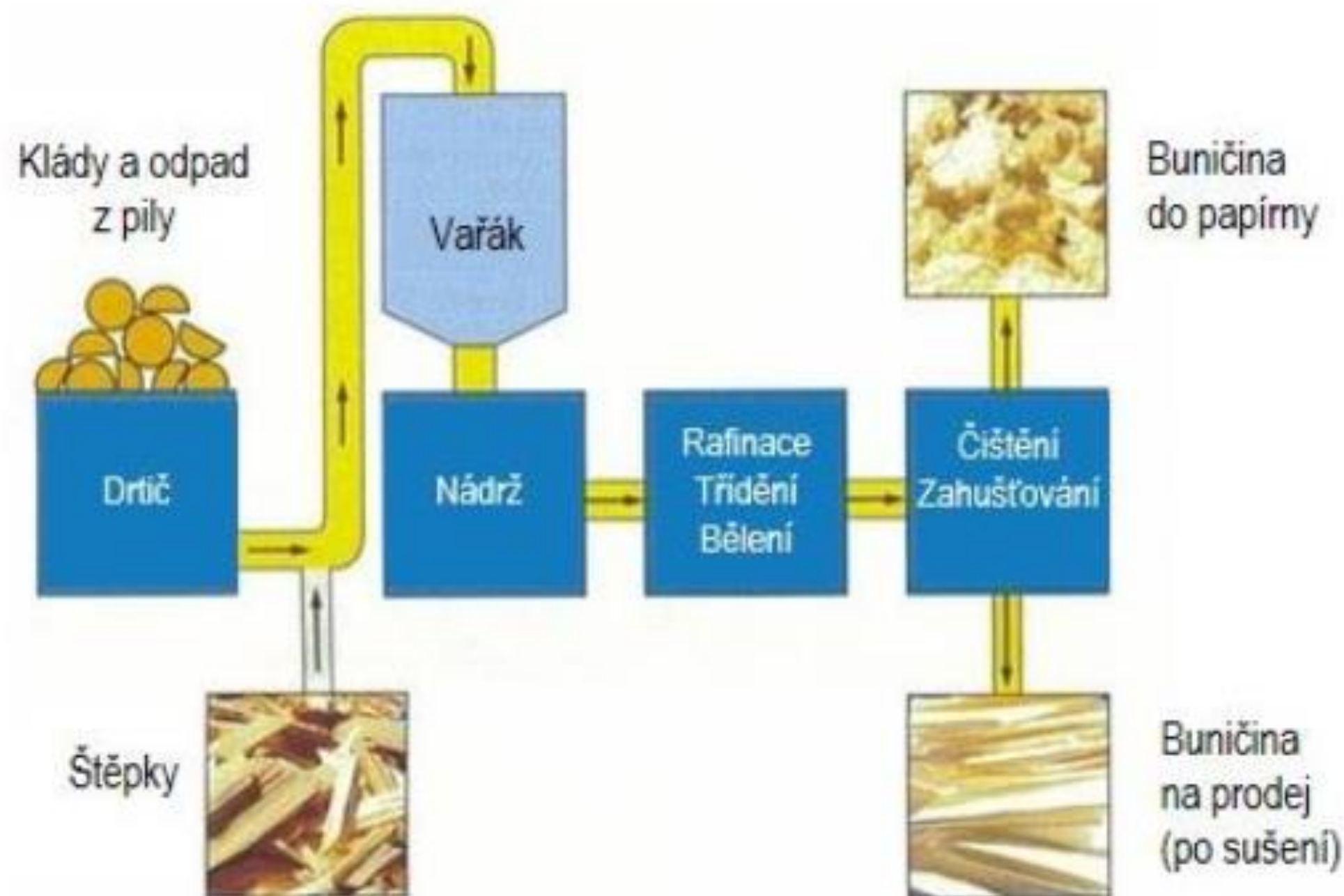
Výroba buničiny a papíru

Kombinovaná chemicko-mechanická metoda



Výroba buničiny a papíru

Chemická metoda



Výroba buničiny a papíru

Chemická metoda

- Sulfátová metoda (alkalická)
 - varný louh (roztok NaOH a Na₂S)
 - Doba vaření cca 5 hodin při teplotě cca 180 °C

- Sulfitová metoda (kyselá)
 - Varná kyselina (roztok Ca(HSO₃)₂ a H₂SO₃)
 - Varný proces trvá několik hodin při teplotě 110–140 °C



Výroba buničiny a papíru

Shrnutí

- Chemická, mechanická a chemicko-mechanická vláknina patří do skupiny tzv. komerčních vláknin, někdy označovaných jako primární vlákniny
- Přibližně 75 % veškeré komerční produkce vláknin tvoří bělená sulfátová buničina
- Zvláštní skupinu tvoří hadrovina používaná pro výrobu speciálních druhů papíru v omezeném množství a recyklovaná vlákna

Výroba buničiny a papíru

Výroba papíru



Výroba obalových materiálů

Obalové materiály

- Všechny suroviny, polotovary i hotové výrobky vhodné k přímému balení nebo pro výrobu obalů
- Obaly z papíru tvoří 40–50 % celkové spotřeby obalů
 - Obalové papíry, balicí papíry, sáčky, pytle, kartonáž z plných lepenek, kartonáž z vlnitých lepenek, potažená kartonáž, lisovaná a tažená kartonáž, vinutá kartonáž, nasávaná kartonáž...

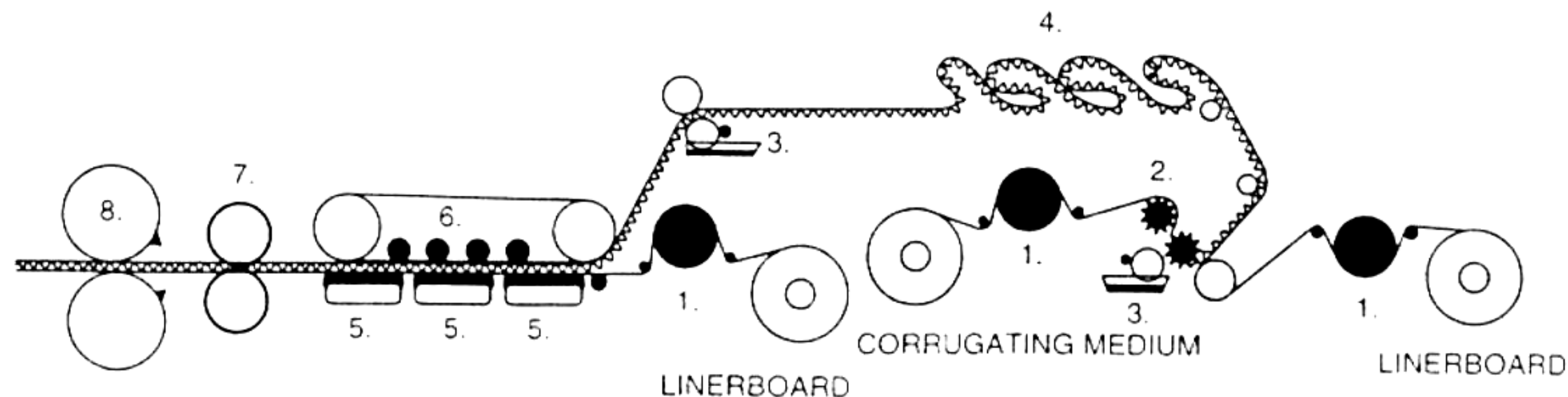


Výroba obalových materiálů

Výroba vlnité lepenky

■ Stroj na výrobu třívrstvé vlnité lepenky

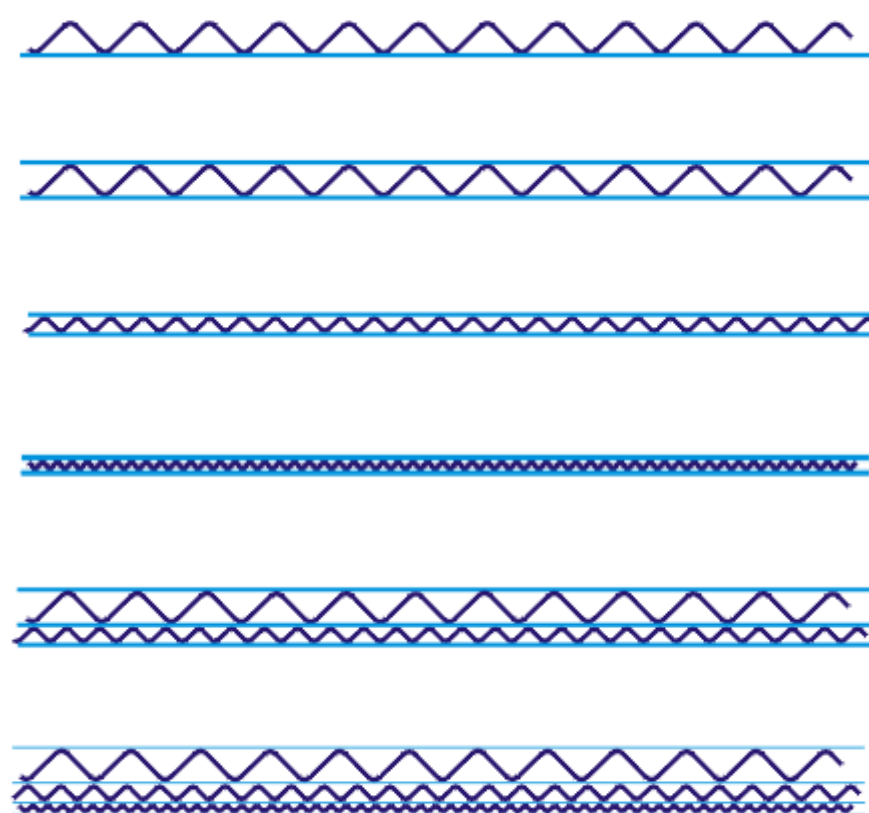
- 1 – předehřívací válce
- 2 – zvlňovací válce
- 3 – nános lepidla
- 4 – můstek
- 5 – sušicí desky
- 6 – přítlačné válečky
- 7 – podélné řezání a příprava linek ohybu
- 8 – příčné řezání



Výroba obalových materiálů

Výroba vlnité lepenky

- Dvouvrstvá vlnitá lepenka A
- Třívrstvá vlnitá lepenka C
- Třívrstvá vlnitá lepenka B
- Třívrstvá vlnitá lepenka F
- Pětivrstvá lepenka BC/BE
- Sedmivrstvá lepenka



Výroba obalových materiálů

Výroba vlnité lepenky

- Typické produkty



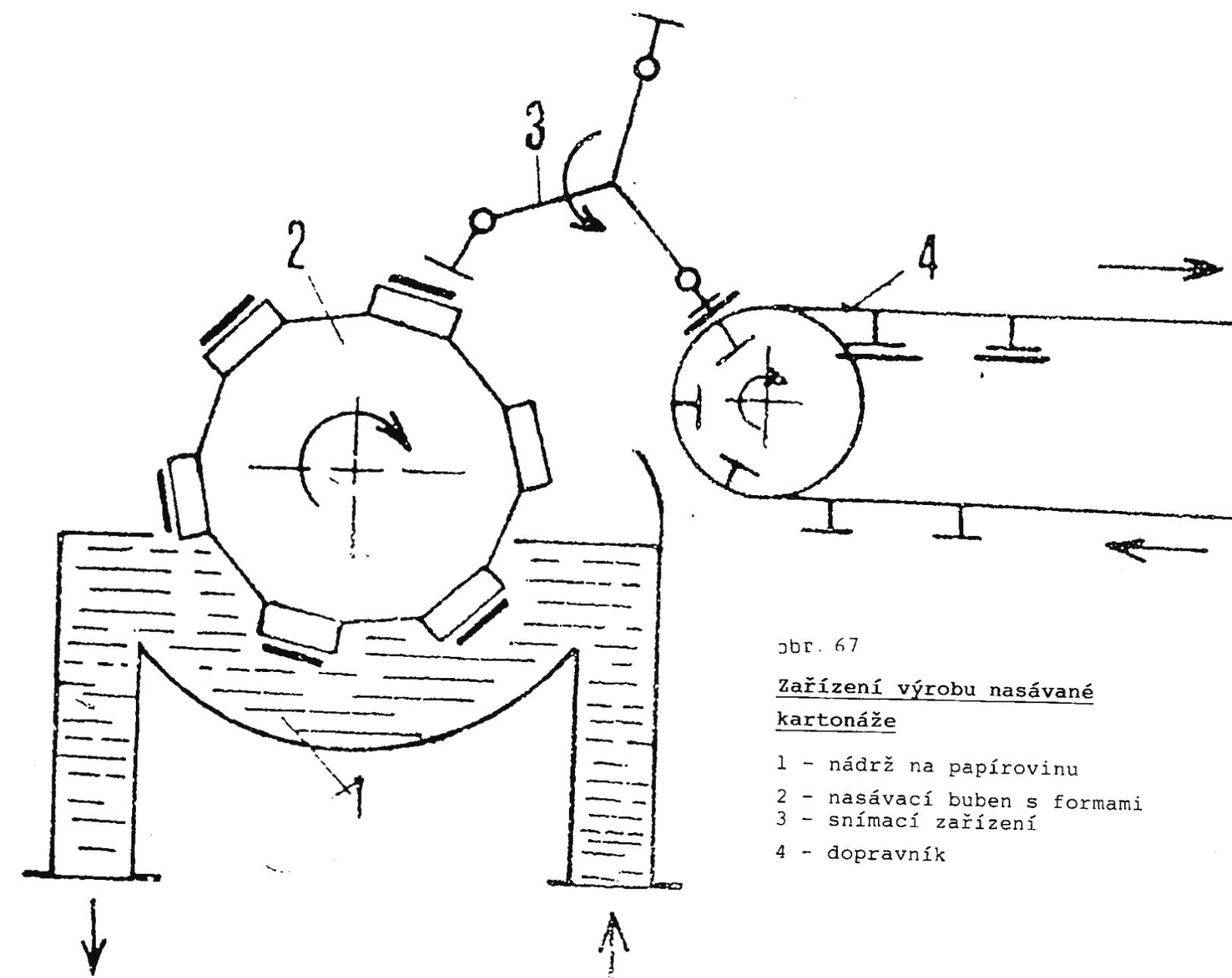
Výroba obalových materiálů

Výroba vlnité lepenky

Výroba obalových materiálů

Výroba nasávané kartonáže

- Princip výroby spočívá v jedné operaci bez odpadu a to nasátím a vytvarováním obalu z papíroviny na sítové formě
- Surovinou je klasický vláknitý materiál, stejný jako při výrobě papíru, papírovinu (často s obsahem sběrového papíru) je možné po důkladném rozvláknění klížit nebo barvit



Výroba obalových materiálů

Výroba nasávané kartonáže

- Typické produkty



Výroba obalových materiálů

Výroba nasávané kartonáže



Výroba obalových materiálů

Výroba potažené kartonáže

- Výroba obalů potažené kartonáže spočívá v polepení přířezu skládačky nebo lepenkové krabice potahovým materiálem
- Přičemž lepenka přířezů zajišťuje mechanickou pevnost obalu, tedy funkci ochranou a potahový materiál estetický vzhled, funkci propagačně estetickou a označovací
- Výrobky potažené kartonáže se dělí na:
 - luxusní a dárkovou kartonáž
 - průmyslovou kartonáž

Výroba obalových materiálů

Výroba potažené kartonáže

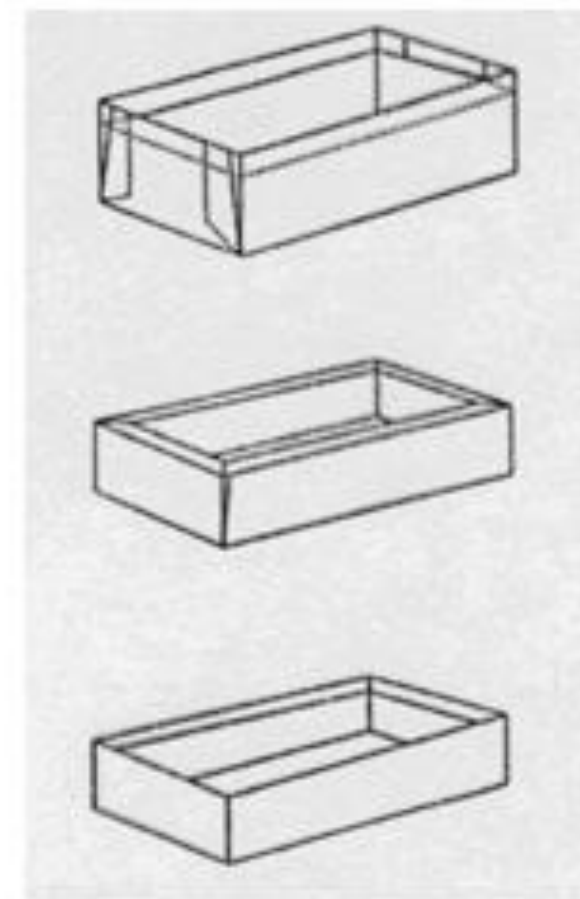
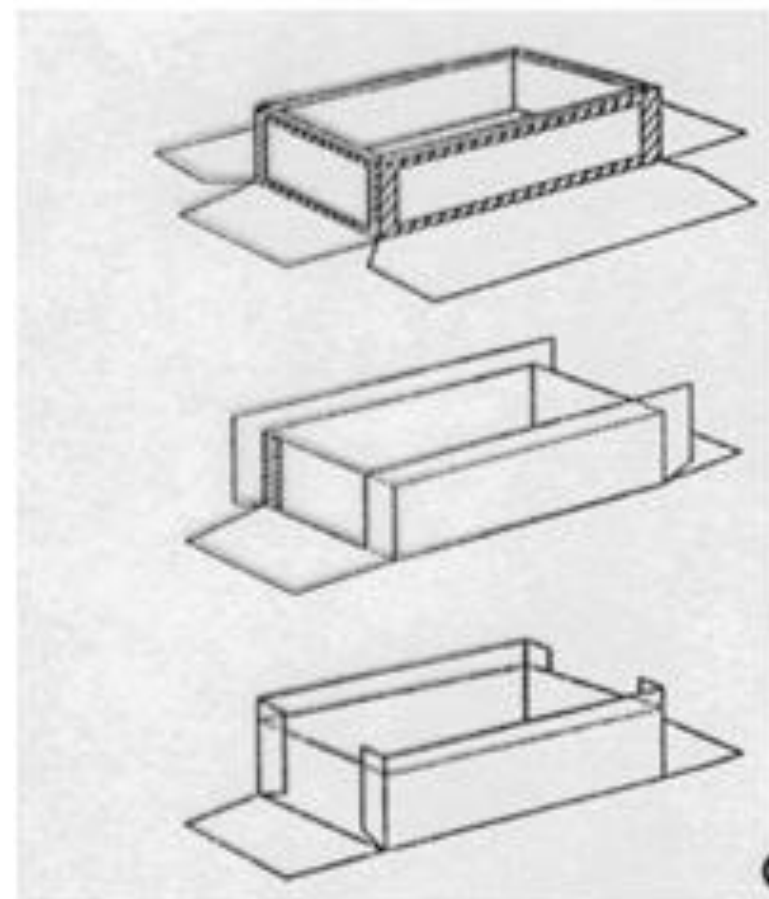
- Potahové materiály
 - středně jemné potahové papíry
 - tapety
 - ražené papíry
 - papíry natírané
 - papíry vrstvené
 - speciální potahové papíry
 - textilní materiály
 - plastické fólie



Výroba obalových materiálů

Výroba potažené kartonáže

- Při výrobě potažené kartonáže probíhají následující technologické operace:
 - výroba lepenkových přířezů
 - výroba potahů (výseky)
 - spojování přířezů a potahů, nebo-li potahování



Výroba obalových materiálů

Výroba potažené kartonáže

- Typické produkty



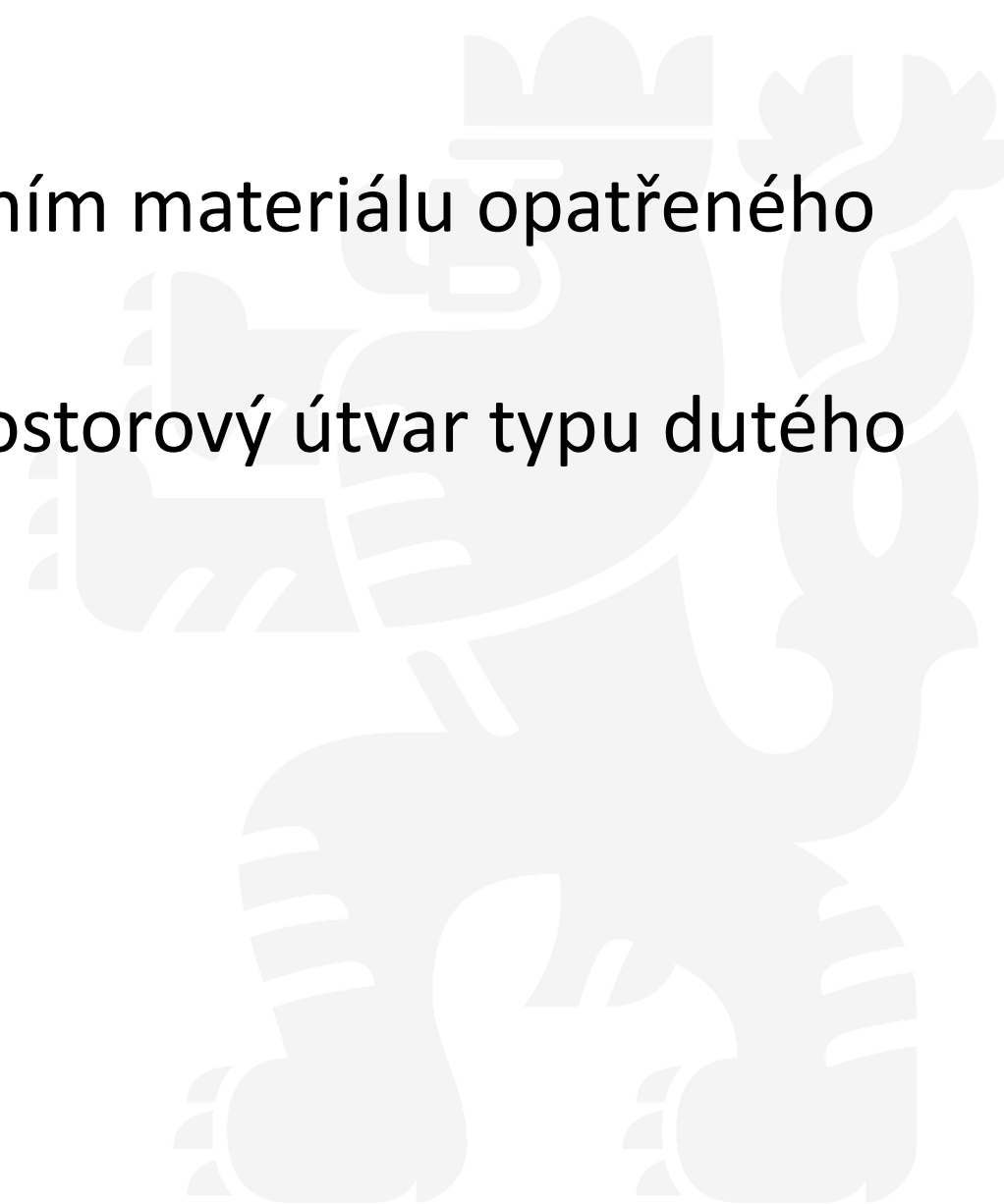
Výroba obalových materiálů

Výroba potažené kartonáže

Výroba obalových materiálů

Výroba vinuté kartonáže

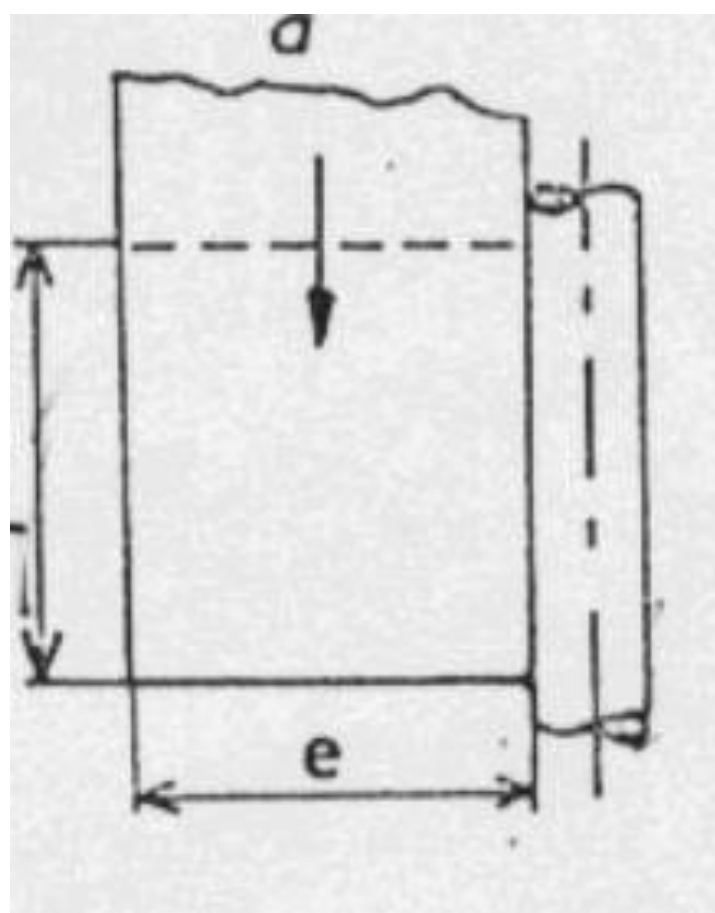
- je technologický proces, při kterém se papír, karton tvaruje stáčením materiálu opatřeného lepidlem na navíjecím vřetenu
- slepené vrstvy (jedna nebo více) vytvářejí podle tvaru vřetena prostorový útvar typu dutého válce nebo komolého kuželu



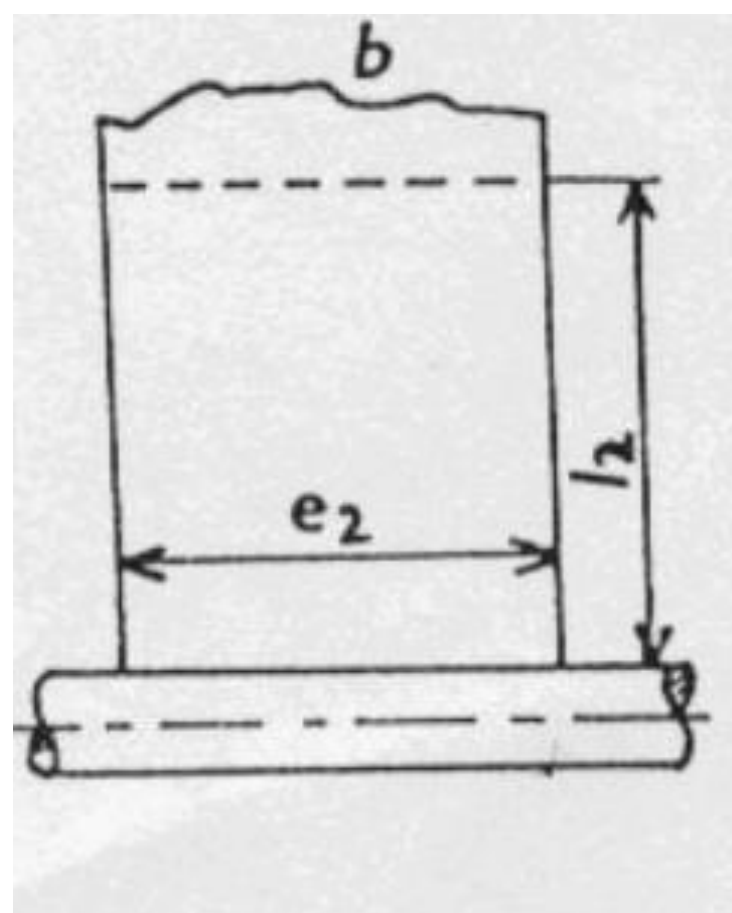
Výroba obalových materiálů

Výroba vinuté kartonáže

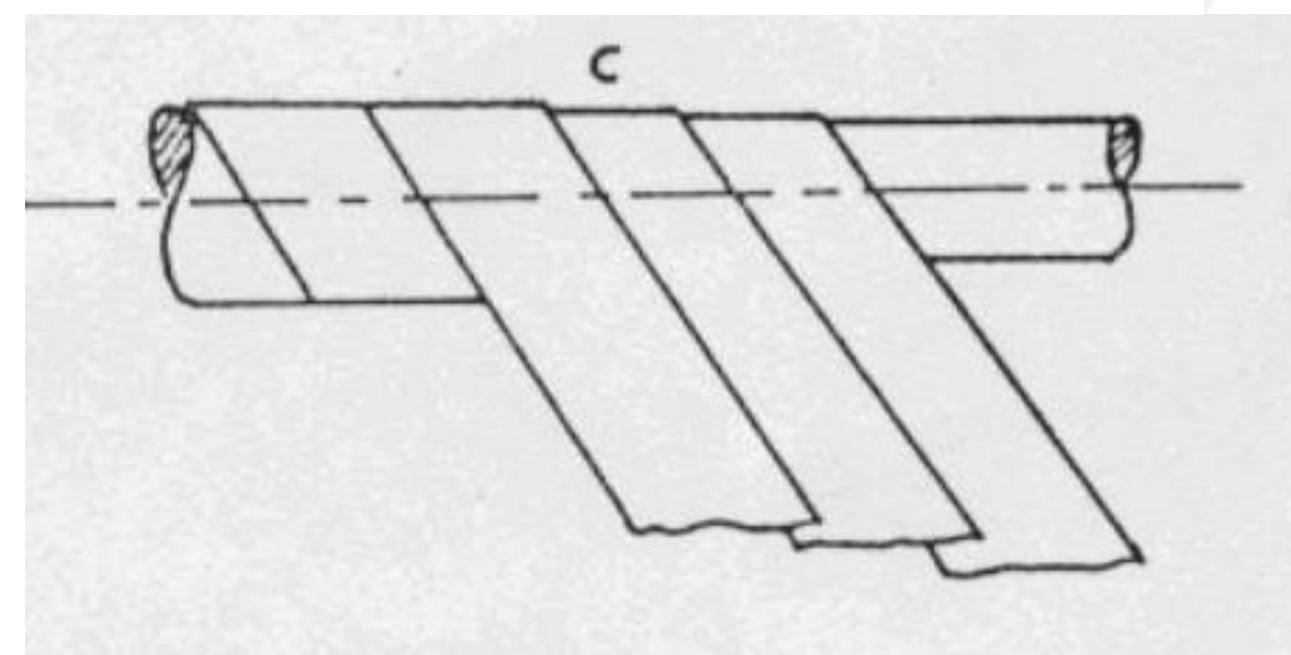
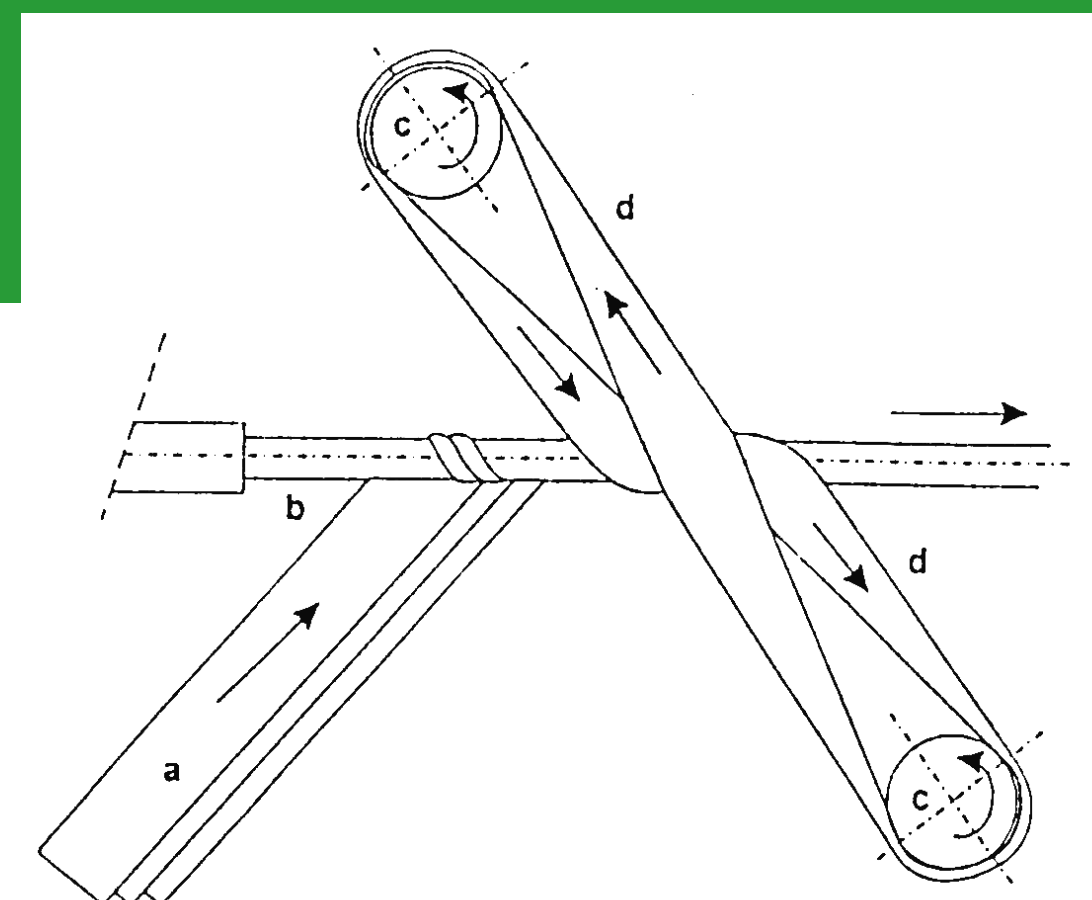
■ Způsoby vinutí



Konvolutní vinutí (paralelní)



Konvolutní vinutí (pravoúhlé)



Spirálové vinutí

Výroba obalových materiálů

Výroba vinuté kartonáže

- Typické produkty



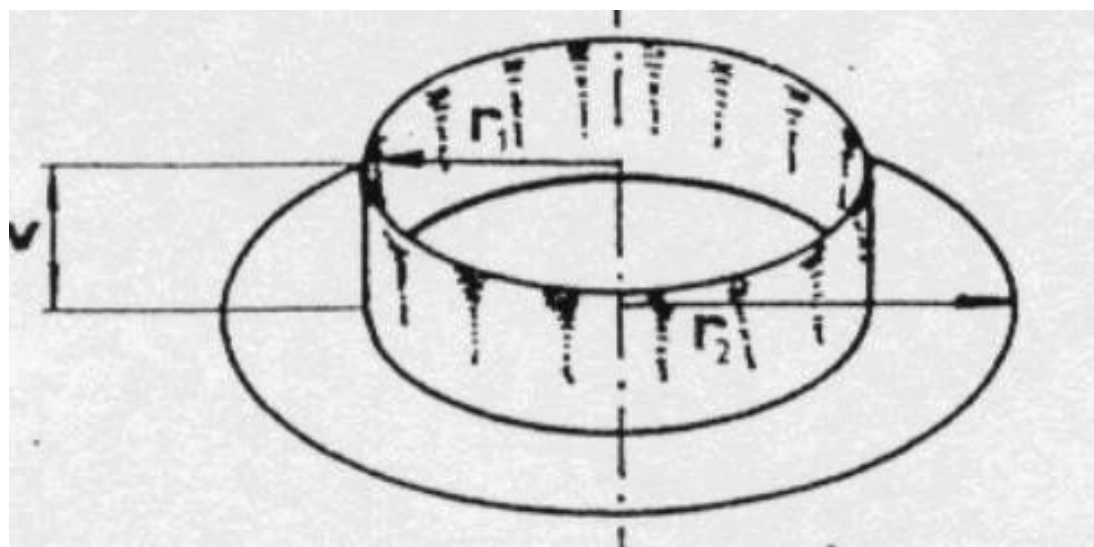
Výroba obalových materiálů

Výroba vinuté kartonáže

Výroba obalových materiálů

Výroba tažené kartonáže

- je postup, při kterém se pomocí tažníku a tažnice tvaruje plochý přířez lepenky do prostorového tvaru
- při ohýbání lepenky tvořící boční stěny se zmenšuje větší obvod přířezu skládáním do vrásní, které se v konečné fázi slisují



Výroba obalových materiálů

Výroba tažené kartonáže

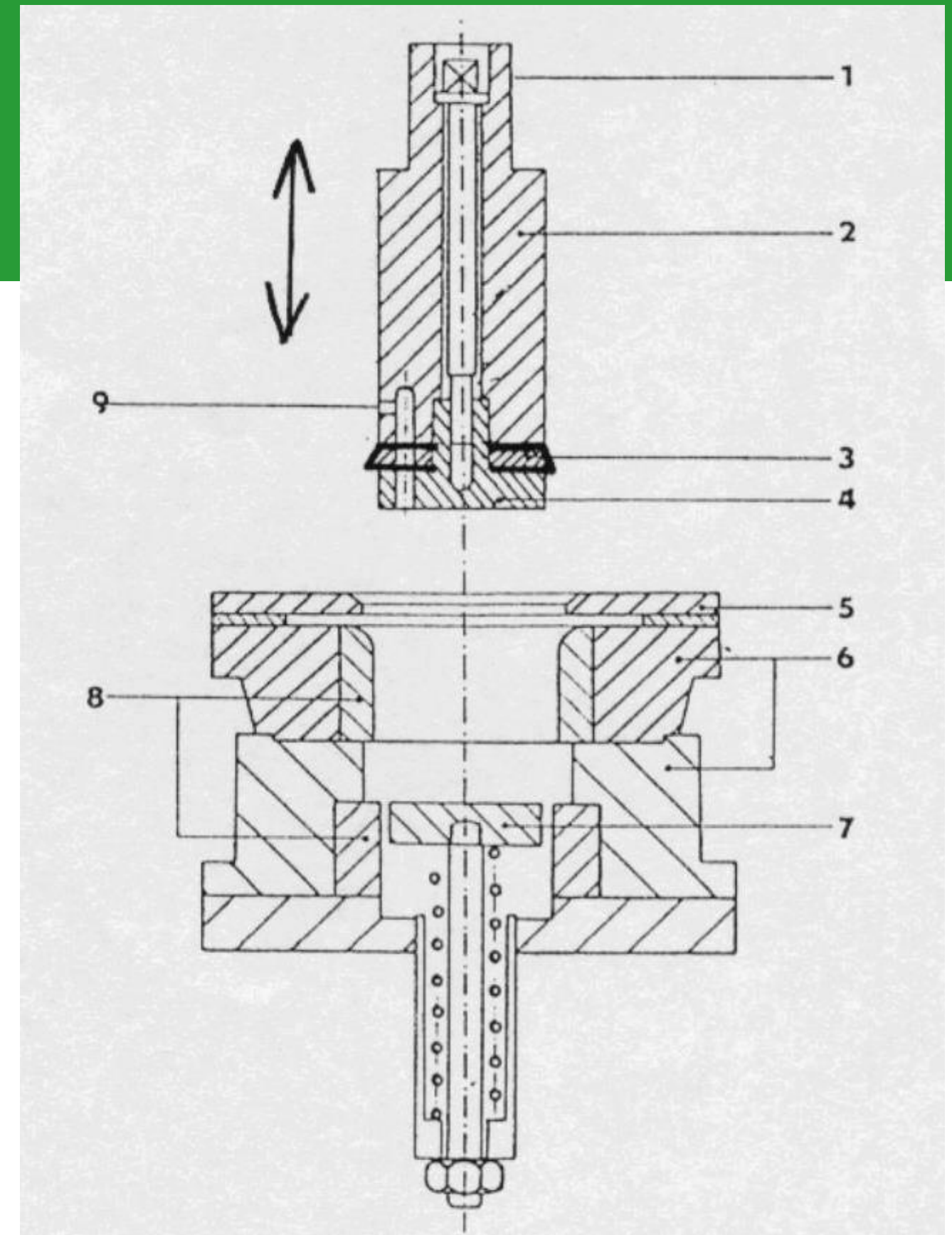
■ Tažné nástroje

■ Tažník

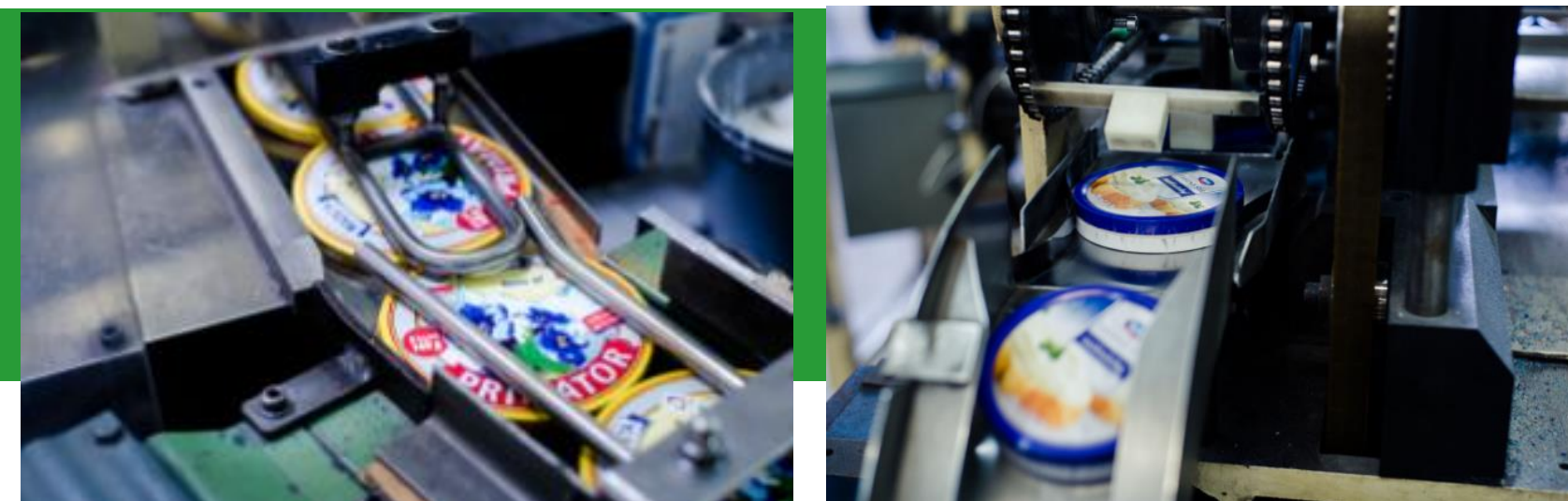
- Horní díl nástroje
- Konický tvar
- Na vrcholu opatřen nožem

■ Tažnice

- Spodní díl nástroje
- Přidržovací deska, pouzdro tažnice a tažná komora tažnice



Výroba obalových materiálů



Výroba tažené kartonáže

- Technologický postup
 - Ohýbání za tvorby vrásní
 - utvoření nového tvaru ohýbáním lepenky tvořící bočné stěny výrobku tak, že větší obvod přířezu se zmenšuje tvorbou vrásní, pokud možno drobných a pravidelně rozmístěných po celém obvodu
 - Slisování bočních stěn
 - slisované vrásně jsou na bočních stěnách výrobku viditelné jako tmavší skvrny klínovitého tvaru; kvalitu slisování určuje správná mezera mezi stěnami tažníku a tažnice, která se nastavuje výměnou tažníku většího nebo menšího průměru
 - Dokončovací operace

Výroba obalových materiálů

Výroba tažené kartonáže

- Typické produkty



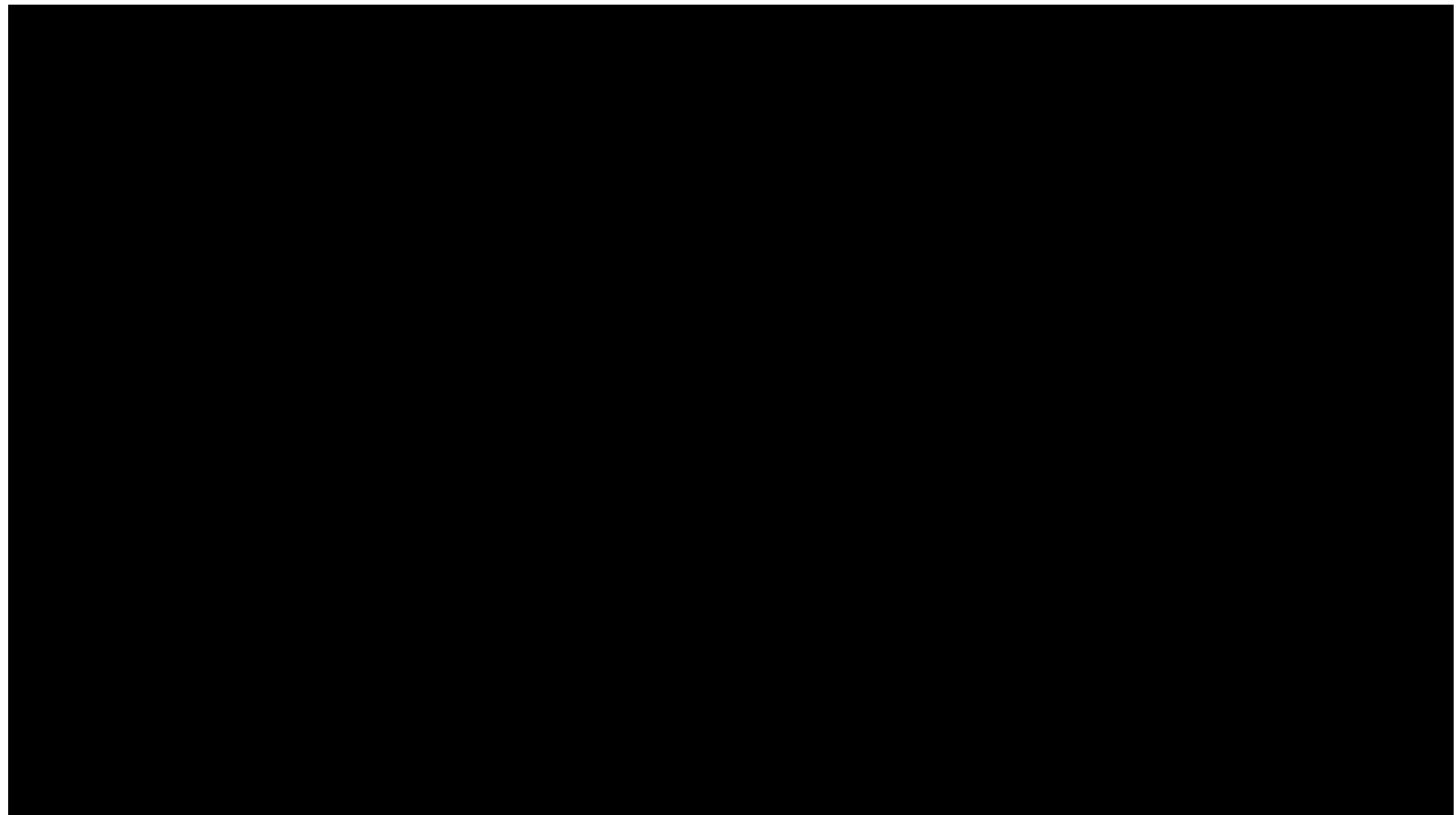
Výroba obalových materiálů

Výroba tažené kartonáže



Výroba obalových materiálů

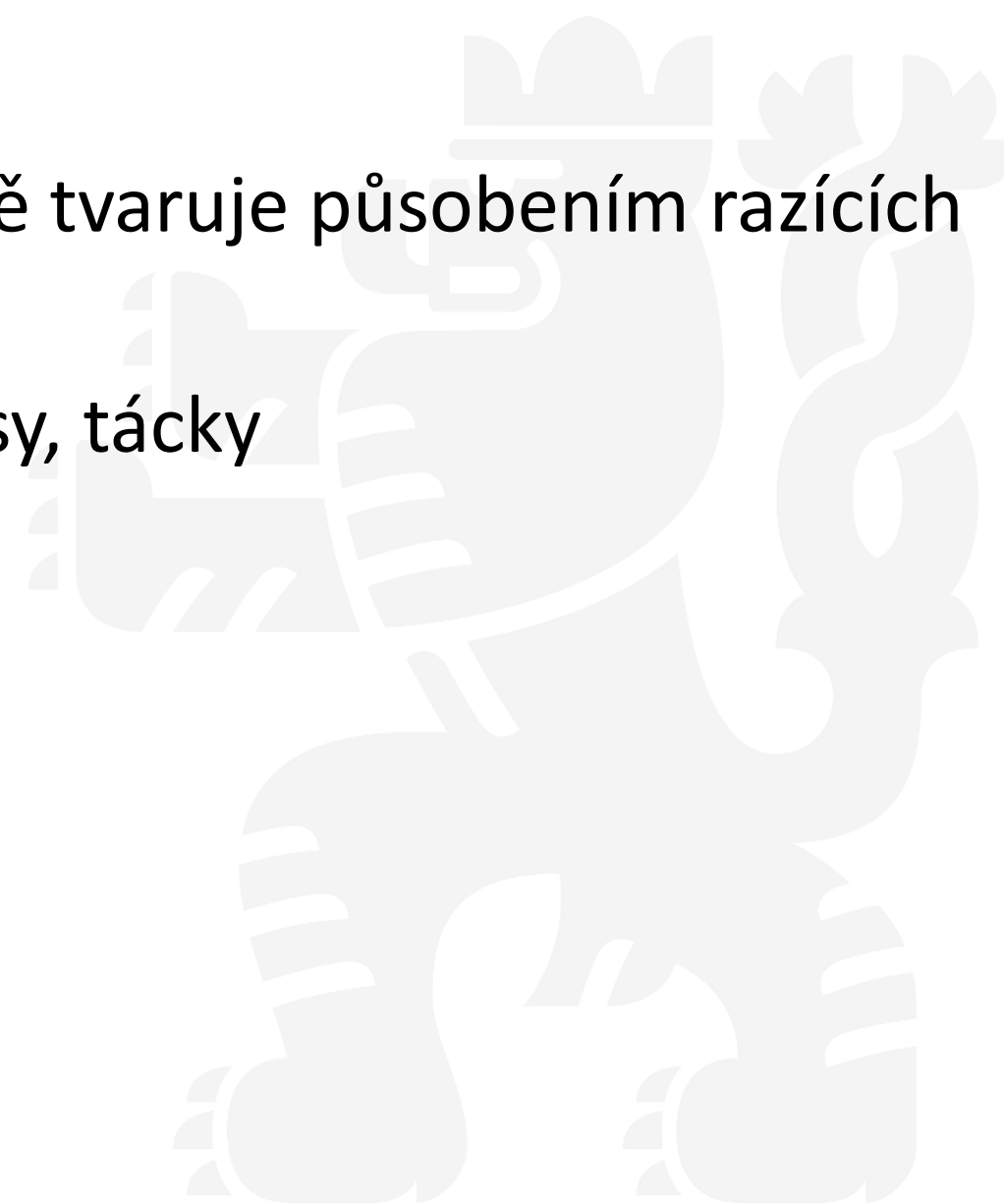
Výroba tažené kartonáže



Výroba obalových materiálů

Výroba lisované kartonáže

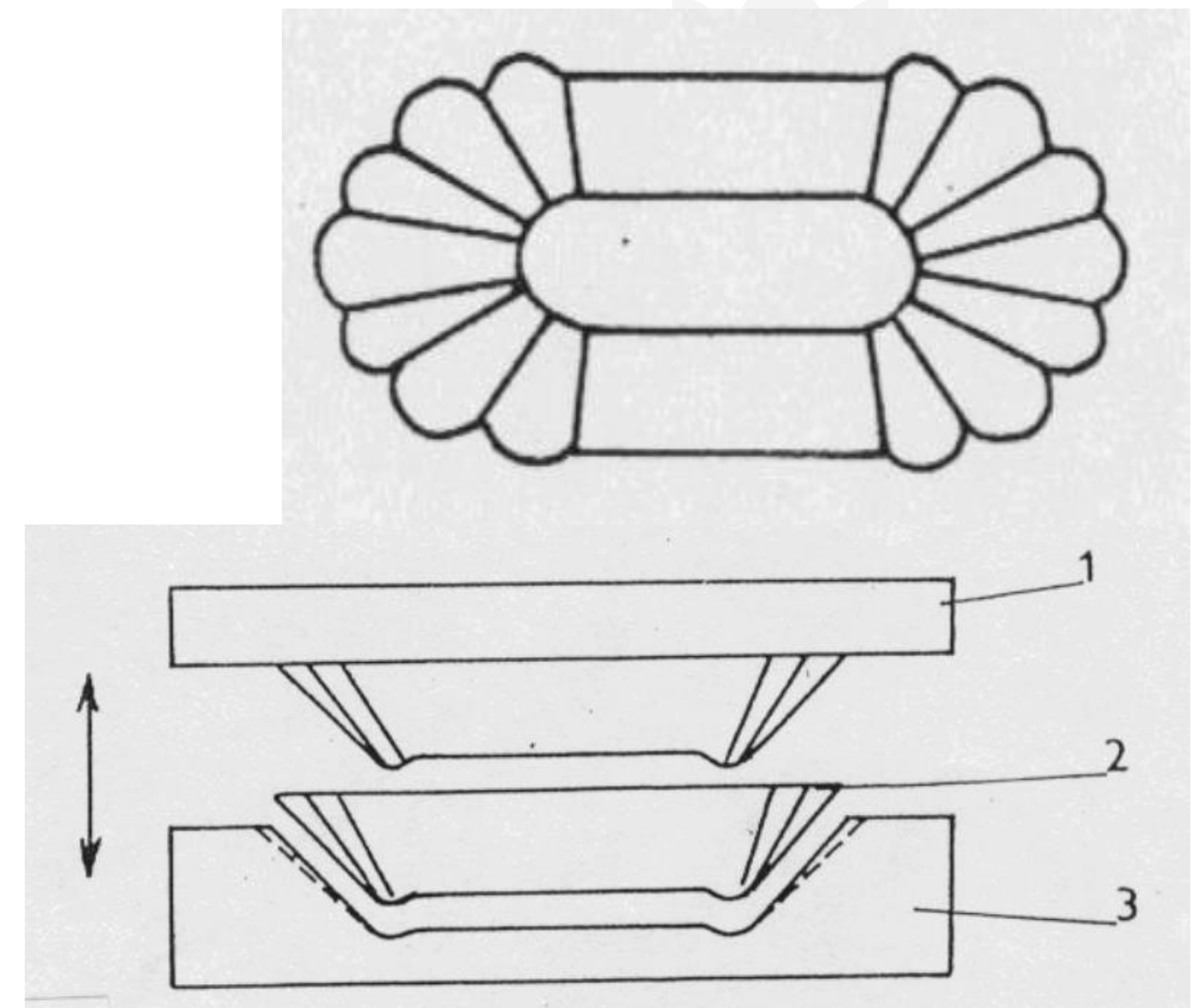
- je technologický proces, při kterém se papír nebo lepenka reliéfně tvaruje působením razících nástrojů - patricí nebo soustavou patrice a matrice
- ražením se vyrábějí prostorově tvarované výrobky - talíře, podnosy, tácky
tzv. ražená – lisovaná kartonáž



Výroba obalových materiálů

Výroba lisované kartonáže

- Ražba reliéfní
- Ražba lisováním
- Hluboká ražba lisování → LISOVANÁ KARTONÁŽ



Výroba obalových materiálů

Výroba lisované kartonáže

- Typické produkty



Výroba obalových materiálů

Fixační prvky

- Fixace jsou to prostředky určené k ochraně baleného zboží proti nepříznivým mechanickým, klimatickým a biologickým vlivům
- Mechanická rizika působí na přepravní obal a balené zboží v celé fázi toku zboží od výrobce ke spotřebiteli, tzn. při procesu balení, přepravy, distribuce a spotřeby

Výroba obalových materiálů

Fixační prvky



Fixace pevná



Fixace poddajná (pružná)



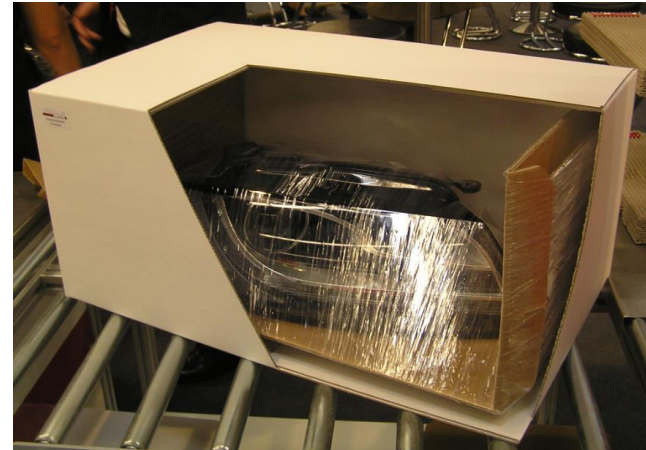
Fixace poddajná (nepružná)

Výroba obalových materiálů

Fixační prvky – papírové



Nasávaná kartonáž



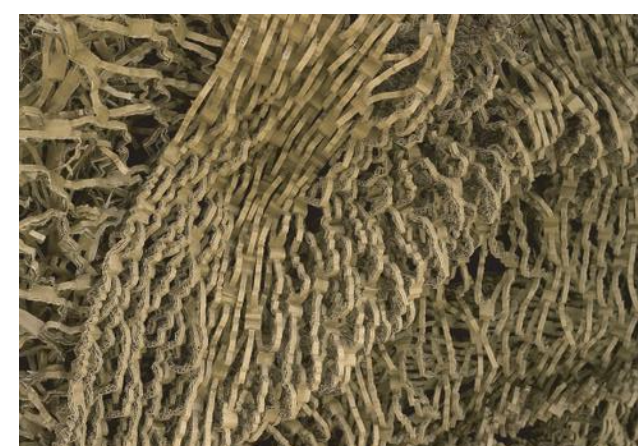
Fixace z vlnité lepenky



Rohovky a hrany



Papírová tělíska



Prořezávaná vlnitá lepenka



Tvarované papíry



Papírová vlna



Voštiny

Modifikace dřeva

Modifikace dřeva

- Modifikace je pojem, který označuje v obecné rovině nějakou změnu, provedenou úpravu nebo jinou variantu nějaké věci
- Modifikace je i speciální pojem, změna nebo proměna, například v chemii znamená proměnu chemické látky, ve výrobě verzi nebo úpravu standardu výrobku, v metalurgii se modifikuje tavenina
- Úprava může být pouze jednoduchá a okrajová, nebo může jít o celkovou změnu

Modifikace dřeva

Účel modifikace

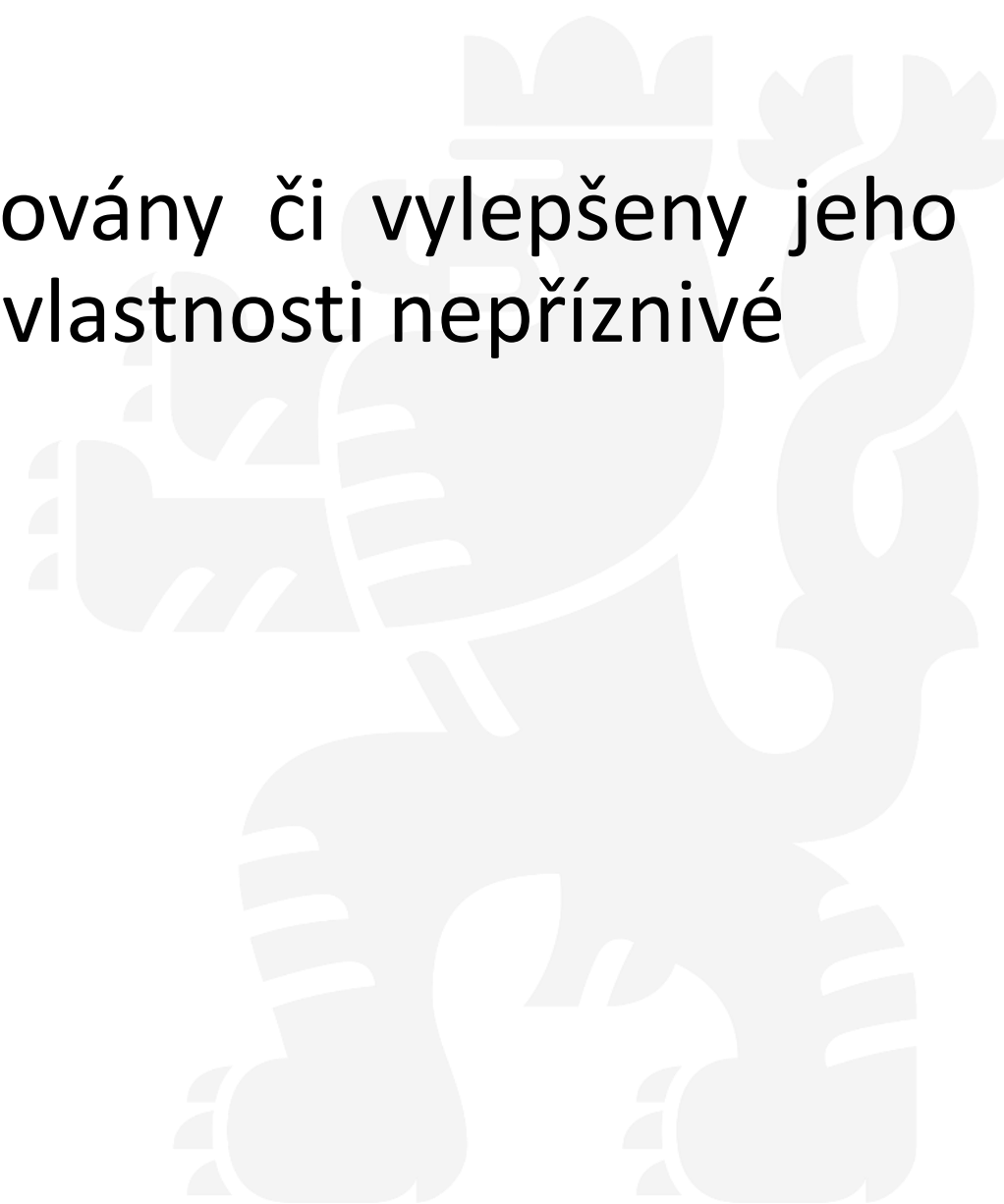
- Změna parametrů materiálu
 - Vlastnosti dřeva
 - Fyzikální vlastnosti dřeva
 - Mechanické vlastnosti dřeva



Modifikace dřeva

Princip modifikace

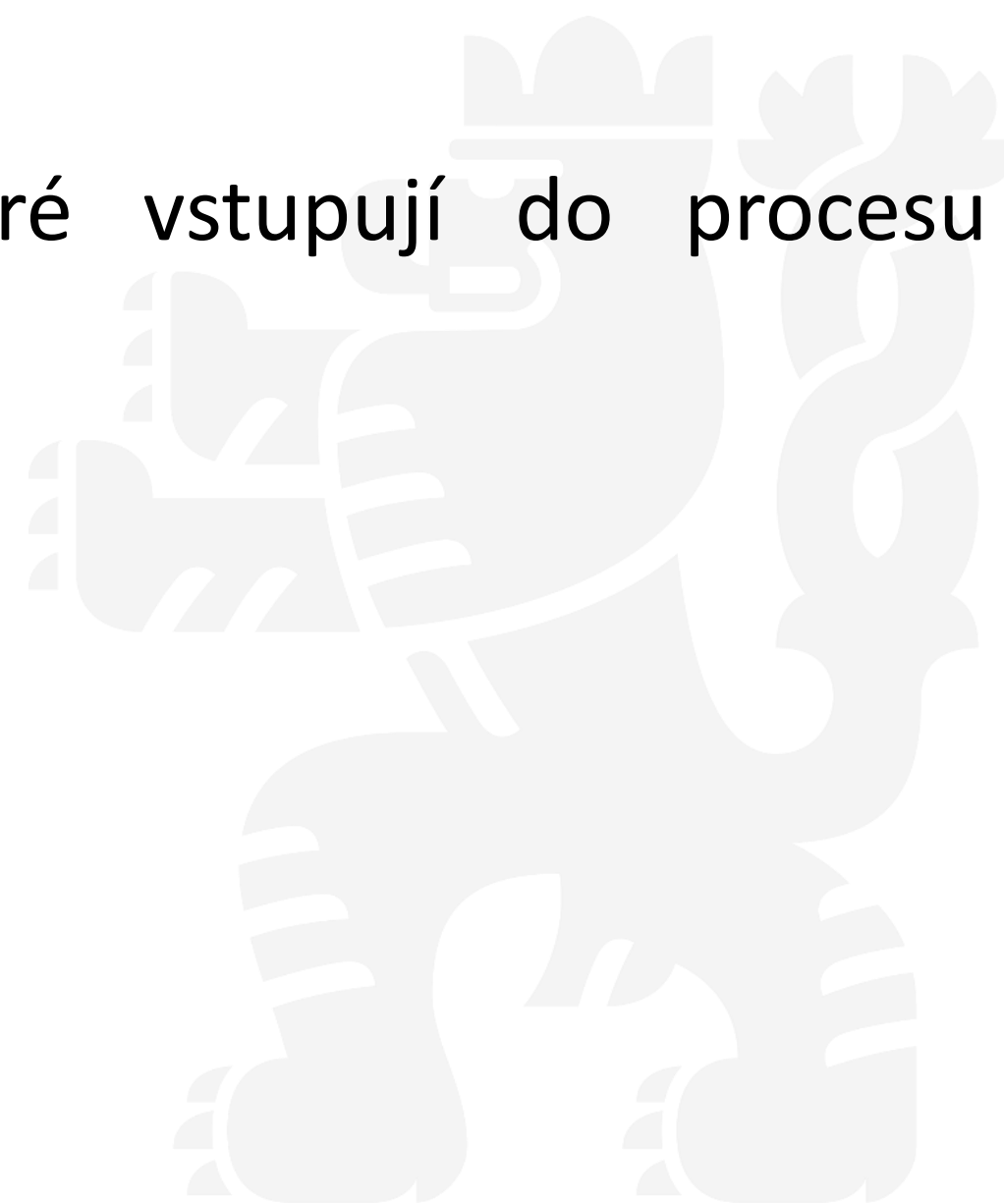
- Modifikace je metoda úpravy dřeva tak, aby byly zachovány či vylepšeny jeho kladné vlastnosti a současně sníženy či úplně eliminovány vlastnosti nepříznivé
- Pozitivní vliv modifikace → hygroskopicitu dřeva
- Negativní vliv modifikace → tvrdost vs houževnatost



Modifikace dřeva

Využitelnost modifikace

- Využitelnost je závislá na mnoha parametrech, které vstupují do procesu modifikace:
 - Vstupní materiál
 - Způsob modifikace
 - Doba trvání procesu modifikace
 - Správné použití modifikovaného materiálu
 - Ekonomická návratnost procesu
 - Vliv na životní prostředí
 - Technologická náročnost v průmyslovém měřítku
 - Výsledná cena produktu



Modifikace dřeva

Využitelnost modifikace

- Faktory které ovlivňují výběr vstupního materiálu:
 - Cena vstupní suroviny
 - Dostupnost suroviny na trhu
 - Logistická dostupnost
 - Kvalita suroviny
 - Vliv suroviny na životní prostředí
 - Sezónní dostupnost
 - Trvanlivost při skladování
 - Technologická zpracovatelnost



Modifikace dřeva

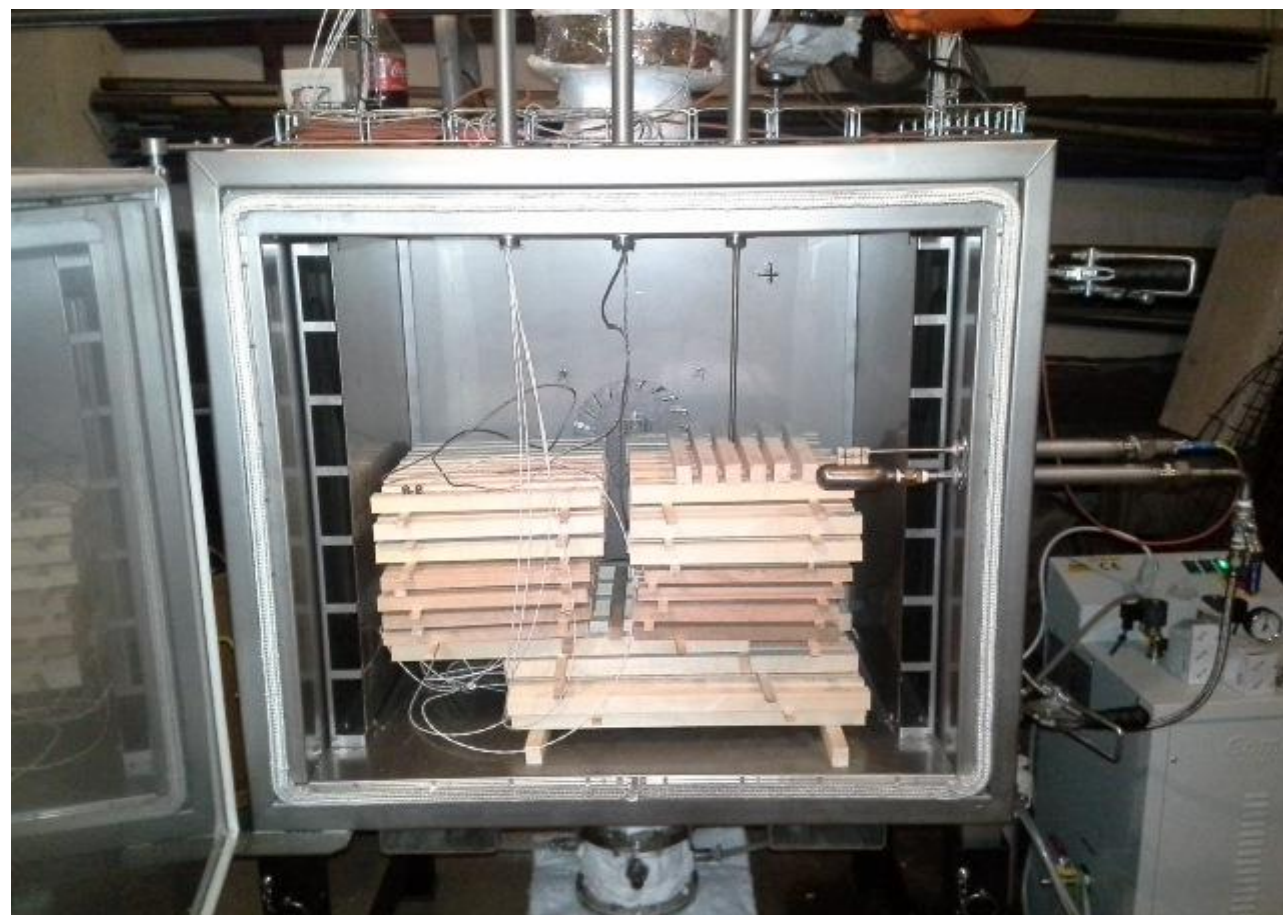
Metody modifikace

- Termická modifikace
- Chemická modifikace
- Impregnace
- Modifikace pomocí tlaku
- Modifikace pomocí mikrovlnného záření



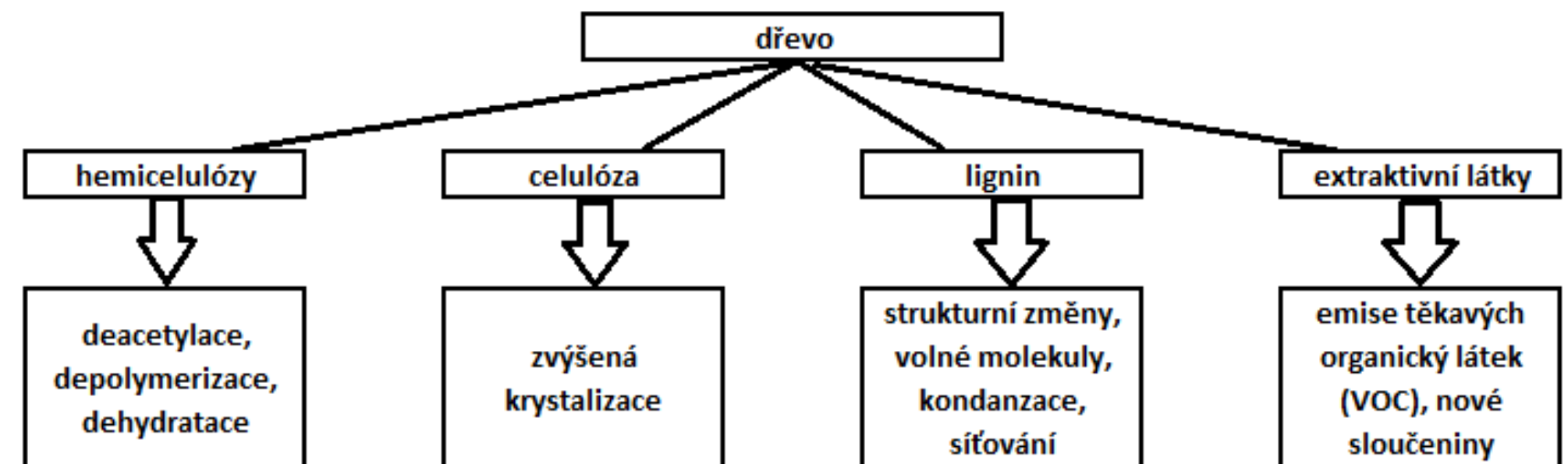
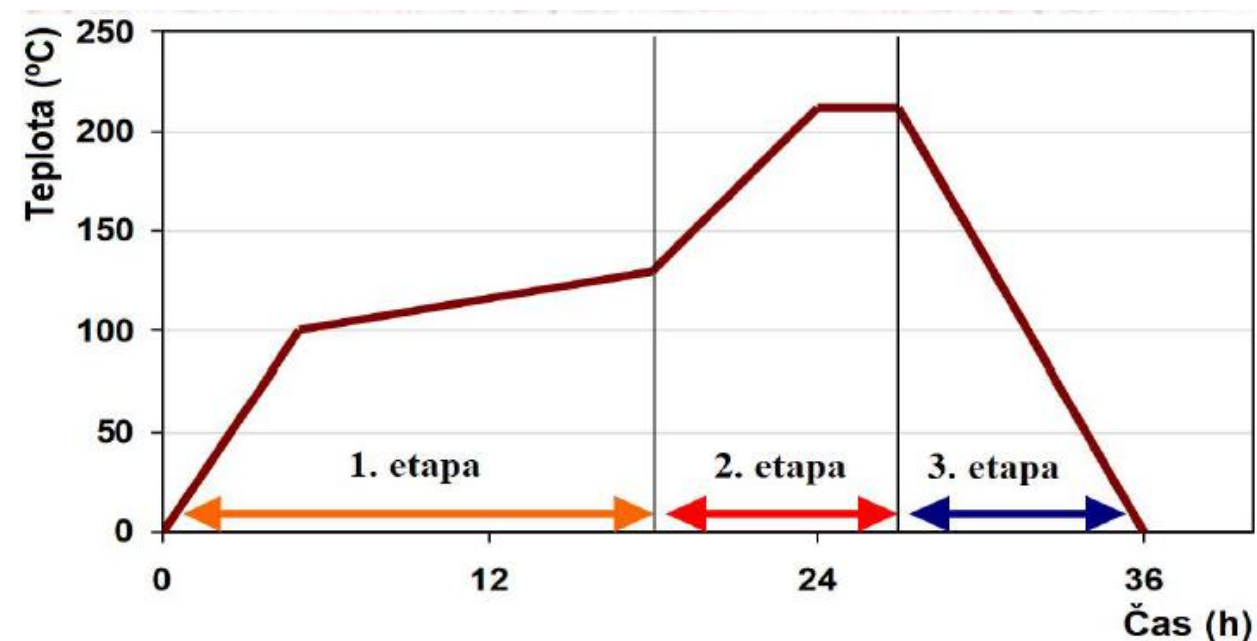
Modifikace dřeva

Termická modifikace



Modifikace dřeva

Termická modifikace (proces a chemické změny)



Modifikace dřeva

Termická modifikace

- Využití



Modifikace dřeva

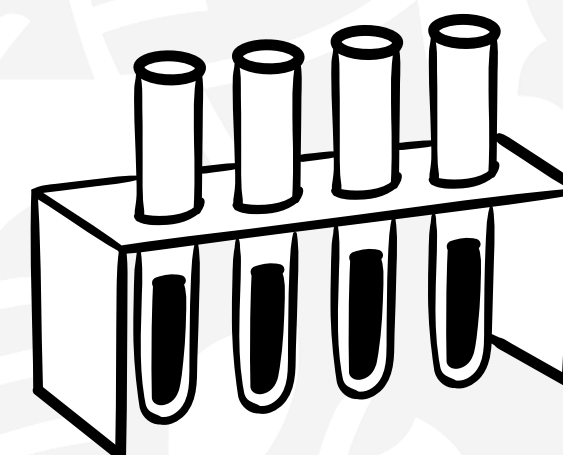
Termická modifikace



Modifikace dřeva

Chemická modifikace

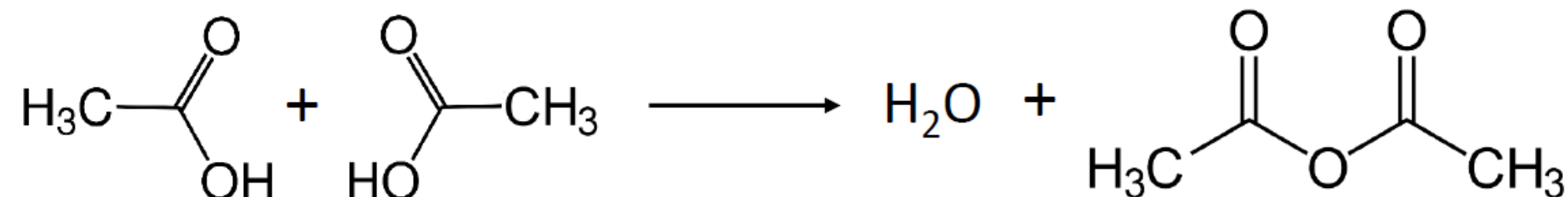
- Průběh a efektivnost chemické modifikace se hodnotí podle:
 - Příjem a distribuce modifikační látky ve dřevě
 - Rozměrová stabilizace dřeva
 - Změna mechanických vlastností dřeva
 - Změna trvanlivosti dřeva
 - Celková účinnost – efektivnost modifikačního procesu



Modifikace dřeva

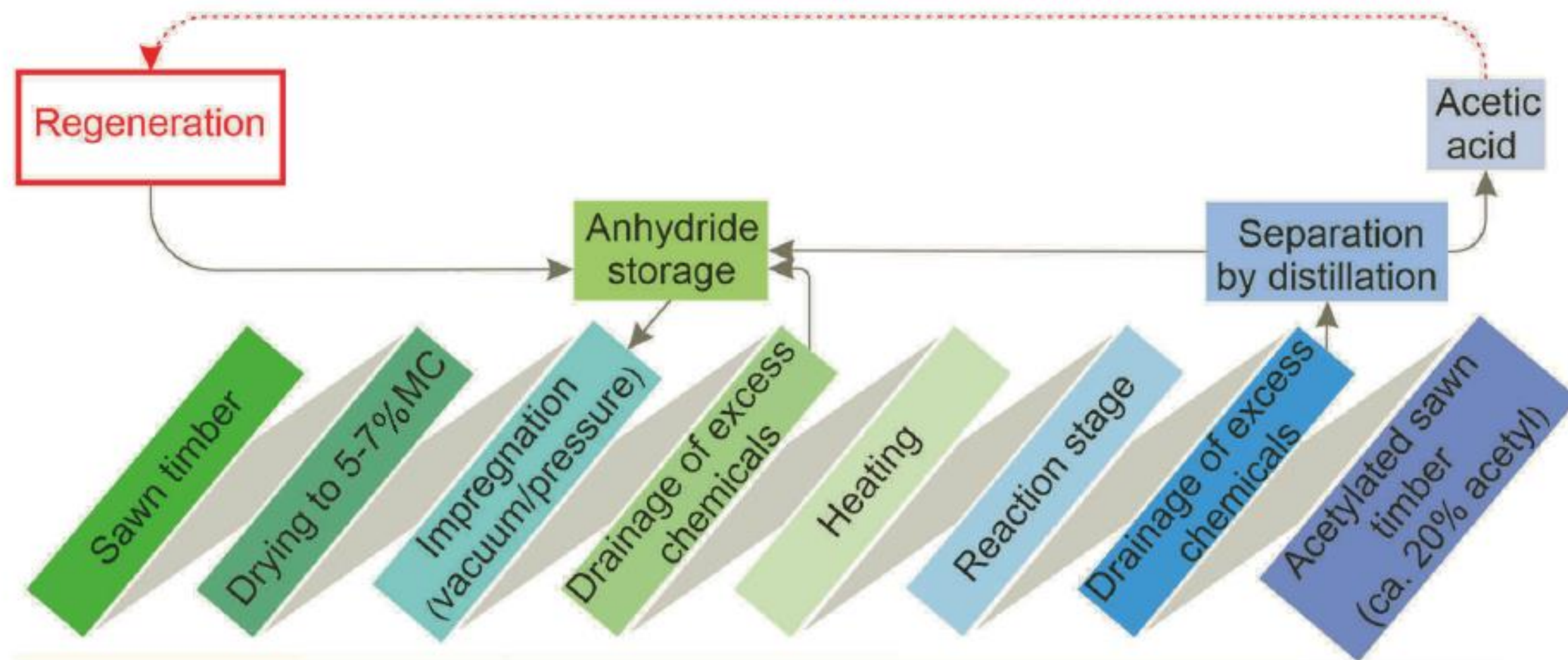
Chemická modifikace

- anhydridy karboxylových kyselin (acetanhydrid) a dikarboxylové kyseliny
- acyklické a cyklické anhydridy
- keteny
- karboxylové kyseliny
- halogenidy karboxylových kyselin (acylchlorid)
- isokyanáty
- aldehydy
- alkyloxy a epoxidy
- akrylonitrilu



Modifikace dřeva

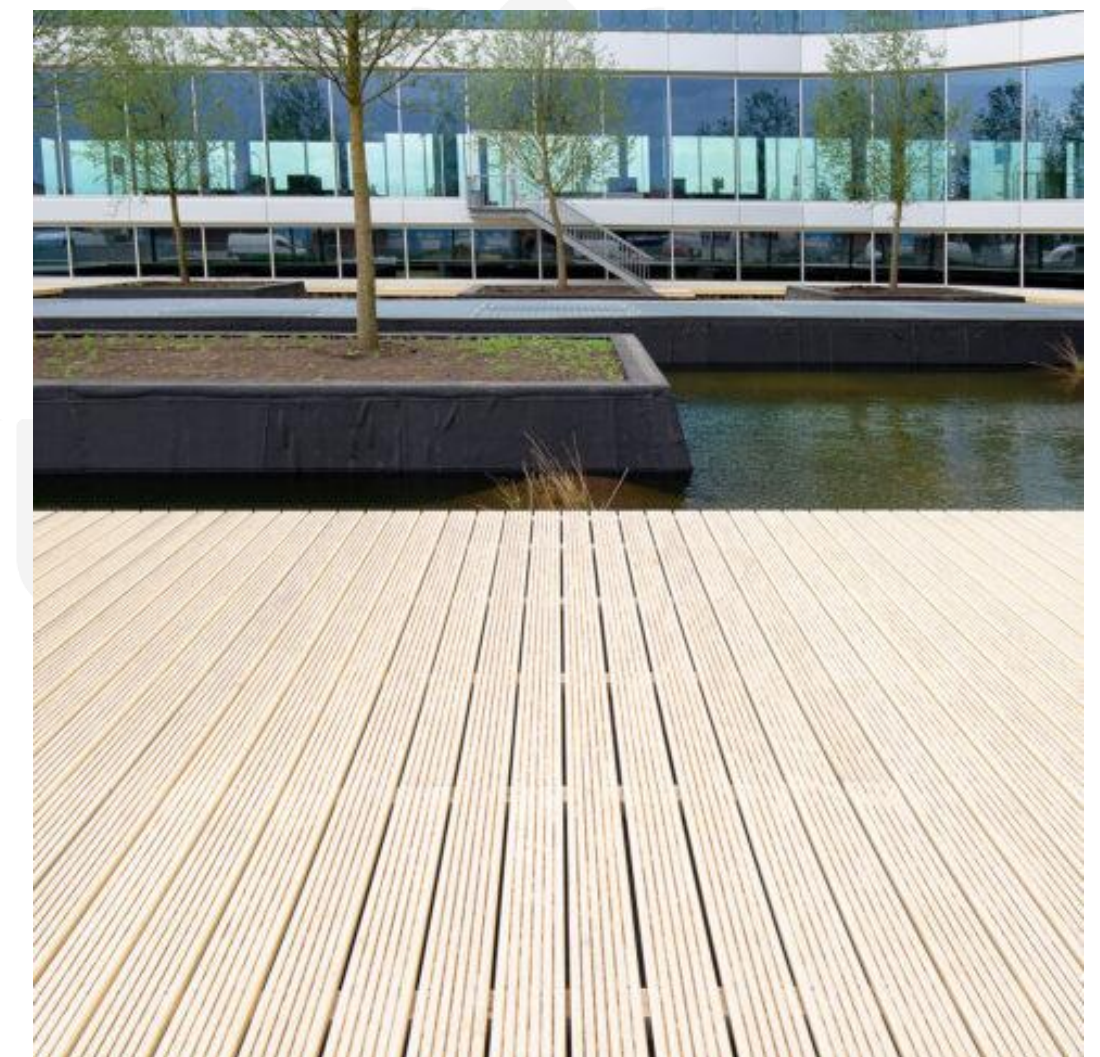
Acetylce dřeva (Accoya wood)



Modifikace dřeva

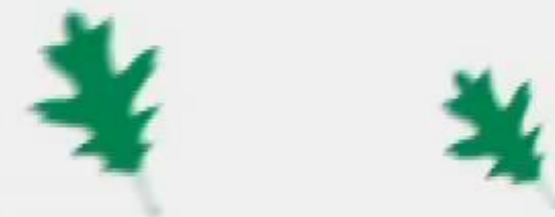
Acetylace

- Využití



Modifikace dřeva

Acetylace dřeva (Accoya wood)



Modifikace dřeva

Impregnace



Modifikace dřeva

Impregnace - Furfurylace

- Využití



Modifikace dřeva

Furfurylace dřeva (Kebony wood)



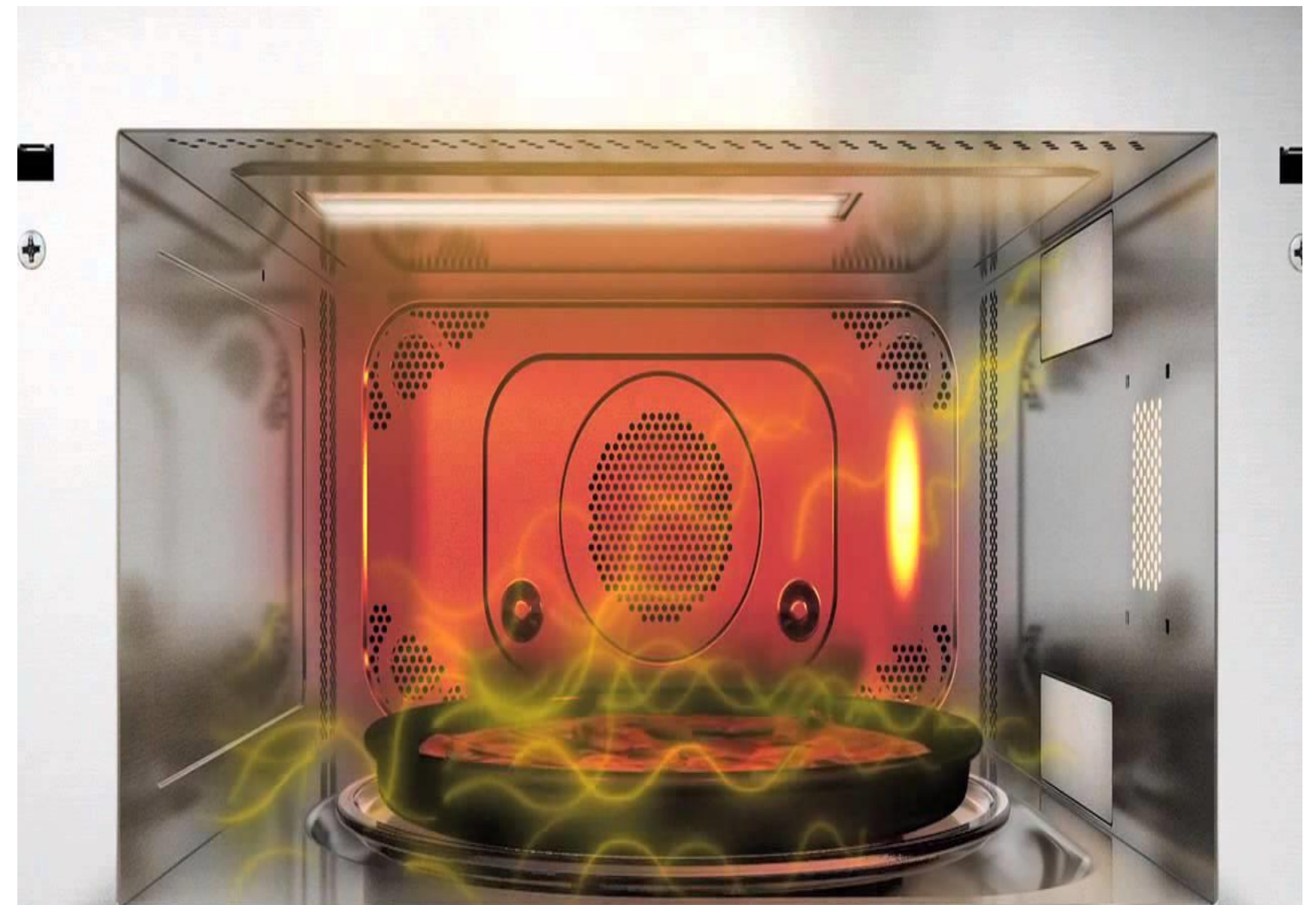
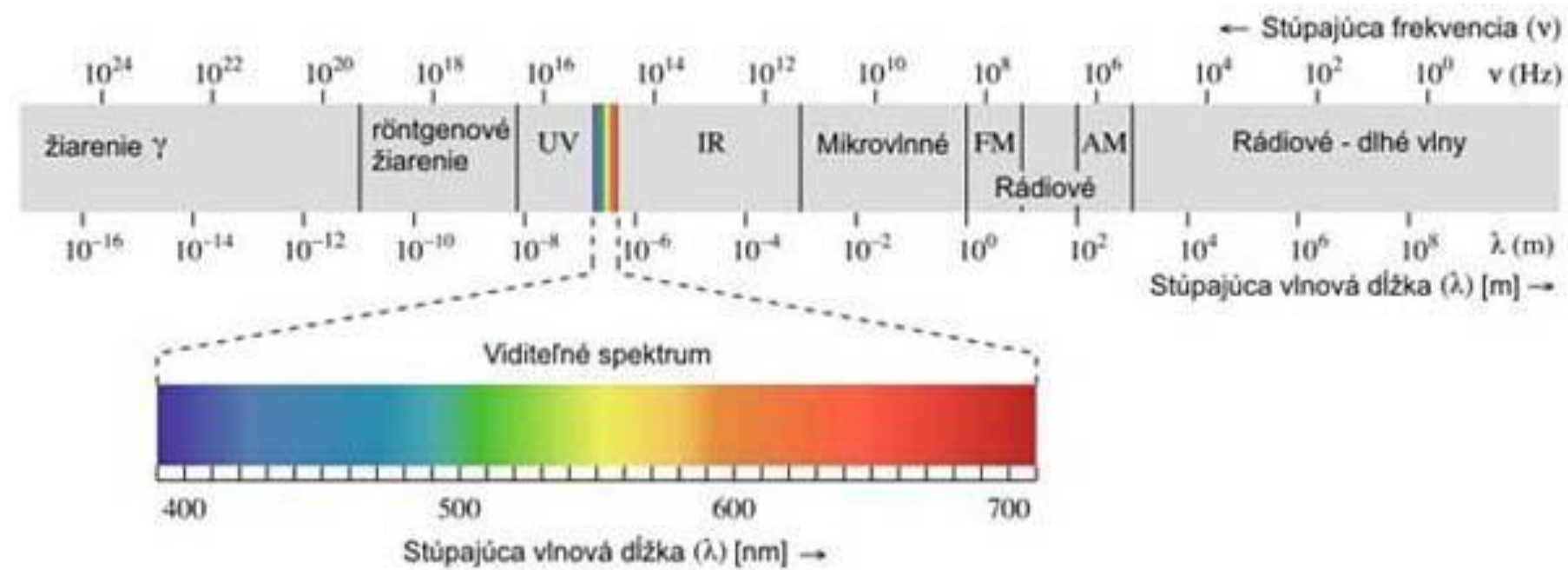
Modifikace dřeva

Modifikace tlakem



Modifikace dřeva

Modifikace mikrovlnným zářením



Modifikace dřeva

Jak vybrat správnou modifikaci?

- Druh a místo použití
- Mechanické a fyzikální namáhání
- Vnější nebo vnitřní použití
- Vzhled a drsnost povrchu



Modifikace dřeva

100 m² fasádní plochy odpovídá jednopodlažnímu rodinnému domu o půdorysu 10x6 m se sedlovou střechou. Cena za práci se pohybuje cca **1350Kč za 1m²**

20 m² odpovídá průměrné terase u rodinného domu. Cena práce se pohybuje cca **1000 Kč za 1m²**

Cenový přehled

Materiál	Cena za m ² s DPH	Cena za 100 m ² s DPH	Cena za 20 m ² s DPH
Borovice ThermoWood®	2.242 Kč	224.200 Kč	44.840 Kč
Severský smrk Thermowood®	2.381 Kč	238.100 Kč	47.620 Kč
Dřevo Accoya®	3.920 Kč	392.000 Kč	78.400 Kč
Borovice – tlaková impregnace	514 Kč	51.400 Kč	10.280 Kč
Dub	2.800 Kč	280.000 Kč	56.000 Kč
Modřín	1.011 Kč	101.100 Kč	20.220 Kč
Smrk	471 Kč	47.100 Kč	9.420 Kč
Borovice	349 Kč	34.900 Kč	6.980 Kč
Akát	1.692 Kč	169.200 Kč	33.840 Kč



Zdroje

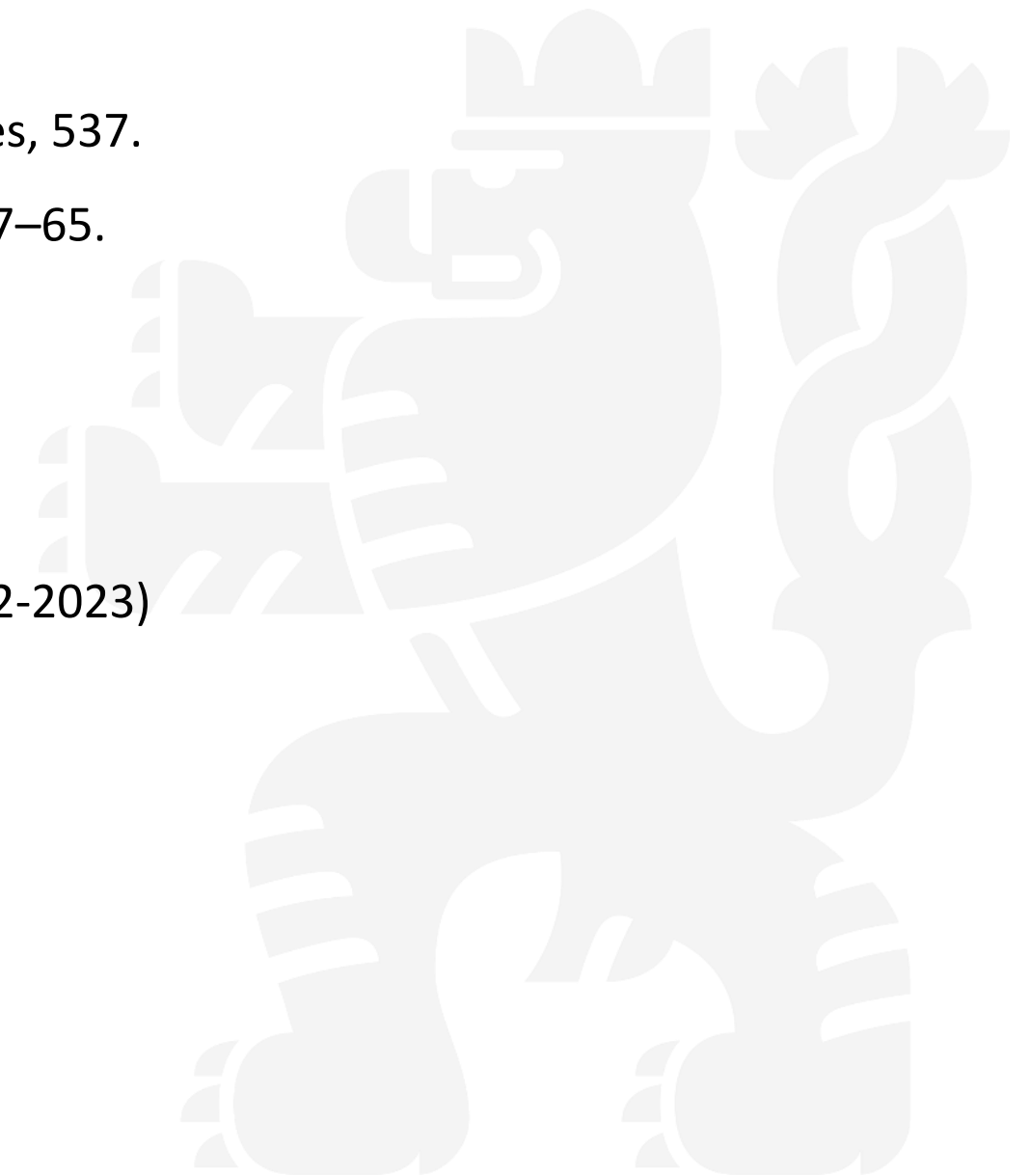
- Accoya. 2014. ACCOYA - WORLDS LEADING HIGH TECHNOLOGY WOOD: https://www.youtube.com/watch?v=_PnpznfyVcE (online 09-02-2023)
- Bahadur, P.; Sastry, N. V. 2020. Principles of polymer science. Alpha Science International, 410.
- Bajpai, P. 2012. Biotechnology for Pulp and Pulp Processing. Springer, 414.
- Blažej, A. et al. 1975. Chemistry of wood (in Slovak). Alfa, 224.
- Bolgar, M. et al. 2016. Handbook for the chemical analysis of plastic and polymer additives. CRC Press/Taylor & Francis, 654.
- Böhm, M. et al. 2012. Wood-based materials (in Czech). CZU, 183.
- Bučko, J. 2001. Chemical processing of wood in theory and practice: university textbook (in Slovak). Technical University Zvolen, 250.
- Bučko J.; Osvald, A. 1997. Decomposition of wood by heat and fire (in Slovak) Technical University Zvolen, 100.
- Bučko, J. et al. 1988. Chemical processing of wood (in Slovak). Alfa, 311.
- Buk, V. 2013. Production of pulp, paper and cardboard (in Czech): http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/obrazky/seminare/ovzdusi/seminar3/10_buk.pdf (online 05-06-2022)
- Carraher, Ch. E. Introduction to polymer chemistry. 2013. CRC Press/Taylor & Francis, 554.
- Červenka, E. et al. 1980. Chemistry of wood and cellulose (in Czech). College of Chemical Technology in Pardubice, 228.

Zdroje

- Ducháček, V. 2011. Polymers: production, properties, processing, using (in Czech). University of Chemistry and Technology Prague, 280.
- Fifield, F. W.; Haines, P. J. 1995. Environmental Analytical Chemistry. Blackie Academic & Professional London, 424.
- Garaj, J. et al. 1987. Analytical chemistry (in Slovak). Alfa, 744.
- Habibi, Y.; Lucia, L. A. 2012. Polysaccharide building blocks: a sustainable approach to the development of renewable biomaterials. John Wiley, 430.
- Haghi, A. K. et al. 2015. Materials science of polymers: plastics, rubber, blends, and composites. Apple Academic Press, 370.
- Hill, C. A. S: 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes, John Wiley & Sons, 260.
- Chartier, P. et al. 1995. Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry. Pergamon Pr., 2426.
- Kačík, F.; Jurczyková, T. 2020. Chemical processing of wood (in Czech). CZU, 167.
- Kačík, F.; Laurová, M. 2008. Natural and Synthetic Polymers: A College textbook (in Slovak). Technical university Zvolen, 199.
- Kačík, F.; Solár, R. 1999. Analytical chemistry of wood: A College textbook (in Slovak). Technical university Zvolen, 369.
- Kačík, F.; Tribulová, T. 2020. Chemistry of wood (in Czech). CZU, 98.
- Kebony North America. 2021. The Kebony Modification Process: <https://www.youtube.com/watch?v=wUFI6ClB-WU> (online 09-02-2023)

Zdroje

- Melcer, I. et al. 1977. Analytical chemistry of wood (in Slovak). Alfa, 326.
- Melcer, I. et al. 1990. Chemistry of wood (in Slovak). Technical university Zvolen, 372.
- Mleziva, J.; Šnupárek, J. 2000. Polymers: production, structure, properties, and uses (in Czech). Sobotáles, 537.
- Paloheimo, L. et al. 1961. A method for cellulose determination. Agricultural and Food Science, 34(1), 57–65.
- Ravve, A. 2012. Principles of polymer chemistry. Springer, 801.
- Rowell, R. M. 2012. Handbook of wood chemistry and wood composites. CRC Press, 703.
- Sixta, H. 2006. Handbook of pulp. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1369.
- Tantimber. 2020. Thermowood Process: <https://www.youtube.com/watch?v=BUCShKLyhig> (online 09-02-2023)



Děkuji za pozornost.



**Fakulta lesnická
a dřevařská**