

2 Stanovení míry poškození písemných památek a výzkum a vývoj konzervátorských metod vedoucích k jejich záchraně

E Odkyselování papíru s využitím vakuových baliček

Metodika odkyselování knih „in situ“	427
1 Úvod	427
1.1 Původ kyselosti papíru	427
1.2 Odkyselování	428
2 Odkyselování „in situ“	429
2.1 Postup	430
2.2 Použité materiály	431
3 Praktický postup a výpočty při odkyselování „in situ“	431
Přehled jednotlivých kroků	433
Detailní postup	434
Krok 1: parametry odkyselované knihy	434
Krok 2: příprava listů alkalického a filtračního papíru	435
Krok 3: výpočet množství vody na zvlhčení (V).....	436
Krok 4: zvlhčení filtračního papíru	436
Krok 5: vkládání alkalického papíru a PE folie	436
Krok 6: vkládání zvlhčeného filtračního papíru a vakuové zabalení	436
Krok 7: ukončení odkyselování	437
Krok 8: sušení knihy	437
Krok 9: kontrola knihy.....	437
Vedení protokolu	437
Seznam použitých zdrojů	437

Metodika odkyselování knih „in situ“

Ing. Jiří Neuvirt, CSc.

Metoda in situ umožňuje odkyselování knižního bloku bez demontáže vazby, papírový materiál není nutné ponořovat do kapaliny. Odkyselování je proces, při kterém jsou neutralizovány kyselé látky ve struktuře papíru. Do papíru je dodávána alkalická látka, která převede kyseliny na neutrální soli a sama se naváže do struktury papíru, kde vytvoří alkalickou rezervu.

Metoda in situ využívá principu difúze odkyselovací látky obsažené v listech papíru, kterým je odkyselovaný dokument proložen. Difúze je podpořena podmínkami uložení, kdy je materiál stlačen, aby došlo k těsnému kontaktu alkalického a odkyselovaného papíru, a uložen v prostředí se zvýšenou relativní vlhkostí. Výhodou alternativní metody odkyselování je využití principu vakuových baliček, jednoduchého a finančně nenáročného zařízení. V příspěvku je detailně popsán postup praktické aplikace metody odkyselování, výpočty pro bezpečné ošetření jsou uvedeny v příložených excelových tabulkách. Po zadání parametrů knihy se automaticky vypočítá potřebné množství vody, počet listů alkalického a filtračního papíru apod.

Klíčová slova

odkyselování in situ, kyselost papíru, neutralizace, alkalická rezerva, vakuové balení, filtrační papír, alkalický papír, metodika odkyselování, difúze, odkyselovací látky

1 Úvod

1.1 Původ kyselosti papíru

Papír je plošný heterogenní systém, jehož hlavní složkou jsou vlákna nejrůznějšího původu. V knihách 19. a 20. století jde o papír vyrobený z vláken dřevné buničiny a dřevoviny. Nositelem pevnosti těchto vláken je lineární makromolekula celulózy doprovázená větším či menším množstvím ligninových látek podle použité technologie výroby buničiny. Aby na papír bylo možné psát, aniž by se písmo rozpíjelo, je ho nutné zaklížit. S rozvojem strojní výroby papíru došlo ve druhé polovině 19. století k zavedení pryskyřičného klížení. Jeho podstatou je vysrážení hlinitých solí pryskyřičných kyselin na povrchu vláken papíru ještě před nátokem na papírenský stroj. Vysrážený rezinát hlinitý se působením zvýšené teploty při sušení papíru rozprostře na povrchu vlákna a hydrofobizuje jej. Hlinité soli se do systému dodávají ve formě síranu a vznik rezinátu hlinitého je doprovázen vznikem ekvivalentního množství kyseliny sírové. Ta se adsorbuje na povrch vláken a je primární příčinou výchozí kyselosti takto vyráběného papíru.

Kyselé prostředí podporuje hydrolytické i oxidační štěpení jak celulózového řetězce, tak i ligninu. Výsledkem je vznik dalších kyselých sloučenin a rychlost degradace se tím zvýší,

pokud se kyselé produkty hromadí v papíru (autokatalýza). To samozřejmě závisí na typu kyselých látek, na možnosti jejich odvětrání a na kvalitě a velikosti povrchu vláken. Tyto skutečnosti se projeví při porovnávání různých podmínek při přirozeném i urychleném stárnutí papíru [CALVINI aj., 2007, s. 47-54; CALVINI, GORASSINI, 2006, s. 275-290; MARGUTTI aj., 2001, s. 67-83].

1.2 Odkyselování

Odkyselování je proces, který neutralizuje kyselé látky ve struktuře papíru. Do papíru je dodána alkalická látka, která kyseliny převede na neutrální sůl a je vhodné, aby se sama nakumulovala do struktury papíru a vytvořila tzv. **alkalickou rezervu**. Alkalická rezerva je hmotnost alkalicky reagujících látek obsažených v papíru, vztažená na hmotnostní jednotku papíru. Používáme jednotky *mol/kg* nebo vyjádření v % CaCO_3 . Spotřeba alkalické látky je dána kyselostí papíru. Kyselost papíru („**kyselou rezervu**“) analogicky definujeme jako obsah kyselin vztažených na hmotnostní jednotku papíru.

Abychom v odkyseleném papíru zneutralizovali i kyseliny, které teprve vzniknou v průběhu přirozeného stárnutí a vlivem kyselých polutantů, je nutné, abychom do něj vpravili přiměřenou alkalickou rezervu. Doporučovaná hodnota alkalické rezervy je 0,4 mol/kg (2 % CaCO_3). Čím silnější (více disociovaná) je báze, kterou vytvoříme tuto alkalickou rezervu, tím vyšší je hodnota pH. Při použití alkalického hydroxidu je toho dosaženo při $\text{pH} > 11,7$. Tak vysoké pH způsobuje žloutnutí papíru, zejména pokud obsahuje nebělené buničiny a dřevovinu, a také podporuje degradaci celulózy. V praxi se proto používá látek ve vodě málo rozpustných schopných reagovat s kyselými látkami v papíru za vzniku sloučenin, které vytěkají, nebo jsou inertní.

- Nejčastěji jde uhličitany Ca a Mg, které se aplikují ve formě hydrogenuhličitanu rozpuštěného ve vodě nasycené oxidem uhličitým. V tomto roztoku se odkyselovaný materiál koupe. Přítomné kyseliny jsou zneutralizovány a případná alkalická rezerva vznikne sorpcí rozpuštěných karbonátů na povrchu vláken a v malé míře jako zbytek po odpaření roztoku při sušení papíru.
- Další látkou je MgO , který ve formě submikronových částic se aplikuje do papíru ve formě aerosolu v proudu plynu, nebo jako suspenze v nevodném rozpouštědle. Představitelem tohoto postupu je metoda „BOOKEEPER“. Do této kategorie patří i aplikace speciálně připravených suspenzí $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ve vyšších alkoholech [STEFANIS, PANAYIOTOU, 2007, s. 185-200].
- Velkou skupinu odkyselovacích látek tvoří magnezium alkoxidy a jejich deriváty (alkyl-alkoxymagnezium karbonáty). Jejich vývoj byl veden snahou získat látky, které jsou dobře

rozpuštěné v takových organických kapalinách, které minimálně rozpouští inkousty, barvy a lepidla v odkyselovaných materiálech. Typickým představitelem je postup BOOKSAVER.

- Existují i postupy odkyselování látkami v plynné fázi jako je amoniak a těkavé aminy. Získaná alkalická rezerva není stabilní.
- Odkyselování „in situ“ je předmětem této metodiky.

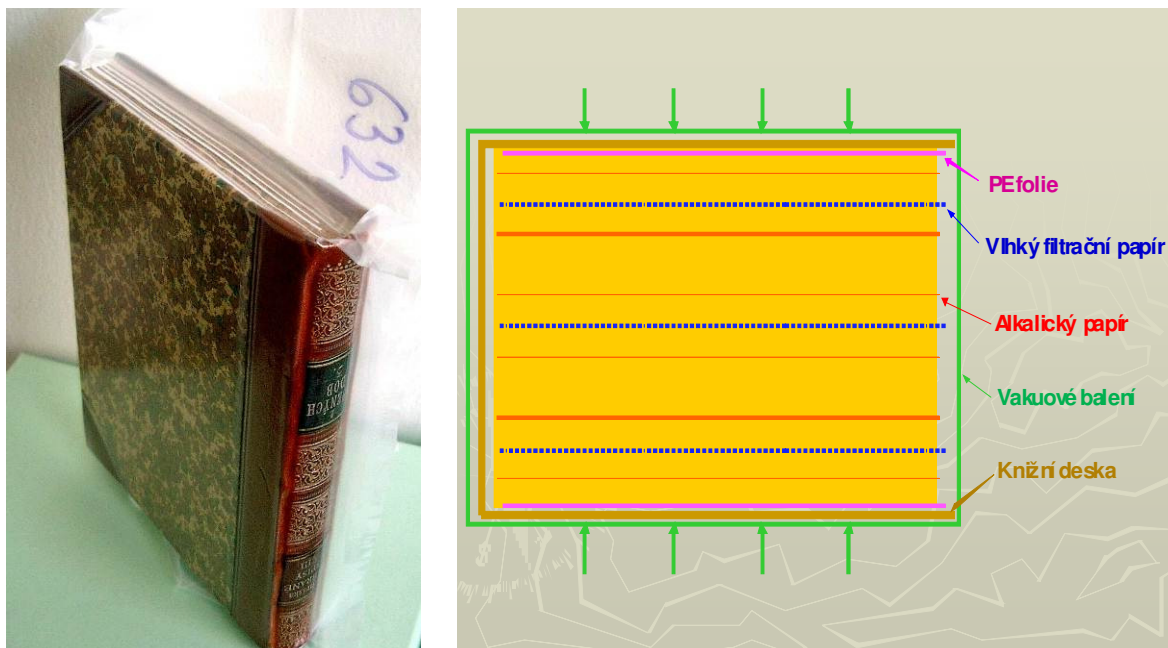
2 Odkyselování „in situ“

Metoda umožňuje odkyselování papírových materiálů, aniž je nutné materiál ponořit do kapaliny. Odkyselovat lze jen knižní blok případně jeho části, aniž je postupem významně dotčena zbývající část knihy. Důležité je, že knihu nerozebíráme a vazba zůstává zachována. Princip publikoval Page a kol. [PAGE aj., 1995; MIDDLETON aj., 1966, s. 187-95] v roce 1996. Využívá difúze odkyselovací látky (CaCO_3), která je obsažena v listech papíru, kterým je odkyselovaný dokument proložen. Difúze je podpořena podmínkami uložení (materiál je mechanicky stlačen, aby došlo k těsnému kontaktu alkalického a odkyselovaného papíru a uložen v prostředí se zvýšenou relativní vlhkostí). Nevýhodou tohoto postupu je malá rychlost odkyselování a nebezpečí růstu plísní při zvýšené relativní vlhkosti. Proto je nutné systém zahřívát nebo používat dezinfekční činidla.

Níže popsaná metodika využívá ke stlačení odkyselované knihy její vakuové zabalení do standardní folie pro vakuové balení potravin a zvlhčení je realizováno vložením zvlhčeného filtračního papíru. To přináší řadu výhod:

- Vzájemné přitlačení listů bez vzduchových mezer umožní dlouhodobé zajištění příznivých podmínek pro difúzi odkyselovací látky bez nároku na technické prostředky (zařízení na stlačení, udržování zvýšené relativní vlhkosti).
- Nepřítomnost vzduchu výrazně omezí růst plísní i při nastavení vysoké relativní vlhkosti.
- Umožní přesné nastavení obsahu vody ve vnitřním prostředí i její koncentrační gradient na začátku procesu.
- Dosažení potřebné vlhkosti listů je rychlé a rovnoměrné v celé ploše.

Dosažená alkalická rezerva závisí na alkalické látce ve vkládaném alkalickém papíru. Pokud použijeme CaCO_3 , je velmi malá do 0,3 % CaCO_3 . Při použití $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dosahuje alkalická rezerva až 3 % CaCO_3 ale hodnota pH je vysoká (větší než 11) a papír s obsahem nebělené buničiny a dřevoviny silně žloutne. Částečně to lze napravit, když ještě vlhkou knihu bezprostředně po odkyselení vložíme do atmosféry CO_2 .



Obrázek 2 Odkyselovaná kniha ve vakuovém zabalení a schéma uspořádání prokladů

2.1 Postup

Mezi desku a knižní blok vložíme PE folii, která ji ochrání před zvlhčením. Podle plošné hmotnosti papíru bloku zhruba za každý 6. list vložíme list *alkalického papíru* a za každý 12. list vložíme *filtrační papír* s vypočítaným obsahem vody. Celý soubor vakuově zabalíme. Na *Obrázku 2* je schéma a vakuově zabalená odkyselovaná kniha. Detailní postup a potřebné výpočty jsou uvedeny níže v *Odstavci 3*. Atmosférický tlak stlačí knižní blok a umožní celoplošnou a rovnoměrnou difúzi vody z filtračního papíru do knižního bloku. Tím se vytvoří vhodné prostředí pro odkyselovací reakci, která probíhá tak, že alkalické látky z alkalického papíru se šíří do knižního bloku difúzí ve více méně spojitém filmu vody na vnitřním povrchu papíru. Zde probíhá neutralizace jak volných kyselin adsorbovaných na povrchu vláken, tak kyselých skupin, které jsou součástí makromolekul vláken. Rychlost difúze a tím i doba potřebná pro odkyselení závisí na kvalitě (spojitosti) zmíněného vodního filmu. Ta je dána množstvím vody, vzájemným kontaktem listů knihy a jejich zaklížením. Kontakt listů je při daném množství vody a daném stlačení ovlivněn plošnou rovnoměrností jednotlivých listů včetně filtračního papíru. Po třech až sedmi dnech je odkyselení skončeno, obal otevřeme, vyjmemme vlhké filtrační papíry, nahradíme je suchými a knihu obložíme novinami a znovu vakuově zabalíme. Po dvou dnech obal otevřeme a podle potřeby postup opakujeme. Pokud pro sušení použijeme filtrační papír a noviny předsušené při 105 °C v sušárně, je kniha suchá maximálně po dvou zabaleních. Vkládáním dalších listů do bloku knihy zvětšujeme jeho tloušťku, a proto u silných knih hrozí poškození hřbetu. V takovém případě odkyselujeme knihu po částech.

2.2 Použité materiály

Filtrační (absorpční) papír (FP) – jeho prostřednictvím vnášíme do knižního bloku nezbytnou vlhkost, a proto musí i po nasáknutí vodou zůstat dobře manipulovatelný, aby v tomto stavu šel dobře zakládat do knižního bloku. Jako nejvhodnější se z tohoto hlediska ukázal filtrační karton (260 g/m^2) od francouzské firmy „CANSON“.

Alkalický papír (AP) – je naplněný ve vodě málo rozpustnou alkalickou látkou schopnou reakce s kyselinami v papíru. Jeho hlavní funkce je vnést alkálii do papírového bloku a umožnit její rovnoměrný transport do hmoty bloku. Vkládáním AP se nutně zvětšuje tloušťka bloku. Proto je nezbytné, aby AP byl co nejtenčí. Na trhu je pro tento účel nejvhodnější průmyslově vyrobený cigaretový papír (20 až 25 g/m^2), který je z hlediska tloušťky a obsahu CaCO_3 pro tento účel optimální. Levnější alternativa může být papír biblový, který je oproti cigaretovému papíru zaklížený a má větší tloušťku. Cigaretový i biblový papír lze získat v „OP Papírna s.r.o.“, Olšany u Šumperka, člen skupiny Delfortgroup.

Vakuová balička – běžné zařízení používané v potravinářském obchodě k vakuovému balení potravin. Při nákupu je nutné zohlednit maximální rozměr knih, které hodláme odkyselovat.

Řezačka na papír – pro přípravu potřebných formátů alkalického a filtračního papíru

Laboratorní sušárna – na předsušení novin používaných na sušení odkyselených knih.

Laboratorní váhy – nejlépe s přesností $0,01 \text{ g}$ s max. zatížením cca 2000 g .

Plastové pytle – na vakuové balení potravin, nebo příslušná folie na výrobu pytle pro knihy atypických rozměrů.

3 Praktický postup a výpočty při odkyselování „in situ“

Níže je uvedený detailní postup a potřebné výpočty, které jsou nezbytné pro spolehlivé a bezpečné ošetření. Vypadá to komplikovaně a pracně, ale pro praktickou aplikaci je vše vtěleno do excelové tabulky (viz *Tabulka 1*), kde po zadání parametrů knihy (hmotnost, počet stránek, rozměry apod.) a požadovaného zvýšení obsahu vody v knize se automaticky vypočítá potřebný počet listů alkalického papíru, počet listů filtračního papíru na zvlhčení knihy, potřebné množství vody atd. V *Tabulce 1* vyplňujeme pouze nepodbarvené buňky. Podbarvené buňky obsahují vypočítané hodnoty. V *Tabulkách 3 a 4* se objeví čísla stránek, před které se umístí alkalický resp. navlhčený filtrační papír před vakuovým zabalením knihy. V *Tabulce 2* vyplňujeme počet listů před stranou 1 knihy (předmluva, obsah apod. mívají vlastní číslování stránek).

Tabulka 1 Vstupní data, výpočty a podmínky použité při odkyselení knihy

Signatura:	AB - 12345/68		
	VLASTNOST	KROK	HODNOTA
Kniha	Hodnota pH	1	3.9
	Hmotnost (g)	1	530
Knižní deska	Vážení D1 (g) (viz metodika)	1	30.0
	Vážení D2 (g) (viz metodika)	1	29.0
	Hmotnost (D) (g)		118.0
	Výška (cm)	1	
	Šířka (cm)	1	
	Tloušťka (mm)	1	
	Odhad hmotnosti (g)		
Knižní blok	Počet stran	1	296
	Výška (v) (cm)	1	30
	Šířka (š) (cm)	1	21
	Počet listů (n_B)	1	148
	Hmotnost (KB) (g)	1	412
	Plošná hmotnost papíru (PH_k) (g/m ²)	1	44.2
Alkalický papír	Teoretický počet listů knihy na list alk.pap.		9.05
	Zvolený počet listů knihy na list alk.papíru (n_{AP})	2	9
	Plošná hmotnost (PH_{ap}) (g/m ²)	2	25.0
	Teoretický počet listů alk.papíru na odkyselení		16.4
	Zvolený počet listů alk.papíru na odkyselení		16
	Hmotnost (AP) (g)		25.2
Filtrační papír	Plošná hmotnost (g/m ²)	2	260
	Doporučený počet listů knihy na list filtr.pap.		18.10
	Zvolený počet listů knihy na list filtr.pap.	2	18
	Počet listů filtr.papíru na odkyselení.		8.2
	Zvolený počet listů filtr.papíru na odkyselení.	2	8
	Teoretická hmotnost suchého filtr papíru (g)		131.0
	Skutečná hmotnost suchého filtr papíru(FP) (g)		132.0
	Teoretická hmotnost zvlhčeného (g)	4	245.8
	Skutečná hmotnost zvlhčeného (g)	6	246
	Voda	Požadované zvlhčení (%)	3
Hmotnost vody na zvlhčení (V_v)(g)		3	113.8
Kontrola	Hmotnost knihy po odkyselení (g)	7	610
	Hmotnost vyjmutého filtračního papíru (g)	7	160
	Obsah vody v knižním bloku po odkyselení (%)	7	19.4
	Hmotnost knihy po 1.usušení (g)	9	560
	Obsah vody v knižním bloku po 1. sušení (%)		7.3
	Hmotnost knihy po 2.sušení (g)	9	529
	Obsah vody v knižním bloku po 2. sušení (%)		-0.2
	Hmotnost knihy po posledním sušení (g)	9	
	Obsah vody v knižním bloku po posledním sušení (%)		-128.6
	Počet sušících cyklů		2
	pH knihy po odkyselení	9	6.5
	Doba odkyselování (dny)		5.1
		Start odkyselení:	27.2.10 13:00
	Konec odkyselení:	4.3.10 15:00	

Tabulka 2 Počty listů

Počet listů před stránkou č.1	1
Počet regulérně.číslovaných listů	147
Počet listů mezi AP	9.25
Počet listů mezi FP	18.50

Tabulka 4 Umístění listů filtračního papíru

1	. FP před str. knihy:	17
2	. FP před str. knihy:	55
3	. FP před str. knihy:	91
4	. FP před str. knihy:	129
5	. FP před str. knihy:	165
6	. FP před str. knihy:	203
7	. FP před str. knihy:	239
8	. FP před str. knihy:	277

Tabulka 3 Umístění listů alkalického papíru

1	. AP před str. knihy:	9
2	. AP před str. knihy:	27
3	. AP před str. knihy:	45
4	. AP před str. knihy:	63
5	. AP před str. knihy:	83
6	. AP před str. knihy:	101
7	. AP před str. knihy:	119
8	. AP před str. knihy:	137
9	. AP před str. knihy:	157
10	. AP před str. knihy:	175
11	. AP před str. knihy:	193
12	. AP před str. knihy:	211
13	. AP před str. knihy:	231
14	. AP před str. knihy:	249
15	. AP před str. knihy:	267
16	. AP před str. knihy:	285

Přehled jednotlivých kroků

Postup se skládá z několika vzájemně podmíněných kroků:

Krok 1 – stanovení parametrů knihy.

Krok 2 – příprava potřebného počtu listů alkalického a filtračního papíru příslušných rozměrů.

Krok 3 – vypočet množství vody na zvlhčení.

Krok 4 – připravený filtrační papír zvlhčíme a vakuově zabalíme alespoň na 2 hodiny.

Krok 5 – do příslušných míst v knižním bloku vložíme alkalický papír a PE folii.

Krok 6 – do příslušných míst v knižním bloku vložíme zvlhčený filtrační papír, knihu vakuově zabalíme a na 7 dní odložíme.

Krok 7 – ukončení odkyselování; knihu vyjmeme z obalu, a po odstranění vložených listů zvážíme.

Krok 8 – sušení knihy; odkyselenou knihu obložíme novinami a vakuově zabalíme.

Krok 9 – kontrola knihy; usušení a kvalita odkyselení. U nedosušené knihy opakujeme Krok 8.

Detailní postup

Krok 1: parametry odkyselované knihy

Rozměry knižního bloku – výška (v) a šířka (δ) listů knižního bloku, šířka (δ_{vkl}) pro vkládané listy. Podle typu vazby je δ_{vkl} o něco menší než δ .

Hmotnost knižního bloku (KB) je rozdíl hmotnosti knihy (K) a knižních desek (D). Hmotnost knižních desek s přijatelnou přesností stanovíme tak, že na váhy postavíme jakýkoli předmět zakončený nahoře hrotem, váhy vytárujeme a o hrot opřeme přední (proti hřbetu) okraj otevřené (působením gravitace) knižní desky. Knihou zvolna pohybujeme nahoru a dolů a dbáme, aby se podepření desky neposunulo směrem ke hřbetu (viz *Obrázek 1*). Maximální zjištěná váha (D_1) odpovídá zhruba polovině hmotnosti první desky. Totéž provedeme s druhou deskou a získáme D_2 .

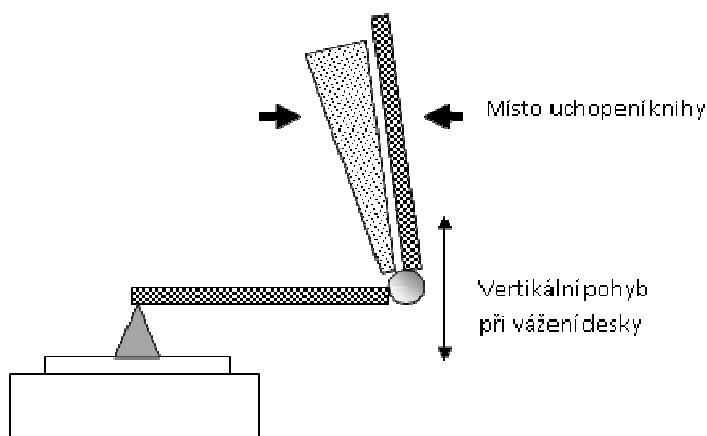
Hmotnost knižních desek je:

$$D = 2D_1 + 2D_2$$

Hmotnost knižního bloku:

$$KB = K - D$$

Poznámka: V případě, že deska se neotvírá volně a má tendenci se samovolně zavírat, vyšla by nám hmotnost desky příliš nízká. V tomto případě je možné hmotnost desek odhadnout ze součinu jejich rozměrů v cm (výšky, šířky, tloušťky) a obvyklé specifické hmotnosti $0,7 \text{ g/cm}^3$. Hmotnost vyjde v gramech.



Obrázek 1 Zjištění hmotnosti desek

Plošná hmotnost papíru knihy (PH_k)

Z hmotnosti knižního bloku, počtu jeho listů a jejich rozměru vypočítáme plošnou hmotnost papíru (PH_k) použitého v knize:

$$PH_k = KB / (n_B * \check{s} * v),$$

kde n_B je počet listů knižního bloku, \check{s} a v jsou šířka resp. výška listu.

Krok 2: příprava listů alkalického a filtračního papíru

S ohledem na rovnoměrnost odkyselení ale i snadnost manipulace je nutné listy alkalického a filtračního papíru formátově přizpůsobit knižnímu bloku.

Počet listů alkalického papíru

Z dosavadních experimentů vyplynulo, že celková plošná hmotnost vrstvy odkyselovaných papírů mezi dvěma alkalickými papíry by neměla být o mnoho větší než 400 g/m^2 , aby odkyselení netrvalo příliš dlouho. Bude-li např. plošná hmotnost papíru knihy 60 g/m^2 pak by vrstva měla být asi 6 listů (360 g/m^2). Bude-li mít knižní blok 144 listů, budeme potřebovat $144/6 = 24$ listů alkalického papíru.

Hmotnost alkalického papíru (AP)

Zjistíme nejlépe zvážení připravených listů, nebo výpočtem z počtu listů (n_{ap}) vynásobeného plochou listu a plošnou hmotností alkalického papíru ($AP = n_{ap} * \check{s}_{vkl} * v * PH_{ap}$)

Počet listů filtračního papíru

Úvaha je obdobná jako při stanovení počtu filtračních papírů. Zde plošná hmotnost vrstvy mezi dvěma listy filtračního papíru o plošné hmotnosti 260 g/m^2 by neměla příliš přesáhnout 800 g/m^2 , aby filtrační papír měl dostatečnou kapacitu na vodu, která bude potřebná na navlhčení odkyselovaného souboru. Dosavadní zkušenosti ukazují, že kapacita filtračního papíru pro vodu je minimálně 100 % jeho výchozí hmotnosti. Pak při jeho plošné hmotnosti 260 g/m^2 lze jím do knihy vnést 260 g/m^2 vody. Požadujeme-li, aby odkyselovaný soubor byl např. zvlhčen 20 % vody, pak 260 g/m^2 vody stačí na 1300 g/m^2 výchozí papírové hmoty (včetně filtračního a alkalického papíru) v odkyselovaném souboru. Po odečtení 260 g/m^2 filtračního papíru zbývá 1040 g/m^2 na blok knihy a alkalický papír. Dodržení výše zmíněných 800 g/m^2 nám tedy skýtá možnost i většího zvlhčení než 20 %. Pro stanovení počtu listů filtračního papíru lze přítomnost alkalického papíru zanedbat, protože jeho plošná hmotnost je velmi nízká (20 až 25 g/m^2).

Vrátíme-li se k našemu příkladu knižního bloku se 144 listy (288 stran) o plošné hmotnosti 60 g/m^2 vidíme, že mezi listy filtračního papíru lze mít 13 listů bloku ($13 * 60 = 780$), abychom nepřekročili

hodnotu 800 g/m^2 . Z praktických důvodů použijeme filtrační papír za každý 12. list bloku a celkový počet listů filtračního papíru bude 12, neboť $144/12 = 12$.

Hmotnost filtračního papíru (FP)

Stanovíme stejně jako v případě alkalického papíru zvážením nebo výpočtem

Krok 3: výpočet množství vody na zvlhčení (V)

Obsah vody v odkyselovaném souboru by neměl být nižší než 16 % vztaženo na veškerý papírový materiál (tj. knižní blok, filtrační papír a alkalický papír) ve vzduchosuchém stavu. Pokud nemáme zvláštní důvody, používáme obsah vody 20 %. Pro tento případ je vztah pro výpočet množství vody (V), potřebné při odkyselení:

$$V = 0,2 * (KB + FP + AP),$$

kde *KB*, *FP* a *AP* jsou hmotnosti knižního bloku, příslušného počtu listů filtračního papíru a alkalického papíru v potřebném formátu.

Krok 4: zvlhčení filtračního papíru

Zvážený připravený filtrační papír dáme do fotografické misky a do plastové stříčky, kterou lze kvantitativně vyprázdnit („kachnička“), odměříme vypočtené množství vody v *Kroku 3*. Vodou zkrápíme pokud možno rovnoměrně jednotlivé listy filtračního papíru v misce. Navlhčené papíry pečlivě srovnáme do bloku a vakuově zabalíme alespoň na 2 hodiny, aby se papír vodou rovnoměrně prosytil. Papír z vakuového zábalu vyjmeme těsně před použitím. Než nabudeme patřičné zručnosti, je vhodné použít asi o 5 % více vody, než odpovídá výpočtu, abychom kryli ztráty při manipulaci s vlhkým papírem.

Krok 5: vkládání alkalického papíru a PE folie

PE folií oddělujeme knižní desku, neboť ji obvykle nechceme navlhčit. Oddělujeme s ní i neodkyselovanou část při odkyselení tlusté knihy nebo listy s ilustracemi na křídovém papíře a podobně. Záložkami si označíme místa, kam vložíme alkalický papír s tím, že pokud např. mezi listy alkalického papíru má být 6 listů knihy, vkládáme první alkalický papír za 3. list od desky další za 9. list atd. Za posledním alkalickým listem by opět měl být počet listů knihy menší než šest.

Krok 6: vkládání zvlhčeného filtračního papíru a vakuové zabalení

V knize si založíme místa, kam přijde vložit zvlhčený filtrační papír. V okolí strany 99 na listu uprostřed mezi alkalickými papíry uděláme na vhodném místě **značku indikátorovou pH tužkou**

pro pozdější kontrolu odkyselení. Blok mokrého filtračního papíru vyjmeme z vakuového zabalení, rychle zvážíme pro kontrolu, zda je v něm požadované množství vody a jednotlivé listy vložíme na založená místa v knize. Knihu neodkladně vakuově zabalíme, balíček označíme datem a na 7 dní odložíme.

Krok 7: ukončení odkyselování

Po sedmi dnech knihu vyjmeme z obalu a po odstranění vložených listů ji zvážíme. Přírůstek hmotnosti oproti suché knize by měl odpovídat požadovanému množství vody v knižním bloku tj. 20 % hmotnosti suchého knižního bloku. S určitými ztrátami při manipulaci musíme počítat. Pro kontrolu procesu zvážíme i vyjmuté filtrační papíry.

Krok 8: sušení knihy

Knihu obložíme předsušenými novinami **přibližně stejné hmotnosti jako má kniha**, vakuově zabalíme a ponecháme dva dny. K urychlení sušení je možné vložit do knihy listy předsušeného filtračního papíru.

Krok 9: kontrola knihy

Knihu vyjmeme z obalu, zvážíme, a pokud je její hmotnost o více než 1,5 % vyšší než hmotnost před odkyselením, opakujeme *Krok 8*. Pokud je kniha suchá, provedeme kontrolu odkyselení inspekci značky provedené indikátorovou tužkou v *Kroku 6* nebo změřením povrchového pH.

Vedení protokolu

Všechny změřené údaje a výsledky výpočtů v jednotlivých krocích zaznamenáváme nejlépe v excelové tabulce upravené podle potřeb dané instituce. Záznam slouží jako protokol o odkyselení konkrétní knihy.

Seznam použitých zdrojů

CALVINI, P.; GORASSINI, A.; MERLANI, A. L. 2007. Autocatalytic Degradation of Cellulose Paper in Sealed Vessels. *Restaurator*. 2007, vol. 28, s. 47-54. ISSN 0034-5806.

CALVINI, P.; GORASSINI, A. 2006. On the Rate of Paper Degradation: Lessons from the Past. *Restaurator*. 2006, vol. 27, s. 275-290. ISSN 0034-5806.

MARGUTTI, S.; CONIO, G.; CALVINI, P.; PEDEMONTE, E. 2001. Hydrolytic and Oxidative Degradation of Paper. *Restaurator*. 2001, vol. 22, s. 67-83. ISSN 0034-5806.

MIDDLETON, S. R.; PAGE, D. H.; SCALLAN, A. M.; ZOU, X. 1966. *Tappi Journal*. 1966, vol. 79, no. 11, s. 187-95.

PAGE, D. H.; SCALLAN, A. M.; MIDDLETON, S. R.; ZOU, X. 1995. *Method for the Deacidification of Papers and Books*. U.S. Patent 5,433,827. July 18, 1995.

STEFANIS, E.; PANAYIOTOU, C. 2007. Protection of Lignocellulosic Paper by Deacidification with Dispersions of Micro- and Nano-particles of Ca(OH)₂ and Mg(OH)₂ in Alcohols. *Restaurator*. 2007, vol. 28, s. 185-200. ISSN 0034-5806.