

HROMADNÉ SUŠENÍ ZMRAZENÝCH KNIH A DOKUMENTŮ

JIŘÍ NEUVIRT

Úvod

JAKÁ VODA JE V NAMOČENÉ KNIZE?

V mokré knize jsou tři druhy vody. Jednak *voda v prostoru mezi vlákny*, též označovaná jako *volná voda*. Její množství závisí na porozitě a zaklížení papíru, ale také na době, po kterou byl papír ve vodě. Volná voda uvolňuje mezivláknenné vazby a papír s větším obsahem volné vody ztrácí pevnost a stává se nemanipulovatelným.

Dále to je *voda absorbovaná ve struktuře vláken* neboli *vázaná voda*. Ta je v rovnováze s relativní vlhkostí okolního vzduchu a způsobuje bobtnání vláken, a tím změnu rozměrů papírového listu. Obsah této vody je dán strukturou vlákna, která souvisí s jeho původem a technologickým postupem při výrobě buničiny. Proto prakticky není závislý na zaklížení ani jiných úpravách při výrobě papíru.

Nakonec je zde blíže nedefinované množství *volné vody mezi listy papírového bloku*.

Všechna tato voda je nyní ve formě ledových krystalků.

METODY SUŠENÍ

Pro sušení známe řadu postupů, kde se odvod vody urychluje zvýšením teploty a/nebo snížením tlaku:

HORKOVZDUŠNÉ SUŠENÍ

Probíhá v komoře v proudu vzduchu, jehož teplota je nastavitelná. Obvyklá hodnota je kolem 115 °C, aby doba sušení byla minimální (asi jeden den). Papírové bloky jsou uloženy na policích a vzájemně odděleny hliníkovými deskami, aby byl urychlen rozvod tepla. Relativní vlhkost vzduchu je prakticky nulová.

LYOFILIZACE – VAKUOVÁ SUBLIMACE

Sušení probíhá ve vakuové komoře při teplotě pod bodem mrazu. Voda se během procesu odpařuje přímo z pevné fáze (ledu) a zachytává se ve vymrazovacím prostoru, jehož teplota je pod -50 °C. K úplnému vysušení dochází během několika dnů.

SUŠENÍ VLHKÝM TEPLEM (SUŠÁRNÝ DŘEVA)

Suší se v komoře při intenzivní nucené cirkulaci vzduchu, jehož teplota a vlhkost jsou libovolně nastavitelné (obvykle 60 °C a 35 % relativní vlhkosti). Doba sušení je asi dva týdny.

SUŠENÍ VOLNĚ NA VZDUCHU

Provádí se v dobře větraném prostoru při teplotě místnosti. Do knih se vkládá savý papír, aby se urychlil odchod volné vody, a jakmile je to možné, knihy se postaví a rozevrou do vějíře.

VAKUOVÉ SUŠENÍ

Probíhá ve vakuové komoře, ve které jsou vyhřívány police, na nichž leží sušený materiál. Teplota polic dosahuje 25 až 30 °C, tlak v komoře je 5 až 10 mbar. Odpařená voda odchází přes olejovou vývěvu, kde teplota oleje dosahuje 150 °C. Sušení trvá asi týden.

VAKUOVÉ BALENÍ

Knihy se obalí netkanou textilií, obloží vrstvou savého papíru (filtračního, novinového), vloží do polyetylenového sáčku. Z prostoru sáčku se odsaje vzduch a sáček se zataví. Voda přechází do savých papírů až do vytvoření rovnováhy. Sáček se po určité době (1 až 2 dny) rozstříhne a celý cyklus se opakuje tak dlouho, až je kniha suchá. Obvykle je potřeba 10 cyklů. Doba sušení je 10 až 20 dnů. Nevýhodou je pracnost metody. Výhodou je velmi šetrný sušicí postup, knihy jsou po usušení rovné.

MIKROVLNNÉ SUŠENÍ

Využívá toho, že kapalná voda silně absorbuje mikrovlnné záření. V místě absorpce vzniká teplo, které urychluje odpaření vody. Je nutné zabránit lokálnímu přehřátí v důsledku nehomogenit v materiálu a v lokální intenzitě mikrovlnného záření.

TESTOVÁNÍ SUŠICÍCH METOD

Národní knihovna ve spolupráci se Státním ústředním archivem a sdružením CHEMTECH provedla standardní ohodnocení vlivu jednotlivých výše zmíněných sušicích metod na fyzikální a chemické vlastnosti tří základních druhů papíru a životaschopnost mikroorganismů. Výsledky jsou k dispozici na internetových stránkách NK ČR a SÚA. K testům byly vybrány tyto druhy papírů: Whatman No 1, novinový papír z konce 30. let 20. století a soudobý kancelářský papír z bělené buničiny pro kopírky.

Citlivost jednotlivých typů papíru vůči sušicím metodám je výrazně individuální. Na tomto místě si dovoluji uvést schematický pohled na jednotlivé metody, a to jak ovlivnily pevnost v dvojohybech souboru různých druhů papíru jako celku (obr. 1).

Z obrázku vidíme, že u metody horkovzdušného a mikrovlnného sušení, u kterých teplota dosáhla 100 °C a více, se výrazně zhorší pevnostní vlastnosti.

Poměrně malý úspěch lyofilizace lze vysvětlit tím, že není vhodná pro hodně nasáklivé materiály s vysokým obsahem vody. Dojde k nevratnému rozrušení vláknenné struktury, protože ve struktuře není kapalná voda, která by obnovila mezivláknenné vazby narušené krystalky ledu.

Vliv na životaschopnost mikroorganismů vidíme na obr. 2. Je zřejmé, že zvýšená teplota materiál sterilizuje. Lepší výsledky sušení vlhkým vzduchem při 60 °C lze vysvětlit buď tím, že sušení horkým vzduchem a mikrovlnami probíhalo externě a mohlo dojít ke kontaminaci při transportu do zkušební laboratoře, nebo je možné, že určitá vlhkost vzduchu umožní naklíčení spor, které jsou pak citlivější na teplotu, a dojde k jejich likvidaci již při teplotě 60 °C.

V experimentech chceme pokračovat s použitím dalších druhů papíru a případnou modifikací stávajících metod sušení.

ÚVAHY O DEGRADACI PAPÍRU

Uvědomme si, že sušení při zvýšené teplotě je vlastně urychlené stárnutí. Degradace papíru v čase je odvislá od teploty a relativní vlhkosti. Proto musíme i při sušení za zvýšené teploty s tímto vlivem počítat. Oblasti uvnitř knihy jsou poměrně dlouhou dobu při relativní vlhkosti prakticky 100 %. Zvyšování relativní vlhkosti, jak známo, urychluje degradační proces. Proto vnitřní části knihy, které jsou mokré nejdéle, budou i nejvíce případnou degradací postiženy. Čím je kniha větší, tím je toto nebezpečí aktuálnější.

Podívejme se, v jakých oblastech poškození se pohybujeme. Na obr. 3 jsou znázorněny údaje, které vyplývají z výsledků studie Knihovny Kongresu USA při stárnutí ofsetového papíru za různých podmínek teploty a RV. Z něho je patrné, že sušení při teplotě kolem 60 °C je z hlediska rychlosti degradace akceptovatelné a nebezpečí růstu plísní je minimální, pokud se této teploty dosáhne dostatečně brzo v celém sušeném objemu.

SUŠICÍ KAPACITY

Pro sušení knih z dalších úvah vyloučíme *horkovzdušné sušení*, které způsobuje značnou degradaci papíru, a dále *volné sušení na vzduchu*, které je náročné na prostor a hygienická opatření.

Koncem minulého roku bylo pro knihovny k dispozici několik kusů vakuových baliček, vakuová komora na vyzkoušení s možností pronájmu, dvě nevyužívané komory na sušení dřeva v Kralupech nad Vltavou a úvahy o stavbě nebo pronájmu lyofilizační komory. Dále zde byla informace o možnosti kontinuálního sušení pomocí mikrovln z Ústavu chemických procesů AV ČR.

Při odhadu asi 20 000 svazků zamražených knih, které měly NK České republiky a MK Praha dohro-

mady, jevila se sušárna dřeva z hlediska okamžité provozuschopnosti, dostupnosti, provozních nákladů, kapacity a únosného poškození materiálu knih jako optimální řešení pro sušení velkého množství běžných knih. Paradoxně i tato sušárna byla v srpnu 2002 postižena záplavami. Nicméně v prosinci v ní bylo provedeno první pokusné sušení knih.

PROCES SUŠENÍ

MECHANIZMUS

Je zřejmé, že dokud je v papíru volná voda, obsah vody ve struktuře vláken se nemění a je na své maximální hodnotě odpovídající 100% relativní vlhkosti. Zároveň je maximální i expanze vláken. Od okamžiku, kdy z okolí vlákna zmizí volná voda, obnoví se mezivláknenné vazby a začne v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu v daném místě klesat obsah vody ve struktuře vláken. Postupný úbytek vázané vody způsobí smršťování vláken. Pokud by vázaná voda odcházela rovnoměrně z celého objemu knihy, bylo by to ideální a neměli bychom problémy s kroucením a zvlněním knižního bloku a desek. Při reálném sušení ale existuje gradient vlhkosti od středu knihy směrem k okrajům, takže máme s kroucením problémy. Na krajích je obsah vázané vody nejnižší, a tedy i smrštění rozměrů největší – papír ztrácí rovinnost, pokud mu v tom nezabráníme vložením mezi rovné plochy. Malé knihy a knihy tištěné na prodyšném a málo klíženém papíře lze tímto způsobem uchránit před zkroucením. U velkých knih a zejména u knih tištěných na dobře klíženém a povrchově zušlechťeném papíře toto opatření při *reálné rychlosti sušení* pomůže jen částečně. I když je kniha stisknuta mezi prodyšnými deskami, její tloušťka je na obvodu menší než uprostřed, protože obsah vázané vody směrem dovnitř knihy roste. *O co je menší tloušťka na okrajích, o to je více prostoru na zvlnění nebo zkroucení*, protože stisk desek působí jen na silnější vnitřní části knihy (viz obr. 4). Abychom i v tomto případě minimalizovali zvlnění, musíme udržovat rozdíl mezi relativní vlhkostí uvnitř knihy a vně knihy co možno nejmenší. V praxi to znamená, že relativní vlhkost sušícího vzduchu je asi o 30 procentních jednotek nižší, než je relativní vlhkost uvnitř knihy. Sušení se končí v prostředí odpovídajícím podmínkám uskladnění knihy.

SUŠENÍ KNIH V SUŠÁRNĚ DŘEVA

Abychom maximálně usnadnili odvod vlhkosti z knihy a předešli deformacím při vysychání, byla každá kniha fixována unikátním systémem průlinčitých keramických desek. Sušené knihy jsou vyrovnány na policích pojízdných regálů do sloupců vysokých asi 80 cm a shora podle potřeby zatížených cihlami nebo betonovými tvárnicemi. Sloupec je vytvořen z opakujících se sendvičů (složení jednoho sendviče je znázorněno na obr. 5).

Filtrační papír nebo noviny chrání keramické desky před zanesením pórů látkami, které vynášejí vlhčí voda z knih. Jde jak o rozpustné látky, tak o jemné pevné částice kalu ze záplavové vody. Nejhorší jsou lepidla a vodorozpustná klíždla. Díky mezeře mezi keramickými deskami může mezi jednotlivými knihami volně proudit vzduch, čímž se urychlí jak přestup tepla, tak odvod vlhkosti. Bez tohoto opatření existuje reálné nebezpečí růstu plísní na deskách knih uvnitř sloupce.

Pro běžné rozměry knih jsou k dispozici tři formáty keramických desek: 45×25 cm, 33×25 cm a 20×25 cm. V těchto formátech jsou také nařezány listy novin, filtračního papíru a netkané textilie. Je totiž velmi důležité, aby tyto listy nebyly větší než keramická deska, protože by překrývaly vzduchovou mezeru a omezovaly volnou cirkulaci vzduchu. Kvůli stabilitě se v každém sloupci používá jeden formát desek. Kniha musí být menší než použitá deska, jinak hrozí zkroucení vyčnívajících okrajů desek. Pod jednou deskou je jen jedna kniha. V opačném případě se sloupec při schnutí a smršťování knih naklání, knihy nejsou rovnoměrně zatížené, mohou se deformovat a sloupec se může i skáčet a zaklesnout do sousedního. Tím se omezí volnost vertikálního pohybu při sesychání s nepříznivým dopadem na deformaci knih v takto postižených sloupcích.

Na každý pojízdný regál se vejde minimálně 6 sloupců z největšího formátu desek. Ve sloupci je v průměru 12 knih a do komory se vejde 15 regálů. V jedné komoře je možné sušit minimálně 1 000 knih ve formátu do 45×25 cm a menších knih úměrně více.

POSTUP

Zmrazené knihy v množství odpovídající kapacitě komory se v přepravkách uloží do komory a při teplotě 30 °C a relativní vlhkosti 70 % nechají do druhého dne rozmraznout. Pokud se nepodaří ještě

před rozmrazováním vytržít exempláře, pro které není tento postup sušení vhodný, musíme to udělat druhý den po rozmrazení. Potom se knihy výše popsaným postupem naloží na pojízdné regály, kterými se komora postupně zaplní.

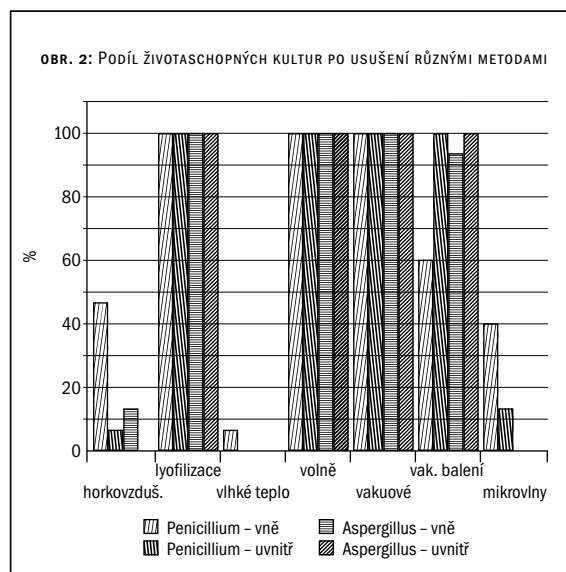
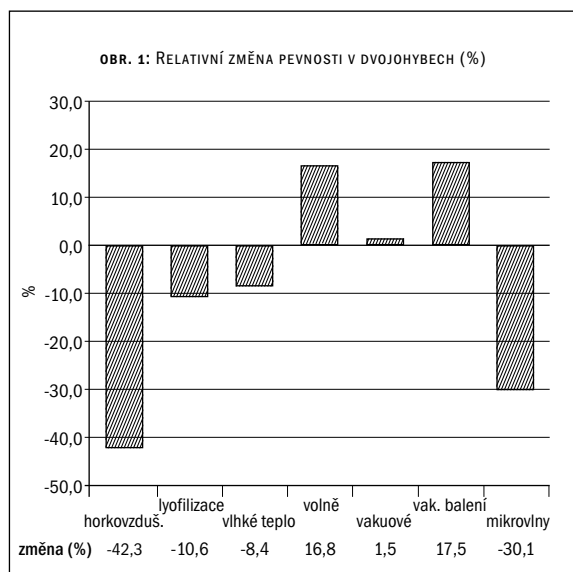
PODMÍNKY SUŠENÍ A JEJICH KONTROLA

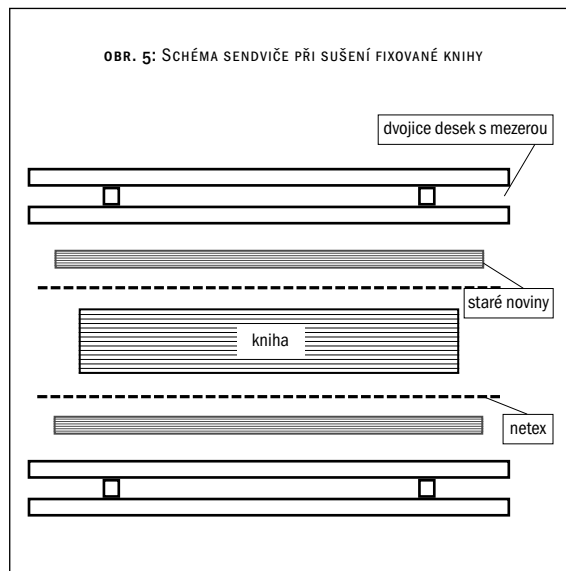
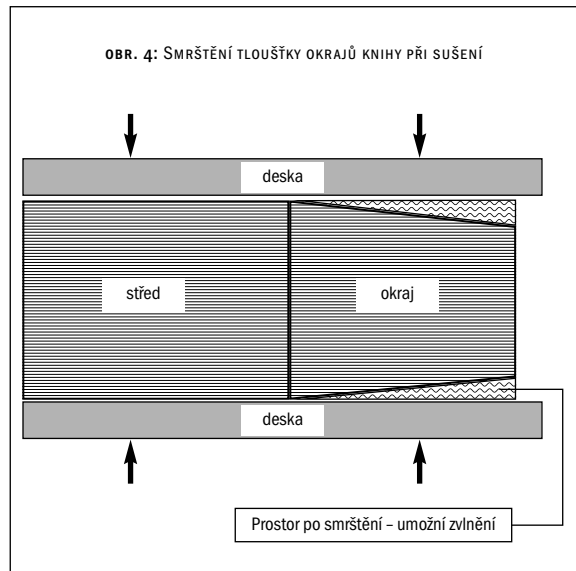
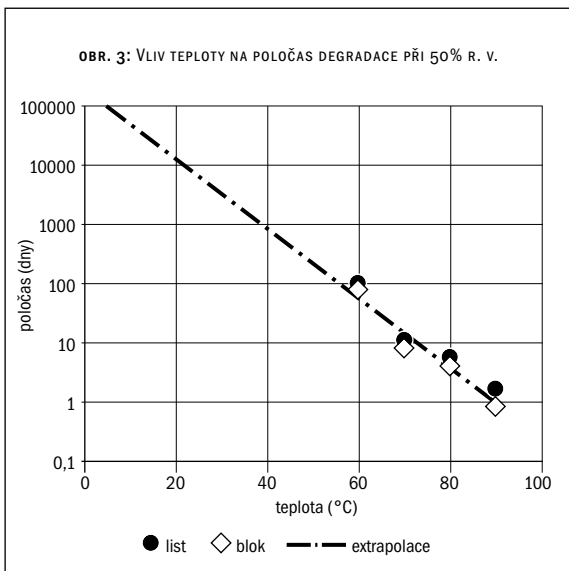
Začátek sušení probíhá při teplotě 60 °C a při relativní vlhkosti vzduchu zpočátku 70 %, později se postupně snižuje na 30 %. Na konci sušení se teplota během dvou dnů sníží na hodnotu asi o 10 °C vyšší, než je venkovní teplota.

Ke sledování podmínek a průběhu sušení používáme speciálně vyvinutá kombinovaná plochá čidla teploty a vlhkosti. Tato čidla je možné vsunout do knihy, do hřbetu knihy apod., a tím mít neustálý přehled o sušicím procesu. Údaje jednotlivých čidel jsou po mobilní síti přenášena na pracoviště do Prahy. Je proto možné okamžitě reagovat na odchylky od požadovaných podmínek a spojit se telefonicky s pracovníkem v podnikové kotelně ke zjištění příčin nebo nastavení nových podmínek. Ke kontrole lze použít i tzv. signální knihu, která má uvnitř vyříznutou drážku pro čidlo a po namočení se suší s ostatními knihami. Tato varianta je šetrnější vůči čidlu, protože není ohroženo kontaminací nečistotami z reálných knih.

VÝHODY

- Kontrolovaná atmosféra zajistí optimální rychlost sušení, aniž dojde k přesušení některých částí knihy;
- v průběhu sušení lze volit takový teplotní režim, abychom zamezili bujení zejména plísní během sušení (60 °C);
- usušená kniha je v rovnováze s prostředím, do kterého přichází;
- fixace minimalizuje deformaci knih;
- dálková kontrola podmínek a průběhu sušení.





Ing. Jiří Neuvirt
Chemtech
neuvirt.j@volny.cz