

Obr. Příklady průsvitek

RUČNÍ PAPÍR VE SVĚTĚ

Světové databáze uvádějí kolem 3000 výrobců ručního papíru ve 20 zemích světa, převažují asijské země, například jen Čína uvádí kolem 2000 manufaktur, Thajsko má přes 400, Indie kolem 350 a v Evropě je kolem 5 výrobců.

Do Evropy přivezli papír Arabové ve 12. století, kteří v 8. století získali tajemství výroby od zajatých čínských papírnických mistrů a sami začali papír vyrábět ze starých hadrů.

Polsko

Známá ruční papírna v Dušinkách, založená kolem roku 1540, znovu oživila svou výrobu ručního papíru. V 16. stol., kdy patřily Dušniky v Kladsku k Čechám, vyznamenal císař Rudolf II. zdejší papírenské mistry bratry Kretschmerovy erbem, který si dali na svůj filigrán.

Holandsko

Proslulý holandský ruční papír se stále vyrábí ve známé ruční papírně v Heelsumu u Arnhemu v provincii Gelderland, která byla založená v roce 1625. Také je v provozu poslední zachovaný větrný mlýn na výrobu ručního papíru „De Schoolmeester“ v provincii Noord-Holland, z roku 1692.

Itálie je považována za kolébkou evropského papírnictví, která kdysi zásobovala papírem celou střední Evropu. V Itálii dodnes funguje známé papírenské středisko ve Fabrianu u Ancony. Ruční papírna zde byla založená již v roce 1268. Součástí komplexu je firemní muzeum s velkou sbírkou filigránů.

Čína

Papír se v Číně začal používat v dynastii Chan, asi kolem roku 206 př. n. l. Předtím se v Číně psaly knihy na bambusové a dřevěné proužky. Nepohodlnost bambusu i rytého písma vedla ve 3. stol. př. n. l. k vynálezu štětce, z krysích chlupů nebo velbloudí srsti, kterým se psalo

nebo spíše malovalo tuší na hedvábí. Z hedvábí se potom dělaly smotky nebo čínské knihy, při jejichž výrobě vznikal velký odpad drahé hedvábné tkaniny. Některé teorie soudí, že tak přišli Číňané na myšlenku opět využít tohoto drahého odpadu na vlákna a z těch vytvořit novou látku na psaní. Dobu, kdy Číňané začali vyrábět papír nelze přesně stanovit, pokusy vyrobit papír zplstěním z rozdrčených vláken trvaly pravděpodobně delší dobu. Často je v literatuře udáván rok 105 n. l., kdy dvorní úředník T' sai Lun oficiálně oznámil císaři, že byl vyroben papír. Lun bývá také v literatuře uváděn jako vynálezce papíru, papír byl tehdy nazýván „papírem milostivého T' sai Luna“. Nálezy dokazují, že Číňané uměli již ve 2. st. n. l. vyrobit papír jen z hadrů. Dnes je již zřejmé, že hedvábí bylo příliš drahým a vzácným materiálem, než aby se mohlo stát obecně rozšířenou psací látkou. Také slovo „papír“ znamená v čínštině „hedvábné odřezky“. Lunova zásluha především spočívala v zavedení rostlinných surovin (dřevěného lýka, konopných odpadů), starých hadrů a rybářských sítí, místo hedvábných vláken. Je tedy považován za vynálezce výroby papíru z rostlinných vláken. Hlavním nedostatkem prvotní techniky v Číně byla její nízká produktivita. Archy nemohly být snímány překlápěním formy, ale čekalo se, až hmota ve formě uschne. Tento postup je dosud praktikován v Nepálu, kde jsou mokré archy papíru sušeny na slunci nebo u ohně v ponořovacích nebo plovoucích sítích. Teprve vznikem papírenské formy s bambusovou rohoží (asi 3. st. n. l.) umožnil, aby byl mokrá arch, hned po jeho vytvoření, uvolněn z formy. Tato technika přispěla k plynulosti výrobního procesu při použití jediného síta.

Dnes je velmi známý papír **Suan**, nesprávně nazývaný **Rýžový papír**, vyráběný ze zelené kůry santálového dřeva a z dalších materiálů. Tento papír se více než tisíc let se používá především na čínskou malbu a kaligrafii. Vhodný ke kaligrafii je také tzv. **Trávní papír** = **Juan šu a Mao pien**, jehož hlavní vlákna nejsou z trávy, ale z bambusu, slámy a kůry.

Japonsko

Navzdory úzkostlivé snaze Číňanů utajit výrobu papíru, se o jeho výrobě dověděli přes Koreu Japonci v 6. st. n. l., surovinou zde byla opět kůra moruše, až od 9. st. n. l. se začala také používat divoce rostoucí rostlina „gampi“, později také kůra dřeviny „micumata“. Ruční papír se v Japonsku vyrábí i dnes v malém, podomácku, jejím produktem je **Waši** tj. japonský papír, který se vyrábí z různých materiálů (např. trávy, bambusu apod.), ale nejdůležitější surovinou jsou 3 rostliny:

- 1) **gampi** = divoce rostoucí keř, jehož výskyt je omezený. Papír vyrobený z gampi je krásný a má příznačný lesk, je odolný vůči vodě, hmyz jej nenapadá a nemění barvu, proto je nazýván „králem papíru“, užívá se na vzácné dokumenty.
- 2) **kózo** = druh moruše, který je nejoblíbenější surovinou pro výrobu waši. Dá se pěstovat kdekoli. Její vlákna jsou silná, a z toho důvodu se papír z ní vyrobený, používá na výplně

posuvných dveří, na montáže obrazů aj. Časem však mění barvu a bývá napadán hmyzem.

- 3) **micumata**= je slabší papír, protože má krátká vlákna. Má krásný lesk, užívá se mimo jiné také k výrobě bankovek.



Obr. Výroba japonského papíru Waši

Zajímavé je využití papíru v japonské architektuře, kde se papír používá nejen k výplni posuvných dveří, ale i oken, umožňující mírné proudění vzduchu, příjemné v letních vedrech. Útulné je i světlo, jež vydávají lampióny a jiná svítidla s papírovými stěnami. Papír se tak stal podstatou zvláštního kouzla tradičního domu v Japonsku.

RUČNÍ PAPÍR

Suroviny na výrobu: 100% hadrovina (Využití sběrových hadrů je dnes problematické. Sběrový textil má přísady nevytřiditelných syntetických vláken. Z toho důvodu se nejčastěji používají lněné výčesky a krátká bavlněná vlákna.)

Stručný popis výroby v případě původní výroby z hadrů:

- 1) Chemické působení $\text{Ca}(\text{OH})_2$, sirníky, sulfidy.
- 2) Mletí na Holendru bez přidání plnidel, klíždidel. Pouze se přidávala bělidla.
- 3) Čerpání do zásobníku.
- 4) Ze zásobníku se hmota vypouští do čerpací kádě, odkud se nabírá na síťovinu. Sítem protéká přebytečná voda a vlákna se splstňují.
- 5) Snímání listu ze síta na plst. List je vlhký, ale pevný.
- 6) Lisování ve stolovém lisu pod určitým tlakem.
- 7) Sušení ve volném závěsu na šňůrách.
- 8) Úpravy papíru:

- povrchové klížení (namáčení do horkého roztoku klišu a případně do klišové vody s obsahem kamence)
- úprava struktury papíru (hlazení) se provádí na tzv. Kalandru = hladící stroj
- povrchové barvení

Decle =nepravidelné okraje vznikající při ručním čerpání se neořezávají.

Na některých ručně čerpaných papírech mohou být, proti světlu znatelné stopy objevují stopy síta (žebrování) = **vergé** [veržé], znatelné proti světlu.

Využití pro bibliofilie, grafické listy, podklad pro kaligrafii, pro výrobu luxusních výrobků z papíru (novoročenky, obálky,...), pro restaurátorské účely.

PRŮMYSLOVÁ VÝROBA PAPÍRU, KARTÓNU A LEPENKY

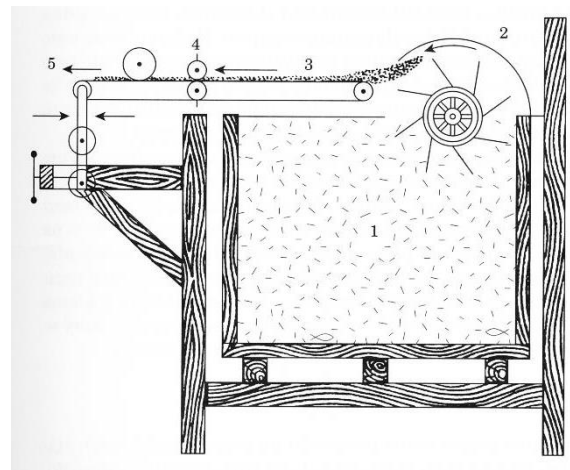
Z historie vývoje průmyslové výroby papíru

Průmyslovou výrobu papíru ovlivnily dva vynálezy:

- 1) Nejprve roku 1799 sestrojil Francouz Louis Robert stroj s nekonečným sítem. Byl to základ všech dalších zlepšení, jež společně směřovala k výrobě jediného plynule se odvíjejícího papírového pásu.
- 2) Roku 1844 Němec Gottfried Keller ohlásil výrobu papíru ze dřeva.

Obr. Schéma Robertova papírenského stroje

- 1 – nádrž s papírovinou
- 2 – čerpací kolo
- 3 – odvodňovací síto
- 4 – odvodňovací lis
- 5 – pás mokrého papíru



Středověká technologie výroby papíru přestala stačit společenské potřebě papíru. Vynález holendru znamenal sice výrazné zrychlení nejpomalejší operace výroby papíru, ale kritickým místem se nyní stalo zdlouhavé ruční čerpání papíroviny a následné sušící a klížící operace. S řešením přišel Francouz N. L. Robert vynálezem papírenského stroje, kdy ruční čerpání bylo nahrazeno nátokem papíroviny na nekonečné síto, odkud se po odvodnění odvínoval hotový mokřý papír. Roku 1808 postavil na tomto principu Angličan Dunkin první papírenský stroj poháněný vodou. Nevýhodné ruční dosoušení mokřého papíru bylo vylepšeno přidáním plstěnce a v roce 1820 zapojením vyhřívaného měděného válce do technologické linky. Tyto vynálezy položily základ procesu strojní výroby papíru.

Dalším problémem byla surovina. Hadry jako základní surovinový zdroj papíru, nedokázaly pokrýt požadavky výroby. Už na konci 17. století se začala hledat levná, snadno dostupná surovina, která by nahradila hadry. Hledání bylo složité, a některé návrhy kuriózní (např. výroba papíru z vosích hnízd, mechu a kopřiv). V 18. století se dokonce přidávaly do papírové hmoty piliny, seno a sláma. Převrat znamenal Kellerův vynález mechanické celulózy z roku 1844, který začal k hadrovině přidávat vlákna z mechanicky obroušeného dřeva. Tento postup se používal hlavně u méně kvalitních papírů.

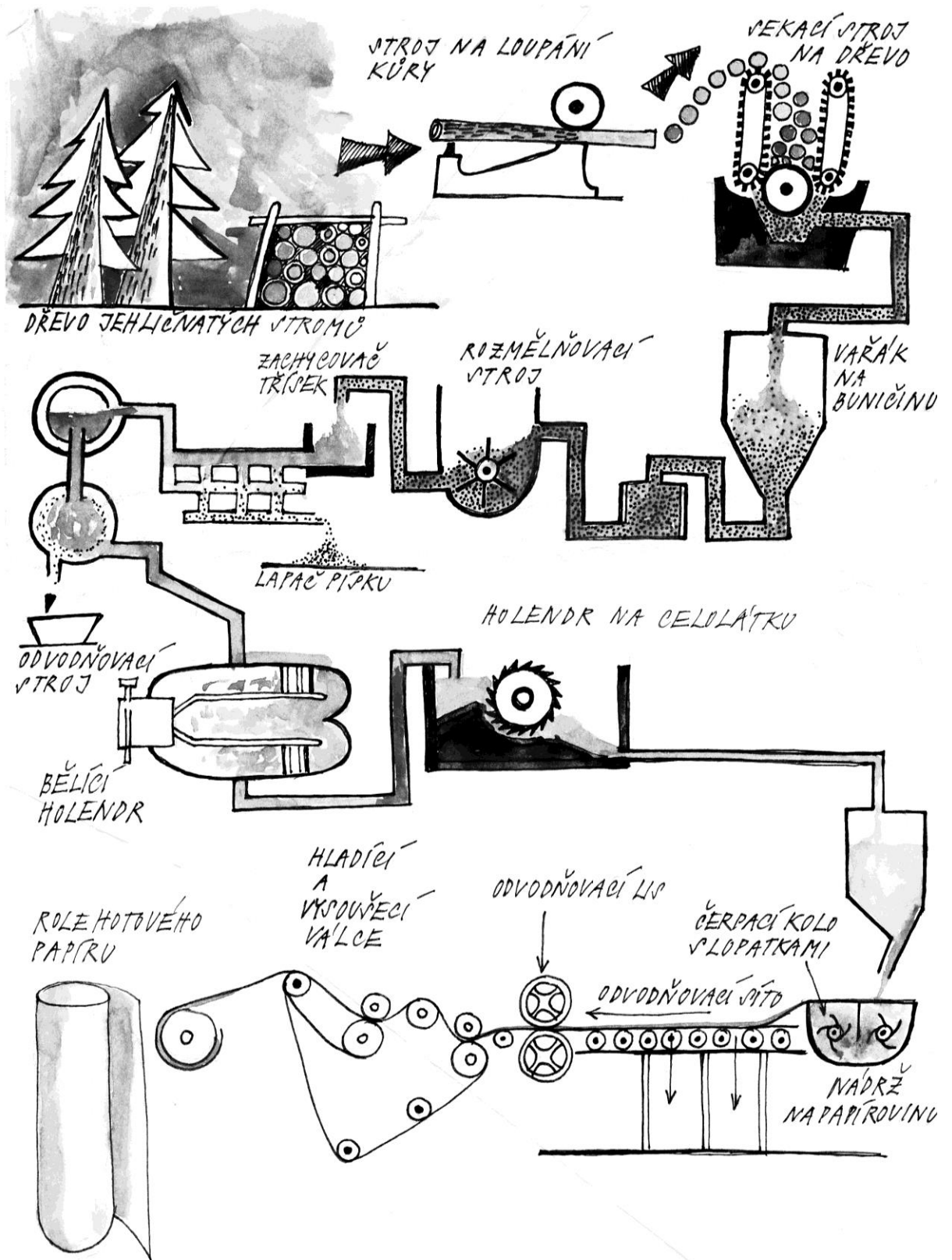
Rozvoj chemických věd počátkem 19. století přinesl nová poznání založená na působení rozpouštědel, kyselin a alkálií na dřevní hmotu. Určil celulózu jako základní jednotku vláknité struktury papíru, určující kvalitu mechanických vlastností papíru. Objevil, že podíl rozpustných složek dřeva zhoršuje vlastnosti papíru. Dále určil, že ve zředěných kyselinách jsou rozpustné především hemicelulózy a v alkáliích lignin. Tyto poznatky položily základ průmyslové výroby celulózy a následně buničín.

Odpadla zdržující manipulace s jednotlivými archy i shánka po hadrech, kterých bylo čím dál méně. Celulóza (buničina), získávaná z dřevních vláken, se pro papírny stala určující surovinou.

Princip výroby papíru-kartónu- lepenky

Základní charakteristikou výroby papíru je tzv. „mokřý“ způsob výroby. Nejprve se v prostředí obsahujícím cca 99% vody rovnoměrně rozptýlí (suspenduje) asi 1% vhodných vláknitých a přídatných surovin a následně se přebytečná voda odstraní. Odvodnění je postupné, aby měla vlákna příležitost vzájemně se proplést = **splstit**, což zajistí soudržnost hotového papíru. **Splstování** probíhá na sítěch. Další voda se odstraní lisováním a konečně sušením.

Na základě uvedeného principu lze papír vyrábět i ručně. V současné době však zcela převažuje strojní (průmyslová) výroba.



Obr. Stručná cesta od lesa k roli papíru.

Suroviny na výrobu papíru – kartónu - lepenky = vláknoviny nebo vláknité suroviny. Vláknoviny jsou zdrojem vláken vhodných pro výrobu papíru. Vhodná jsou všechna, která jsou schopná **splstění**, vlákna pružná a pevná.

- Vláknité suroviny rostlinné:
 - 1) Vlákna ze stébel lodyh rostlin - sláma, bambus, kukuřice, esparto (travina rostoucí ve Španělsku)
 - 2) Vlákna z rostlinných lýk - konopí (jen v podobě hadrů), len (lana, síť), manila, moruše, juta, sisal, agáve
 - 3) Vlákna z chloupků plodů - bavlna (ze starých hadrů)
Bavlna je jedna z nejkvalitnějších surovin.
 - 4) Dřevo - jehličnaté (vhodnější) - smrk, jedle, borovice, modřín
- listnaté - topol, osika, buk
- Vláknité suroviny živočišné - vlna, hedvábí, srst, vlasy
- Vláknité suroviny minerální - azbest
- Vláknité suroviny speciální - kovová, skleněná, syntetická vlákna

Tyto suroviny poskytují VLÁKNA PRIMÁRNÍ, zatímco pojem VLÁKNA SEKUNDÁRNÍ označují vlákna získaná recyklací papírového sběru.

K výrobě papíru používají jen rostlinné vláknité suroviny. Spotřeba papíru u nás i ve světě stoupá, proto musí být suroviny pro jeho výrobu snadno dostupné a levné. Tuto podmínku nejlépe splňuje dřevo, které s minimálními náklady stále dorůstá. Navíc se hodí k výrobě všech druhů papíru.

Každý strom obsahuje 20 – 60 % vody. Po dvou letech klesá obsah vody o 10 – 20 %.

Dle druhu obsahuje dřevo:

- cca 50 % celulózy
- cca 25 % ligninu
- cca 20 % tuků, vosků, pryskyřic
- cca 1% proteinů
- 1% popele.

Lignin, tuky, vosky, pryskyřice = INKRUSTAČNÍ LÁTKY = jsou látky, které způsobují křehkost a tmavnutí papíru, proto se musí z papíru odstranit.

VLÁKNINA = vláknité materiály získané mechanickými nebo chemickými, případně kombinovanými technologiemi z vláknitých surovin – vláknovin. Nejvýznamnějšími průmyslovými vlákninami pro výrobu papíru jsou buničina a dřevovina, získané ze dřeva.

PAPÍROVINA = definitivní směs v nátoku papírenského stroje nebo v kádi při ručním čerpání papíru = suspenze vláknin ve vodě, upravená mletím a s přídavkem plnidel, klíždidel, barviv a dalších speciálních prostředků.

Základní vlákniny pro výrobu papíru - kartónu - lepenky

Důležitou vlákninou při průmyslové výrobě papíru je buničina, která historicky nahradila hadrovinu, používanou při výrobě ručního papíru.

BUNIČINA se vyrábí delignifikací (vyplavováním ligninu z odkorněného dřeva), působením chemikálií za horka a tlaku. Z původních asi 30% ligninu v dřevní hmotě zůstává po delignifikaci 1,5 – 7% a z původních asi 20 % hemicelulóz 3 – 6%.

Vláknina buničiny jsou pevná a ohebná

DŘEVOVINA se vyrábí mechanicky, obrousováním odzrněného dřeva na brusných kamenech s drsným povrchem. Dřevovina se skládá z jemných třísek (shluků vláken), které mají stejné složení jako původní dřevo. Vláknina jsou tuhá, málo roztřepená, nedají se dále rozvláknovat mletím, a proto se na rozdíl od vláken buničiny nespustují. Díky vysokému obsahu ligninu má dřevovina velký sklon ke žloutnutí a křehnutí vlivem slunečního záření. Výhodou je vysoká výtěžnost dřeva 90 – 95% a nízký vliv vlhkosti na rozměry vláken. Této vlastnosti se využívá při výrobě rovných knihařských a paspartérských lepenek (tzv. bílých lepenek).

HADROVINA se vyrábí z lněných výčesků, krátkých vláken bavlny (lintrů), z hadrů. Je to nejdražší a nejkvalitnější vláknina, která se užívá k výrobě speciálních druhů papíru.

SEKUNDÁRNÍ VLÁKNINY = RECYKLOVANÉ VLÁKNINY se získávají regenerací starého použitého papíru. Tříděný sběrový papír, se rozvláknuje se záměrem zachování délky vláken. Odstraňují se nevláknité nečistoty a barviva. Tiskařská čern, která má největší podíl na šedém zbarvení, se zesvětluje technologií „deinking“. Tato technologie je založena na principu flotace – suspenzí procházejí mikrobublinky vzduchu, na jejichž povrchu ulpívají částičky barviva, s níž vyplouvají na hladinu. Recyklované vlákniny bývají 100% náhradou primárních surovin např. při výrobě šedých lepenek a balicích papírů. Z tříděných bílých bezdřevých sběrových papírů lze vyrábět i psací a tiskové papíry.

Vlákninové složení papíru

CELULOZA = $(C_6H_{10}O_5)_n$ = vysokomolekulární polysacharid, který se vyskytuje v rostlinách. Celulóza patří nejrozšířenějším látkám v přírodě.

LIGNIN = vysoce rozvětvený prostorový fenolický polymer, základní součást dřevní tkáně dřevoviny. Ukládáním do mezibuněčných prostorů rostlinných buněk způsobuje jejich dřevnatění. Zralému dřevu dodává tuhost. Je to látka, která negativně ovlivňuje vlastnosti papíru (křehnutí, žloutnutí), proto je nutné ji odstranit nebo alespoň snížit její množství v buničině.

HEMICELULOZY jsou dřevní polysacharidy, které při mletí vytvářejí koloidní sliz. Tento sliz po zaschnutí tmelí fibrilovaná vlákna mezi sebou a zvyšuje tak pevnost papíru. Hemicelulózy jsou látky, které je nutné v buničině zachovat.

Výroba papíru na papírenském stroji

Papír se vyrábí z nejrůznějších surovin, tzv. vláknovin (zejména ze dřeva), jejichž podstatou jsou vlákna tvořená celulózou. Dřevo se zpracovává mechanicky nebo chemicky na vlákninu, která se dále upravuje mletím, plněním, klížením, barvením na papírovinu. Papírovina se zpracovává na papír na různých typech papírenských strojů. Na strojích s podélným sítem se vyrábějí papíry a kartóny; na strojích s válcovými síty se vyrábějí lepenky.

Papírenský stroj s podélným sítem

1) Mokrý část

Sítová část – je tvořena nekonečným pohyblivým sítem, na jehož začátku je „nátoková skříň“. Natékající papírovina (s obsahem 99% vody) vytváří na síti zpočátku lesklou vrstvu tzv. zrcadlo, která úbytkem vody (na cca 90%) postupně zmatní. Na síti se vytváří struktura papírového listu. Vlákna se uspořádávají především podélně a to směrem běhu papírenského síta tzv. směrem podélným neboli směrem výroby. (viz Vlastnosti papíru – směr papíru)

Listová část - odstraňuje další vodu mezi válci a nekonečným textilním pásem, tzv. plstěncem (zůstatkem je cca 70%). Po lisování je papír již natolik pevný, že jej lze bez podložení zavést mezi sušící válce.

2) Suchá část

Soustava vyhřívaných sušících válců (snižujících obsah vody v papírovém pásu na 3 – 8%). Je zakončena navíjecím válcem, kterému někdy předchází hladící stolice.

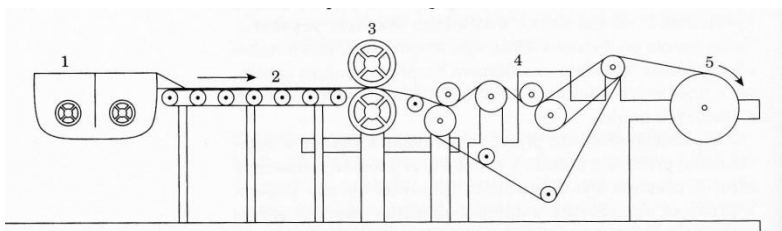
Papírenský stroj s válcovým sítem

Sítová část je tvořena jedním bubnovým sítem, které je ponořeno do vany a při otáčení na svém povrchu vytváří vrstvičku papíroviny, tzv. elementární vrstvu. Tato vrstvička je snímána plstěncem a přenášena a navinována na formátovací válec. Po dosažení požadované tloušťky, odsekne příčná lišta vrstvený arch, který se dále lisuje a suší. Tímto způsobem se vyrábějí silné, tzv. ruční lepenky.

Papírenský stroj s více válcovými síty

Sítová část je tvořena řadou válcových sít, ze kterých se postupně snímají elementární vrstvy papíroviny (asi 100 g/m²), které se ukládají na nekonečný plstěncem. Po dosažení potřebné tloušťky následuje lisování a sušení. Výroba probíhá kontinuálně.

- 1 – nádrž na papírovinu
- 2 – odvodňovací síto
- 3 – odvodňovací lis
- 4 – vysoušecí válce
- 5 – role hotového papíru



Obr. Schéma moderního papírenského stroje