

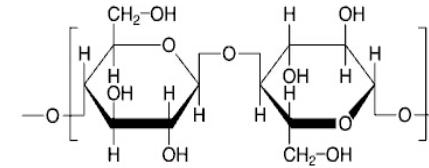
# **DŘEVO A PAPÍR**

# DŘEVO

## CHEMICKÉ SLOŽENÍ

- **Celulóza 40-50 %**

- nejrozšířenější biopolymer - základní stavební složka rostlin.
- tvořena molekulami  $\beta$ -D-glukopyranózy spojenými pomocí  $\beta$ -1,4 glykosidové vazby do lineární struktury s množstvím vodíkových můstků.
- Díky vláknité nadmolekulární struktuře má celulóza velkou pevnost.
- Je hygroskopická.
- Rozpustnost je velmi omezená a často při ní dochází ke štěpení hlavního řetězce – **chemicky** (kyselá katalýza) i **enzymaticky** (enzym celulóza). Rozpustnost závisí na molekulové hmotnosti  $M_w$  celulózy.



- **Lignin 20-30 %**

- Zabezpečuje dřevnatění buněčných stěn – spojuje mezibuněčná vlákna
- Ovlivňuje pevnost a výhřevnost dřeva
- Tepelně málo stálý – rozklad již při 40 °C – hnědnutí dřeva

- **Hemicelulózy 20-30 %**

- Kratší molekuly celulózy, často substituované a větvené
- Rovné, lineární řetězce obsahující pentózy i hexózy. Doprovází celulózu v jednotlivých vrstvách buněčné stěny rostlin.
- Tvoří tmelící vrstvu mezi celulózními řetězcovými makromolekulami, váže se na ni lignin.

- **Organické látky** – terpeny, tuky, vosky, pektiny, třísloviny, pryskyřice

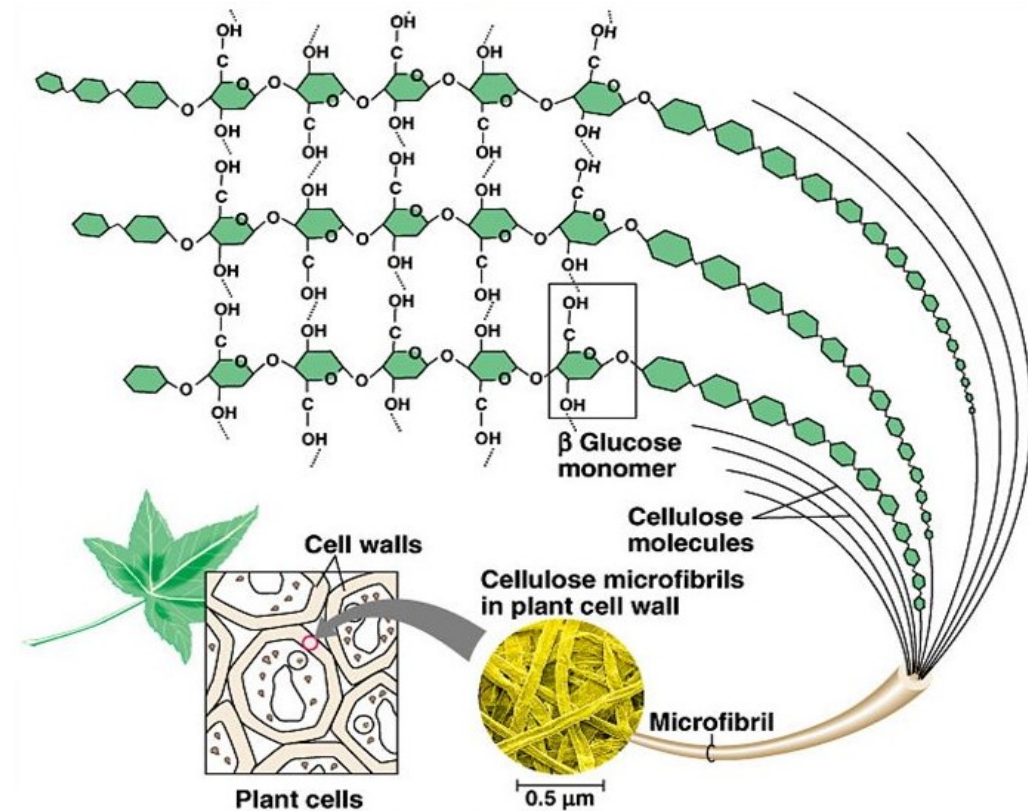
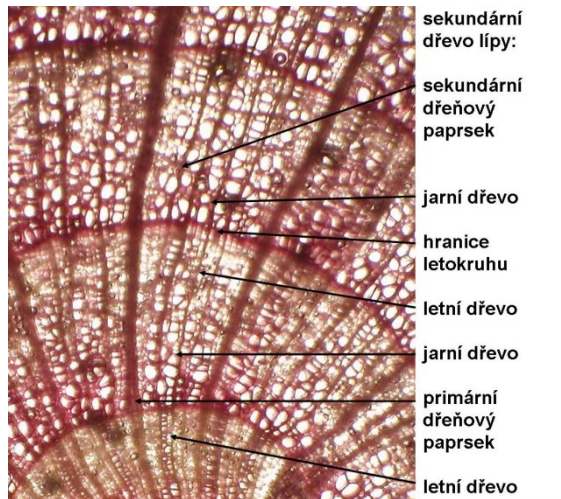
- **Anorganické látky**

- **Voda**

## STAVBA (ANATOMIE) DŘEVA

- Makromolekuly celulózy se seskupují do mikroskopických fibril, které stěnu šroubovitě obtácejí tak, že se ve stěně kříží.
- Každá buňka dřeva připomíná miniaturní laminátovou nádobu.
- Vyztužujícím vláknům odpovídají pevné celulózové fibrily,
- **Úlohu spojovací matrice plní vysokomolekulární látky = hemicelulóza a lignin, které působí také jako chemické stabilizátory celulózy.**
- Dřevo, které používáme je současně tuhé, pevné a lehké, protože nosná vlákna jsou dutá.

- Dřevo lze zkoumat na úrovni
  - Makroskopické
  - Mikroskopické – buňky
  - Submikroskopické – buněčné stěny a chem. složení

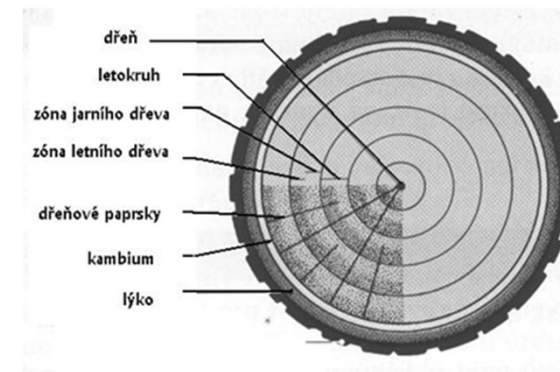
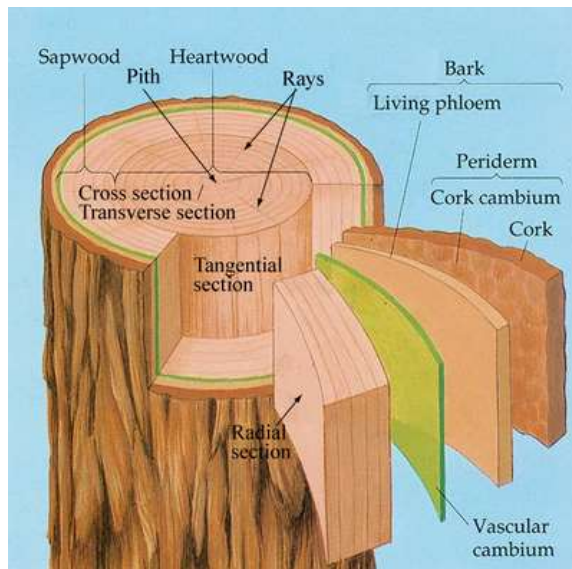
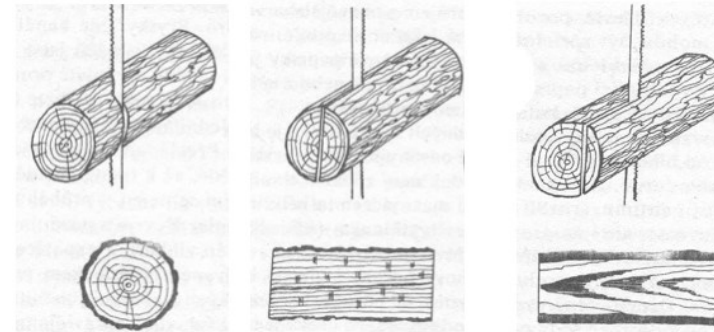


## Kambium

- Vrstvičky živých buněk mezi dřevem a kůrou – rychleji narůstá ve směru dřeva
- Růst se před zimním obdobím zastaví, obnoví se na jaře – vznik letokruhů

## Makroskopické zhodnocení stavby

- Příčný (transverzální) řez
  - Dřeň, dřevo bělové, jádrové a zralé
  - Letokruhy, suky, paprsky,
  - Cévy a pryskyřičné kanálky
- Podélný poloměrový(radiální) řez
- Podélný tečnový (tangenciální) řez



## **FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA**

- Objemová hmotnost
- Vlhkost – poměr hmotnosti vody k hmotnosti sušiny dřevní hmoty
  - Vázaná – ve stěnách buněk
  - Volná – mimo buněčné stěny
  - Vlhnutím a vysycháním se zvětšuje/zmenšuje tloušťka buněčných stěna a dochází k bobtnání/sesychání dřevěných prvků
- Tepelné
- Elektrické - tepelná vodivost (velmi malá), teplotní roztažnost (malá)
- Akustické – zvuková vodivost , zvuková pohltivost a zvuková průzvučnost

## **MECHANICKÉ VLASTNOSTI**

- Konstrukční rozměr
- Objemová hmotnost
- Vlhkost
- Vady
- Rychlost zatěžování
- Doba trvání zatížení

## DĚLENÍ DŘEVA

### Základní druhy

- Jehličnaté
- Listnaté

### Objemová hmotnost

- Těžká – nad  $650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – jabloň, hrušeň, dub, ořech, tis
- Lehká – do  $650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – smrk, lípa, jedle, modřín, bříza

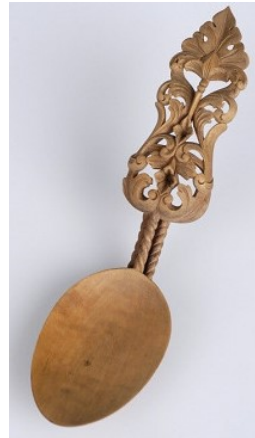
### Tvrдость

- Měkká –  $\leq 40 \text{ Mpa}$  – smrk, jedle, porovice, lípa
- Středně tvrdá – 40-80 – jasan, duby, ořech
- Tvrdá –  $\geq 80 \text{ Mpa}$  – habr, akát, tis



## POUŽITÍ

- Výroba nástrojů
- Nábytek
- Stavební materiál
- Palivo
- Papír a celulóza
- Domácí náčiní
- Umělecké účely



# PRŮZKUM

- Stav předmětu – hmotnost, rozměry, tvar, poškození – RTG, CT,...
- Druh dřeva – mikro a makro
- Další materiály a povrchové úpravy, lepidla
- Biologické napadení
  - Dřevokazné houby a plísně, např. dřevomorka – v prostředí s vysokou RH
  - Řasy
  - Dřevokazný hmyz – červotoč, tesařík, mravenci
- Datace – typ předmětu, dendrochronologie, ( $^{14}\text{C}$ )
- Druh znečištění
- Druh a příčina poškození
  - Vliv prostředí – výkyvy T a RH, světlo, polutanty, prach
  - Chemické reakce – hydrolýza, oxidace, fotooxidace, polutanty
  - Mechanické poškození – trhliny, otvory, narušení povrchu
- Dřívější zásahy





# SANAČNÍ KONZERVACE

## ASANACE – LIKVIDACE BIOLOGICKÝCH ŠKŮDCŮ

- Neinvazivní –  $\gamma$ -záření, plynování inertními plyny ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ), plynování toxickými plyny, mikrovlnné záření, vymrazování ( $-30\text{ }^\circ\text{C}$ ), zahřívání ( $+55\text{ }^\circ\text{C}$ )
- Invazivní – roztoky biocidů

## PETRIFIKACE – ZPEVNĚOVÁNÍ DŘEVA

- Účelem je spojit křehká vlákna a zlepšit mechanické vlastnosti, zvýšit hydrofobicitu a odolnosti proti bobtnání a smršťování
- Přírodní, syntetické pryskyřice v org. Rozpouštědlech – Solakryl BMX
- Pryskyřice se ve výsledku liší – tvrdostí, leskem, odstranitelností přebytku z povrchu

## METODY IMPREGNACE

- Povrchová – nástřik, nátěr
- Infúzní (injekční)
- Ponoření (máčení) za atmosférického tlaku
- Vakuová impregnace
- Za sníženého tlaku v plastovém obalu

## VYSOUŠENÍ

- Mezi jednotlivými kroky (i asanace a petrifikace) musí být předmět dokonale vysušený, respektive obsahovat přirozené množství vlhkosti(12-15 %)
- Vysoušení musí být řízené, aby nedošlo k poškození

## LEPENÍ

- Většinou vodné disperze PVAC (Dispercol, Herkules,...)
- Akrylátové pryskyřice (Plextol 500)
- Tradiční lepidlo – kostní klíh



## RESTAUROVÁNÍ

- Sejmutí nevhodných nátěrů a nečistot
- Oprava konstrukce
- Oprava povrchové výzdoby

## POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Závěrečná vrstva – vrstva včelího vosku, přírodní pryskyřice (šelak), oleje

## RESTAUROVÁNÍ

- Doplnování konstrukčních prvků i povrchových úprav (zlacení)

# KONZERVACE VODOU PROSYCENÉHO DŘEVA (ARCHEOLOGICKÉHO)

**VODOU PRYSYCENÉ DŘEVO NIKDY NESMÍ SAMOVOLNĚ VYSCHNOUT!!**

- Před konzervací musí být uloženo v nádobě s vodou, velké kusy lze obalit mokřými hadry a zabalit do PE folie – nezbytná kontrola přítomnosti mikroorganismů

## **ASANACE**

- Viz výše

## **ČIŠTĚNÍ**

- Většinou postačuje mechanicky (kartáčky) a vodou

## **KONZERVACE**

### **Dehydratace**

- Výměna vody za vhodné polární rozpouštědlo, případně u tvrdých dřev velmi pomalé vysoušení

### **Petrifikace ve vodě rozpustnou látkou**

- Cukerný roztok – postupně se za studena zvyšuje koncentrace vodného roztoku sacharózy z 20 až na 70 % - nezbytné použití biocidů (proti kvašení cukerného roztoku)
- Roztokem PEG (polyethylenglykol) – nelze na dřevo kombinované se železem
  - Nízkomolekulární 200-600
  - Vysokomolekulární 1500-4000
  - Kombinace obou – dvoustupňový proces
  - Lázeň se musí zahřívat na 60-85 °C

**Závěrečná povrchová úprava** – voskem nebo PEG

# PREVENTIVNÍ KONZERVACE

RH 45-55 %, konzervace sacharózou pouze do 40 %

Teplota do 18 °C

Osvětlenost do 100lx

Pravidelná kontrola stavu

Ochranné obaly – eliminace prašnosti

Omezit výkyvy RH a T

U barevných povrchových úprav omezit osvětlenost

I předměty bez barevné úpravy nevystavovat přímému světlu

<http://previous.npu.cz/download/1204893368/met21ochrdrev.pdf>

<https://www.upce.cz/zachranuji-unikatni-pravekou-studnu-obycejnym-cukrem>

<https://www.vasamuseet.se/en/research-preservation/how-we-preserve-vasa>

[https://www.archaiabrno.org/home/?acc=o\\_mikroskop](https://www.archaiabrno.org/home/?acc=o_mikroskop)

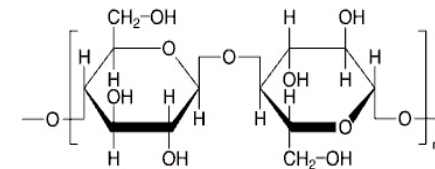
# PAPÍR

## SUROVINY PRO VÝROBU PAPÍRU

- Vlákenný materiál
  - Rostlinná vlákna – bavlna (semeno); len, konopí (stonky); lýko; listy; bambus, rákos (trávy); smrk, borovice (dřevo)
  - Živočišná – vlna, hedvábí
  - Minerální - azbest
- Textilní odpad (hadry) – lněné, konopné, bavlněné - hadrovina
- Dřevo – od pol. 19. stol. nahrazuje hadrovinu – dřevovina
- Buničina – od pol. 19. stol. – získává se chemicky
- Klíždla, plniva, aj.

## CHEMICKÉ SLOŽENÍ VLÁKEN

- Hlavní složkou je celulóza
- Obsah celulózy se u jednotlivých rostlinných druhů liší (např. bavlna 93-96 %)
- Přítomnost ligninu způsobuje žloutnutí papíru



# HISTORIE A VÝROBA

- Oficiálně objev papíru r. 105 n.l. v Číně, z moruše papírenské
- Jsou známy i papíry z období asi 200 př.n.l.
- V 7. stol. Do Japonska, následně Arábie, Egypt a Maroko
- Do Evropy se dostal pravděpodobně až v 11. stol.
- Velký rozmach papírenství během 14.-15. stol., především v Itálii
- Údajně první papírna na území Českých zemí v Chebu (1370)
- Historicky doložená nejstarší papírna na Zbraslavi (1499)
- Velké Losiny (1596) – dnes z nejvýznamnějších ručních papírenských manufaktur v Evropě
  
- Původně ruční výroba
  - <https://www.youtube.com/watch?v=0PtvMHDx8IQ>
- Strojní výroba
  - <https://www.televizeznam.cz/video/jak-se-co-dela/jak-se-co-dela-papir-25322>
  - [https://www.youtube.com/watch?v=jTcMWKjP\\_q0](https://www.youtube.com/watch?v=jTcMWKjP_q0)

# DRUHY PAPÍRU

## DLE PLOŠNÉ HMOTNOSTI

- Papír – do  $150 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$
- Lepenka –  $150\text{-}250 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$
- Karton nad  $250 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

## DLE POUŽITÍ

- Grafické papíry
  - Tiskový – novinový, ofsetový, ilustrační
  - Psací – sešitové, notové, psací, náčrtkové
- Obalové
  - Papíry recyklované, nepromastitelné, hedvábné,...
- Účelové
  - Sanitární – toaletní, ubrouskový
  - Elektrotechnické – izolační, kabelové
  - Fotopapíry
  - Filtrační, sací, asfaltové,...

## SPECIÁLNÍ DRUHY

- Ručně čerpaný papír
- Japonský papír
- Pauzovací

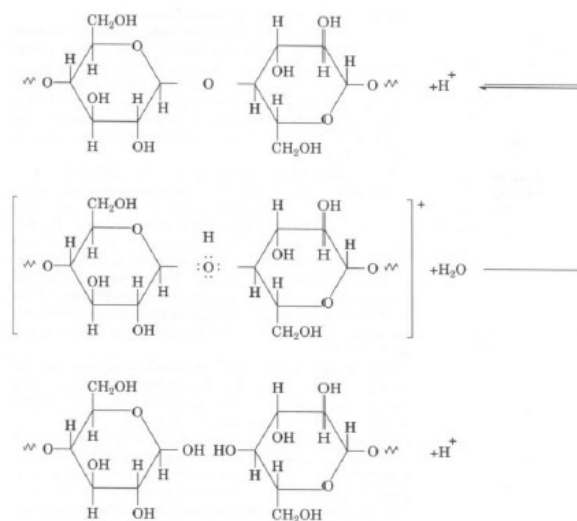


# DEGRADACE PAPÍRU

Pevnost závisí na kvalitě vláken celulózy – při zpracování (zvlákňování) dochází k jejich zkracování, což vede ke ztrátě pevnosti.

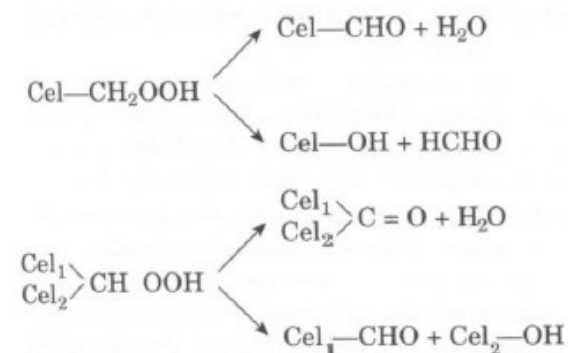
## HYDROLÝZA

- V kyselém i silně zásaditém prostředí
- Katalyzátory –  $H^+$  ionty se stopovým množstvím iontů kovů např.  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$
- Měření pH



## FOTOOXIDACE

- Kombinace UV záření a  $O_2$
- Citlivé hlavně dřevité papíry (vysoký obsah ligninu), např. novinový
- Katalyzátory – ionty přechodných kovů
- FTIR



## SÍŤOVÁNÍ

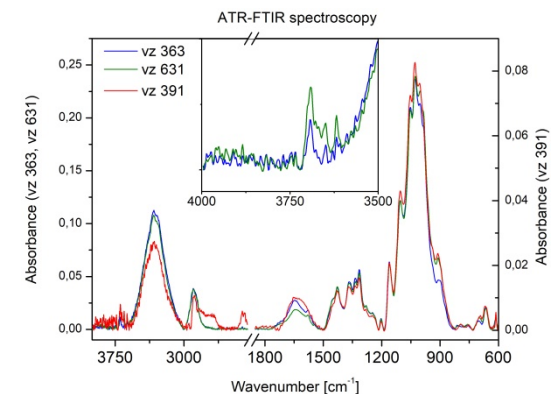
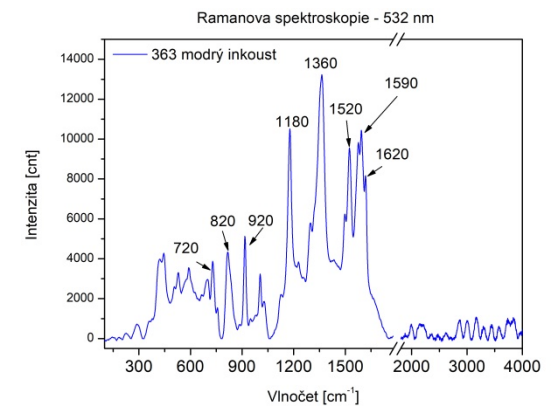
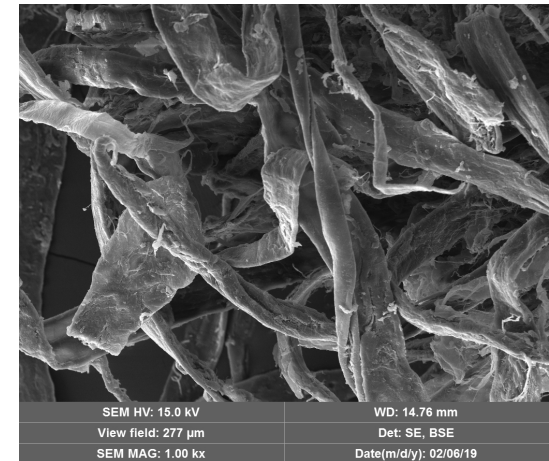
- Vznik nových intra- a intermolekulárních vazeb
- Stárnutím se snižuje pevnost vláken
- Vede ke křehnutí

## FAKTORY DEGRADACE

- Vnitřní
  - materiálová podstata, spojeno s výrobou
  - Druh a kvalita vlákniny, plniva, barviva, klíždla
- Vnější
  - Teplota – mikrobiologické napadení (plísně), křehnutí
  - RH – mikrobiologické napadení
  - Polutanty ( $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ) – hydrolýza
  - Sluneční záření – fotooxidace – blednutí, žloutnutí
  - Biologičtí škůdci
  - Působení člověka – mechanické poškození
- TISKY, MALBA NA PAPIŘE
  - Světlo – blednutí, destrukce
  - Nízká RH (pod 40 %) – ztráta pružnosti
  - Vysoká RH (nad 60 %) mikrobiální napadení
  - Prach – znečištění, destrukce
- KNIŽNÍ VAZBY
  - Výkyvy klimatu – rozměrové změny, praskání, odlupování

# PRŮZKUM

- Stav předmětu
- Datace – dle použitých materiálů
- Druh papíru – ruční, strojní, materiál papíroviny (bavlna, dřevovina) – SEM
- Další materiály – pigmenty, inkousty, zlacení,...
- Biologické napadení
- Druh znečištění
- Druh a příčina poškození
  - Vliv prostředí – výkyvy T a RH, světlo, polutanty, prach
  - Chemické reakce – hydrolýza, oxidace, fotooxidace, polutanty – FTIR, pH
  - Mechanické poškození – trhliny, otvory, narušení povrchu
- Dřívější zásahy



# SANAČNÍ KONZERVACE

## DESINFEKCE

- Nezbytné, jeví-li materiál známky napadení, např. v prostředí o vysoké vlhkosti
- Přípravky k desinfekci
  - Alkoholy – methanol, ethanol, propanol, butanol s malým přídavkem vody (cca 5 %) – ve formě par – u kombinovaných materiálů zkouška rozpustnosti, zvážit korozivitu vůči jinému materiálu
  - Fenoly – o-fenylfenol (Preventol O Extra), p-chlor-m-kresol – ve formě par; dříve thymol – nevhodný, způsobí barevnou změnu
  - Alkylační činidla – formaldehyd (ne na knižní vazby), etylenoxid – ve formě par
  - Kvarterní amoniové soli – Ajatin, Septonex – alespoň 2% vodné či vono-alkoholické roztoky
  - Vymrazování  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  – využíváno po povodních
  - mikrovlny

## ČIŠTĚNÍ

- Odstranění nečistot, které přispívají k degradačním procesům
- Mechanické (suché) čištění
  - Pouze povrchové – prach, plísňové povlaky
  - Štětce, odsávání, pryže různých tvrdostí (např. Wishab), Purus,...
- Mokrě čištění
  - Nezbytná zkouška rozpustnosti, případná
  - Vodné systémy
    - Účinek vody je pro papír pozitivní – regenerace H-můstek v celulóze – pozitivní vliv na mechanické vlastnosti, odstranění degradačních produktů
    - Lze přidat tenzidy (např. benátské mýdlo)
    - Účinnost se zvýší mírným zahřátím lázně (30-40 °C) a mícháním
    - Nezbytné dostatečné vymytí tenzidů
  - Čištění organickými rozpouštědly
    - Odstranění org. nečistot (tuky, vosky, oleje, laky,...)
    - Ethanol a vodně-ethanolový roztok
    - Ethanol snižuje botnání vláken, možné i značně chatrné materiály, rychleji vysychá a méně deformuje
    - Skvrny lze odstranit tamponováním (benzín, petroléter, toluen)
    - Dimethylformamid – odstranění inkoustů
  - Enzymatické

## ODKYSELOVÁNÍ

- pH papíru ovlivňuje jeho živostnost. Je vyžadováno pH pokud možno neutrální až zásadité
- Měří se pH metrem – dotykovou eldou nebo z výluhu (destrukce)
- V případě, že je pH pod 5,5, je nezbytné papír odkyselit
- Žádoucí je alkalická rezerva – nadbytek  $\text{CaCO}_3$  nebo  $\text{MgCO}_3$ , který umožní absorpci plyných  $\text{SO}_x$  a  $\text{NO}_x$  – prodlužuje živostnost
- Promytí pouhou vodou není dostatečné
  
- Individuální odkyselování – postřikem, máčením
- Hromadné odkyselování – neutralizační linky – bezvodé technologie
- Odkyselovací systémy
  - Uhličitany vápníku a hořčíku – papíru příjemné látky, s kyselinami reagují za vzniku neutrálních solí
    - $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
  - MMMK metoxymagnesiummethylkarbonát – methanolický roztok
  - Bookkeeper – disperze mikročástic MgO v perfluorheptanu – individuální i hromadné odkyselování
  - Metody hromadného odkyselování – Lithco-FMC, Battelle, Booksaver

## **DOKLÍŽENÍ A ZPEVNĚNÍ**

- Během mokrého procesu jsou z papíru vyplavena klíždla – je nezbytné doklížení (vrácení mechanické pevnosti a soudržnosti)
- V minulosti 0,1-1% vodné roztoky makromolekulárních látek – klihy, škroby, 0,5-3% roztoky želatiny
- V současnosti roztoky éterů celulózy (do 1,5 %), např. Tylose
- Aplikace štětcem, postřikem

## **SKELETIZACE**

- V případě velmi silně poškozených papírů (zhroucení vláknenné struktury), kde nestačí doklížení
- Podleporování jiným papírem, např. japonským
- Lepidla – nejčastěji étery celulózy (Tylose)

## **DOLÉVÁNÍ PAPIROVINY**

- Doplnění chybějících částí
- Papírovinu lze dobarvovat

## **LEPENÍ TRHLIN A PRASKLIN**

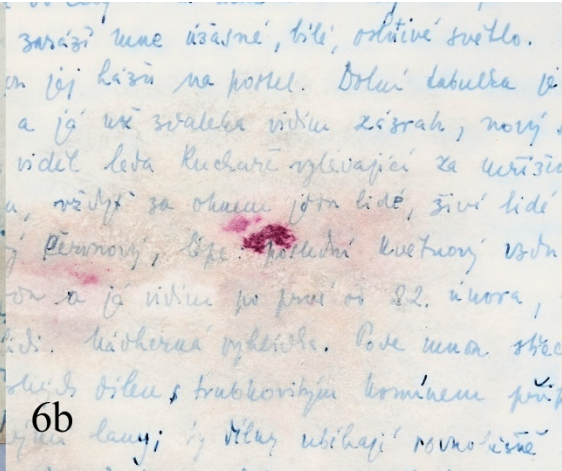
- Speciální lepící pásy
- Papírové záplaty

## **ROVNÁNÍ A LISOVÁNÍ**

- Papír před samotným rovnáním musí být mírně vlhký
- Jednotlivé listiny se prokládají např. filtračním papírem a následně se lisuje pod zátěží v klihařském lisu
- Je nezbytná pravidelná kontrola stavu a průběžná výměna prokládacích papírů
- Velmi časově náročné (až několik týdnů)



6a



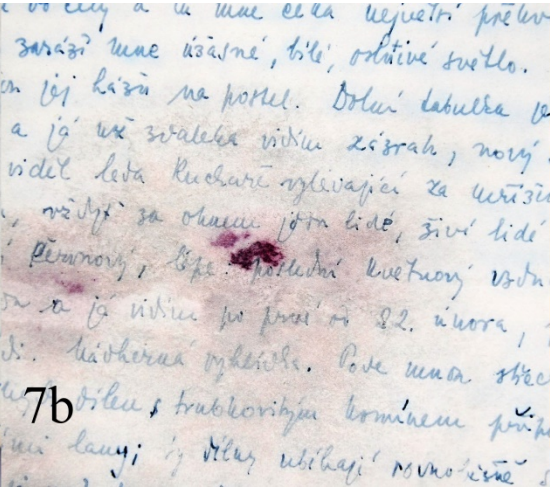
6b



6c



7a



7b



7c



# PREVENTIVNÍ KONZERVACE

- Knižní vazby:
  - RH 55 +/- 5 %
  - Teplota do 18 °C
- Samostatné papíry
  - 40-55 %
  - Teplota do 18 °C
- Osvětlení – do 50lx – vyvarovat se silnému zdroji světla
- Uložení v obalech z alkalické lepenky
- Chránit před prachem

<https://www.youtube.com/watch?v=kMkGe4DZ2IQ>

<https://aiccm.org.au/things-we- conserve/works-paper>

<https://www.youtube.com/watch?v=5-JBBSdxO3M>

<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections/paper-objects.html>