

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

VLIV PROVOZNĚ-TECHNICKÝCH PARAMETRŮ NA PROCES
TVORBY ROUNA NA PAPIRENSKÉM STROJI

Kandidátská disertační práce

Vědecký aspirant: Ing. Jan Pfefferle
Školitel: Prof. Ing. Dr. techn. Radko Krčma, DrSc.
Pracoviště aspiranta: IRAPA - vývojový a racionalizační
ústav průmyslu papíru a celulózy
Praha, poloprovoz Štětí

Liberec, květen 1988

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146088271

Dovolují si tímto poděkovat svému školiteli
Prof. Ing. Dr. techn. R. Krčmovi, DrSc. za odborné ve-
dení při přípravě a zpracování této práce.

Dále děkuji M. Fetrové za pečlivé provedení
laboratorních rozborů a V. Soukupové za přepis ru-
kopisu.

Autor

OBSAH

	Str.
1. ÚVOD	1
2. FORMULACE PROBLÉMU	4
3. TEORETICKÁ ČÁST	6
3.1. Problematika procesu naplavování	6
3.2. Suroviny pro netkané textilie a speciální papíry vyráběné naplavováním	9
3.2.1. Požadavky na vlákenné suroviny	9
3.2.2. Vlákná pro naplavovací proces	12
3.2.3. Krácení vláken pro naplavovací proces	25
3.2.4. Pojiva	25
3.3. Strojní zařízení pro výrobu netkaných textilií a speciálních papírů naplavováním	29
3.3.1. Zařízení přípravy látky	29
3.3.2. Stroje na vytváření roun naplavováním	30
3.3.3. Zařízení pro oběh vody	35
3.3.4. Utváření rouna	36
3.3.5. Zařízení pro úpravu rouna	39
3.4. Výkon zařízení na tvorbu rouna naplavováním	39
3.5. Použití roun vyráběných papírenskou technologií	43
3.5.1. Filtrační materiály	43
3.5.2. Zkušební metody pro zkoušení filtračních materiálů	47

	Str.
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	54
4.1. Strojní zařízení	54
4.2. Provozní podmínky tvorby listu na papírenském stroji se šikmým sí- tem	63
4.3. Zvolené metody postupu prací	64
4.4. Provedení zkoušek	65
4.4.1. Použitá vlákenná zanáška	66
4.4.2. Rozbor délky vláken	70
4.4.3. Podmínky při realizaci zkoušek	72
4.4.4. Látková bilance	74
4.4.5. Vyhodnocení filtračních parametrů	82
4.4.6. Vyhodnocení podmínek v nátoku	83
4.4.7. Výpočet nastavení výtokového me- chanismu	111
4.4.8. Využití poznatků pro řízení proce- su	112
5. ZÁVĚR	117
5.1. Stručný souhrn výsledků	117
5.2. Přínosy pro praxi	118
5.3. Směry dalšího možného studia v problematicke	119
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	121
SEZNAM OBRÁZKŮ	124
SEZNAM TABULEK	127
LITERATURA	128
PŘÍLOHA	136

1. ÚVOD

Mezi nejprogresivnější metody výroby netkaných textilií patří papírenský postup. Není jednotný názor na přesnou definici procesu, který svým charakterem zasahuje jak do oboru papírenského, tak do textilního.

Podle definice EDANA je "mokrý proces" odvozen z výroby papíru a spočívá v dispergaci vláken ve vodě, uložení disperze na pohybující se síto a odstranění vody, čímž vznikne plošný vláknenný útvar (1). Postup se liší od běžné výroby papíru tím, že zředění jsou mnohem vyšší a obecně se používají mnohem delší vlákna.

Staré papírenské umění výroby papíru z dlouhých vláken získaných z travin je možné považovat za první výrobu netkaných textilií papírenským postupem (2).

Strojní zařízení vhodné pro odvodnění disperze dlouhých vláken bylo patentováno již v roce 1846 (3). Toto zařízení je schematicky znázorněno na obr.č.3. Myšlenka našla praktického využití až ve 2. polovině 20. století současně s rozvojem výroby chemických vláken a netkaných textilií.

Charakteristickou vlastností tohoto výrobního postupu je vysoká výrobnost a možnost zpracování různých vláknenných surovin. Nevýhodou jsou nižší pevnosti výrobků a vysoké investiční náklady na výrobní zařízení. Největší stroje tohoto typu dosahují při zpracování snadno odvodnitelných vláknenných disperzí (hrubá skleněná vlákna) výkonu až 100 t/24 hodin (4), (6).

V roce 1987 z 202 nejvýznamnějších firem vyrábějících netkané textilie (bez RVHP) 36 uvádělo jako používaný mokrý způsob výroby (5). Počet papírenských strojů pro výrobu netkaných textilií je několikanásobně vyšší, neboť některé firmy mají instalováno více strojů (7), (8), (9). Ve statistikách oboru netkaných textilií se neobjevuje řada strojů vyrábějících filtrační papíry pro filtraci průmyslových medií. Tyto výrobky jsou svým charakterem bližší spíše tradičnímu papíru, ale pro jejich výrobu se používají suroviny charakteru textilního ponejvíce ve směsích buničinnými vlákny nebo speciálními vlákny zpracovatelnými pouze touto technologií. Některé speciální výrobky vyrobené mokrou cestou se používají při vysoce náročných aplikacích ve vojenské, raketové a kosmické technice (10).

Rovněž v zemích RVHP je této technologii věnována zvýšená pozornost. V posledních letech bylo instalováno několik strojů tohoto typu v SSSR, NDR a RSR. V ČSSR byl v roce 1986 vybudován prototyp poloprovodního papírenského stroje se šikmým sítem v poloprovoze IRAPA ve Štětí.

V roce 1988 bude uveden do provozu provozní papírenský stroj se šikmým sítem v SEPAP, závod 02 Bělá pod Bezdězem na výrobu filtračních papírů. Očekává se, že převedením výroby filtračních papírů na tato kvalitativně nová zařízení se zvýší úroveň filtrace vzduchu, paliv a olejů v motorových jednotkách v ČSSR. Úspory vyčíslené na úrovni SPK činí 35 mil. dev. Kčs pouze v hladině úspor dovozu aditiv pro výrobu motorových olejů. Další nepřímé úspory se předpokládají z prodloužení životnosti motorů.

Disertační práce pro externí aspiranturu byla vypracována v odboru inovačního výzkumu Vývojového a racionalizačního ústavu průmyslu papíru a celulózy - IRAPA, pracoviště Vývojový poloprovod štětí.

Hlavní náplní činnosti pracoviště IRAPA ve Štětí je výrobní výzkum speciálních technických papírů. Pro výrobu těchto papírů se používají netradiční suroviny a technologické postupy (z hlediska papírenského). V mnoha případech nabývají zejména technické filtrační papíry podle tradičního členění charakteru netkaných textilií nebo se jim velmi přibližují. Používané strojní zařízení se odlišuje od běžných papírenských strojů.

Problematika převodu výroby filtračních materiálů na papírenský stroj se šikmým sítem se řeší pracovišti IRAPA ve Štětí v rámci úkolu RVT H 58 322 I 04 "Vývoj technologie výroby papírů s netradičními vlákny" a v letech 1981 - 1985 v tematicky předcházejícím úkolu RVT K 58 322 I 04 "Papíry s přídavkem necelulózových vláken" (11).

Předkládaná disertační práce vznikla jako součást řešení těchto výzkumných úkolů.

2. FORMULACE PROBLÉMU

Prototyp papírenského stroje se šikmým sítem vybudovaný v poloprovoze IRAPA ve Štětí byl zkonstruován, vyprojektován a vyroben v n.p. PAPCEL Litovel, regulační technikou vybeven dle projektu CHEMOPROJEKTU Praha. Technologické a konstrukční podklady byly vypracovány v IRAPA - poloprovozu Štětí. Toto zařízení, první tohoto druhu v ČSSR bylo uvedeno do zkušebního provozu 15.3.1986.

Po překonání počátečních nedostatků prototypu a doplnění další regulační technikou byly postupně provedeny zkoušky výroby různých druhů filtračních papírů. Výsledky zkoušek splnily očekávání pouze částečně. Byly sice dosaženy v porovnání s papírenským strojem s podélným sítem příznivější filtrační parametry a bylo dosaženo lepšího průhledu papírů, ale vyskytovaly se neočekávané provozní potíže. Část problémů spojené s vysokým výskytem nečistot, shluků a usazenin byla řešena dovybavením stroje třídícím zařízením. Druhá část problémů byla zřejmě technologického charakteru. Parametry dosažené při jedné výrobě, byly později těžko reprodukovatelné. Obsluha stroje ovládala regulační prvky dle individuální experimentální praxe. Vybavení stroje moderní regulační technikou umožňuje široké rozmezí regulace jednotlivých veličin s možností snadného přechodu do nevýhodné pracovní oblasti. Počet regulačních prvků převyšuje obvyklé množství na klasickém papírenském stroji srovnatelného výkonu.

Cílem práce je objasnit, které regulovatelné vstupní podmínky rozhodující měrou mohou ovlivnit tvorbu listu a tím výslednou kvalitu filtračních papírů. Dále pak vytipovat podmínky, jejichž snadnou regulací bude možné řídit technologický proces řídicím počítačovým systémem. Systém instalovaný na papírenském stroji s podélným sítem (s nímž má šikmé síto společnou sušící partii) založený na principu ovládání rychlosti běhu stroje při konstantním přítoku látky v závislosti na měřené plošné hmotnosti papíru se ukázal jako nevhodný pro šikmé síto.

Na základě získaných poznatků navrhnout úpravu zařízení s cílem umožnit převedení celého sortimentu výroby filtračních papírů z papírenského stroje s podélným sítem na nový papírenský stroj se šikmým sítem.

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1. Problematika procesu naplavování

Společné výrobní schema-dispergace vláken ve vodě, doprava suspenze na pohyblivé nekonečné síto, kontinuální tvorba plošného vláknitého útvaru na síti filtrací a sušení vytvořeného pásu materiálu vymezuje společné znaky pro výrobu papíru a netkaných textilií na papírenském stroji. V praxi je možné se setkat s názvoslovnou nejednotností. Charakterem netkané typické textilie jsou obchodně označovány jako papír, ev. speciální papír, naproti tomu mnohé upravené papíry jsou nazývány rouny nebo netkanými textiliemi. Někdy jsou tyto zvláštnosti dány celními předpisy pro vývoz a dovoz zboží, kde je důležitá definice. Všeobecně se autoři (1), (12), (14), (20), (21) shodují, že výrobek vyrobený na papírenském stroji s obsahem textilních vláken je možné považovat za netkanou textilií.

Použití dlouhých textilních vláken vyžaduje na všech stupních výrobního pochodu při výrobě papíru učinit zvláštní opatření, která se odlišují od obvyklých papírenských metod. Nejdůležitější je poznatek, že k rovnoměrné dispergaci dlouhých vláken ve vodě jsou nutná vysoká zředění. Výsledkem celé řady úprav je zvláštní stroj odlišující se zásadně od běžného papírenského zařízení, na kterém je možné vyrábět netkané textilie a speciální papíry, ale téměř nemožné vyrábět běžné papíry.(12)

Technické filtrační papíry jsou zvláštní skupinou výrobků, kde jsou používány směsi přírodních bu-

ničinových, textilních a speciálních vláken (např. skleněných mikrovláken aj.) . Ve většině případů jsou vyrobitelné i na klasickém papírenském stroji s podélným sítem, avšak z hlediska kvalitativních parametrů je výhodnější jejich výroba na speciálním zařízení - papírenském stroji se šikmým sítem. Relativně dlouhá vlákna zušlechtěných buničin a bavlněných lintersů s malým stupněm opracování (fibrilace, mletí) mají výraznou tendenci ke shlukování a tvorbě listu s nerovnoměrným průhledem. Pro zrovnoměrnění je nutné především použít vysokého ředění v nátku, což umožňují právě stroje se šikmým sítem. Zrovnoměrnění struktury je výhodné z hlediska celkové kvality filtračního materiálu (13), (48).

Vedle četných ekonomických úvah a článků, které se zabývají všeobecně výrobou netkaných textilií papírenskou technologií (14), (15), (16), (1), (31) vyskytují se v literatuře pojednání věnující se vlákninám a pojivům (17), (18), (19), (27), (49) a jejich vlivu na vlastnosti netkaných textilií a speciálních papírů vyrobených mokrým způsobem.

Poměrně málo literárních pramenů se zabývá hlouběji technologickými problémy této technologie. Jedná se především o pohled z hlediska strojního zařízení určité firmy (12), (20).

V roce 1972 byla uveřejněna práce (22) informující o pracích na novém zkušebním zařízení firmy BRUDERHAUS. Jedná se o papírenský stroj se šikmým sítem šíře 500 mm. Zabývá se studiem vlivu vstupních podmínek v mokré části na orientaci vláken v rounu a jakost vyrobeného produktu. Bylo zde pracováno

s dvousložkovou zanáškou sulfátové buničiny a PAD střiže 10 mm/1,6 dtex ve složení 50/50. Pro sledování stupně orientace bylo do roun přidáváno 0,1 % černě zbarvených PAD vláken. Výsledkem je, že lze měnit stupeň orientace vláken a vyrobit rouna jak s isotropní, tak i s výraznou podélnou orientací. Ovlivňování tohoto procesu je možné řízením rozdílů rychlosti běhu síta a rychlosti proudu vlákněné suspenze. Práce byla presentována a zveřejněna též v (23).

V knižní odborné literatuře je problematice výroby netkaných textilií vyráběných papírenskou technologií věnováno několik obsáhlých pasáží (2), (24), (25), (26).

Rozsáhlá je literatura zabývající se použitím výrobků - netkaných textilií vyrobených mokrou cestou. Použití pro zdravotnické účely z hlediska technicko-ekonomického je diskutováno v (28), (29) (30) aj.

Méně často se v literatuře objevují prameny z oblasti technologických úvah a empiricky zjištěných údajů o způsobech výroby filtračních materiálů. Tuto skutečnost je možné vysvětlit snahou o udržení technologického předstihu před konkurenčními firmami.

O této problematice je částečně pojednáno v (32), (33). Nové progresivní řešení výroby dvoustupňové filtrace uvádí (34). Je možné předpokládat, že je možné tyto nové druhy filtračních papírů vyrábět na papírenském stroji se šikmým sítem s dvouvrstvým nátokem.

3.2. Suroviny pro netkané textilie a speciální papíry vyráběné naplavováním

3.2.1. Požadavky na vlákenné suroviny

Možnost použití určité druhu a formy vláken pro papírenský způsob zpracování záleží na schopnosti dispergace ve vodním mediu t.j. vlákna při dispergování musí být schopna se rozptýlit na jednotlivá vlákna a při transportu k tváření rouna mají zůstat v suspenzi stejnoměrně rozptýlena. Vlákna, která nevyhovují tomuto požadavku dávají rouno s nehomogenní a porušenou strukturou listu.

Dispergování vláken je v podstatě ovlivněno těmito faktory : (24)

- štíhlostním poměrem (délka/jemnost vlákna)
- tuhostí vláken ve vodě
- stupněm zkadeření
- schopností smáčení vodou
- kvalitou stříhu vláken
- elektrickým nábojem povrchu vláken
- viskozitou prostředí
- intenzitou pohybu vláken

Štíhlostní poměr vlákna definuje (24) jako

$$L/D = \frac{100 \cdot L}{\sqrt{T_t}} \quad \begin{array}{l} \text{kde } L \dots \text{délka vlákna v} \\ \text{mm} \\ T_t \dots \text{jemnost vlákna} \\ \text{v dtex} \end{array}$$

Se zvětšující se hodnotou L/D se vlastnosti při dispergování zhoršují. Hodnotu L/D udávají někteří výrobci vláken pro charakterizaci svých výrobků (35). Další vlastností vláken působící na dispergaci je tuhost vláken ve vodě (tzv. mokrý modul), čím jsou vlákna neohebnější tím snadněji se převádějí do vodní disperze. Zkadeření působí vesměs negativně na dispergaci, ale i při určitém stupni zkadeření je možné vlákna s úspěchem rozplavovat ve vodném prostředí (36).

Zkušenost, že vlákna s dobrou smáčivostí se také dobře dispergují ve vodě vedla k tomu, že výrobci speciálních vláken pro papírenské zpracování opatřují povrch hydrofobních syntetických vláken avivážními látkami usnadňujícími smáčení. Jsou známy též způsoby nanášení povlaku hydrofilních látek na povrch syntetických vláken (37), (38).

Špatně nařezaná vlákna mohou obsahovat vlákno, které svou délkou přesahuje ostatní vlákna i několiknásobně. Již obsah velmi malého množství delších vláken způsobuje obvykle smotky a uzlíky v suspenzi. Zatavené konce syntetických vláken vzniklé při špatném řezání způsobují neschopnost dispergace a vodná disperze obsahuje tzv. snopky vláken.

Mezi mechanické faktory působící na dispergaci vláken patří intenzita pohybu vláken. Když na sebe narazí dvě vlákna, vzájemně se integrují a provádějí řadu rotačních pohybů jako dvojice, než se opět oddělí. Zvýšená pružnost vláken přispívá ke snadnému splétání. Jestliže koncentrace vláken vzroste, lze pozorovat shluky vláken, které nárazy získávají další vlákna, zvětšují se. Je tedy možné předpokládat,

že existuje určitá kritická koncentrace, nad kterou vlákna nemohou neomezeně rotovat, jelikož nemají dostatečný prostor ve kterém by se mohly pohybovat. O stanovení kritické koncentrace se předpokládá, že je statistickým průměrem prostoru, vymezeného rotujícím vláknem, přibližně koulí jejíž průměr se rovná délce částice, jestliže vlákna mají volnost k rotaci v kulových dráhách. Objem vody, potřebný k poskytnutí vzájemně si nepřekázejících drah je roven součtu objemů orbitálních koulí (2).

Kombinací různých faktorů působících na dispergaci se zabývá práce uveřejněná v (51). Zde byl uveden výraz pro stanovení minimální koncentrace, kdy vlákna počínají navzájem vytvářet v suspenzi síťovou strukturu.

$$C_W = 1,9 \frac{T_d}{L^2}$$

kde C_W minimální koncentrace v %

T_d jemnost vláken v jednotkách denier

L délka vláken v mm

Z těchto důvodů je dáno omezení pro délku zpracovávaných vláken papírenskou technologií do cca 30-35 mm (20). Tato relativně dlouhá vlákna však představují pro výrobce textilních vláken již skupinu velmi krátkých stříhů. Proto jsou pro naplavovací proces speciálně vyráběna vlákna s krátkými nebo velmi krátkými stříhy, opatřena většinou úpravami povrchové smáčivosti (35).

3.2.2. Vlákna pro naplavovací proces

Z přírodních vláken se nejčastěji používá buničina. Tato tradiční surovina pro výrobu papíru se získává chemickým rozkladem dřeva i stonků jednoletých rostlin. Základní složkou vlákna je celuloza. Vedle toho obsahují papírenské buničiny podíly ligninu, hemicelulózy a pryskyřic. Tzv. zušlechtěné buničiny jsou téměř bez těchto průvodních látek. Ve svých vlastnostech se blíží bavlně. Papírenské buničiny obsahují cca 80 - 90 % celulozy, zušlechtěné více než 90 %.

Běžně používané buničiny jsou ponejvíce buničiny z jehličnatého nebo listnatého dřeva. Oba druhy se odlišují ve tvaru a rozměrech vláken. Zušlechtěné buničiny a běžné papírenské buničiny se mohou bez problémů dispergovat a jako suspenze transportovat. Většinou se pouze rozvlákňují, ale také velmi lehce melou (krátí a fibrilují) na běžných papírenských zařízeních pro dosažení specifických vlastností výrobku.

Buničiny jsou zpravidla zpracovány jako směsný komponent s jinými vlákennými materiály. Jejich podíl ve směsi může činit až 50 %. Buničina přitom plní velmi rozdílné úlohy (24):

- jako levný vlákenný materiál
- jako pojivá vlákna pro docílení předběžné vazby za mokra zpevnění suchého pásu pro následné operace zpevnování
- jako nosič částic pojiva, které je vázáno na povrch vláken
- ke zlepšení nasáklivosti a opacity některých druhů netkaných textilií

Další druhy buničiny, které mají význam v této technologii jsou buničiny vyráběné z manilského konopí, sisalu a bavlněného lintru. Pro speciální účely se používá buničiny z trávy esparto. Tyto druhy buničin mají větší délku vláken, což je výhodné pro filtrační materiály. Některá tato vlákna se vyznačují kruhovým průřezem a určitou hydrofobností. Z přírodních živočišných vláken mají význam vlákna kolagenová, získaná z odpadů kůží suchým uvolňováním. Ve směsi s dalšími komponenty jsou používána pro výrobu umělých kůží.

Další vlákna pro výrobu netkaných textilií jsou vlákna z regenerované celulózy. Viskozová vlákna jsou vhodná v rozsahu délek 3 - 25 mm o jemnosti 1,2 - 20 dtex. Výrobci dodávají pro tuto technologii speciální viskozová vlákna, neboť klasické střiže bavlnářského i vlnářského typu jsou pro přílišnou délku a obloučkování omezeně použitelná.

Při výrobě filtračních materiálů jsou používána viskozová vlákna bavlnářského typu pro směsování s buničinami za podmínky podstatného zkrácení mletím v papírenském holandru na délku 2 - 4 mm. Tato technologicky i energeticky náročná operace byla používána v ČSSR pro obtížnou dostupnost speciálních krátkých viskozových vláken (31).

Pro výrobu netkaných textilií naplavováním je výhodné využití některých z obecně textilního hlediska negativních vlastností vláken z regenerované celulózy. Například štěpitelnost polynosických stři-

ží se může s výhodou využít profibrilaci těchto vláken při procesu mletí na holandru pro výrobu filtračních materiálů (36). Rozštěpení vláken do jemných fibril významně zvyšuje filtrační schopnost plošného vláknitého útvaru. Rovněž negativní vlastnost vláken z derivátů celulózy - vysoká bobtnavost nepříznivě ovlivňuje použitelnost těchto vláken v textilních technologiích je z hlediska výroby netkaných textilií mokrým způsobem výhodná. Tato vlákna se dobře dispergují a po vysušení vykazují určitou samopojivost, tvoří rouno o dostatečné pevnosti bez přídavku pojiv. Vývoj z tohoto hlediska perspektivních vláken z hydroxycelulózy byl v ČSSR zastaven, neboť omezené použití pro výrobu filtračních roun nenaplňovalo ekonomickou vláknařskou kapacitu (39).

Z vláken patřících do skupiny syntetických jsou především používána polyesterová a polyamidová vlákna, zatímco polypropylenová a kopolymerní vlákna slouží k docílení pojení teplem a tlakem. Pro pojení slouží též vlákna polyvinylalkoholová.

Z anorganických vláken přírodního původu se používají asbestová vlákna. Některé druhy asbestu obsahují velmi dlouhá vlákna, která je možno fibrilovat mletím ve vodném prostředí. Asbestová vlákna se přidávají k regulaci vlastností filtračních materiálů pro svou jemnost fibril (menší než $0,1 \mu\text{m}$). V poslední době se asbestová vlákna nahrazují skleněnými pro svou zjištěnou karcinogenitu (40).

Mezi nejdůležitější vlákenné suroviny pro technologii naplavování patří chemická vlákna anorganického původu, především ze sloučenin křemíku. Patří mezi ně vlákna skleněná, křemenná, safírová, keramická, čedičová, strusková (19), (41). Dále ve speciálních případech se používají vlákna uhlíková a kovová (2), (24).

Skleněná vlákna představují zvláštní skupinu sklářských výrobků, charakteristických válcovým tvarem a velkou délkou v poměru k průměru, vysokým specifickým povrchem, vysokou pevností a ohebností. Skleněná vlákna jsou rozdělována systematicky podle jemnosti, chemického složení a způsobu výroby.

Podle průměru lze skleněná vlákna používaná v mnoha průmyslových odvětvích rozdělit na (42):

- tlustá	o průměru	> 20 μm
- středně tlustá		20 - 13 μm
- jemná		13 - 4 μm
- velmi jemná		4 - 2 μm
- mikronová		2 - 1 μm
- submikronová		1 - 0,1 μm
- ultramikronová		< 0,1 μm

Nejdůležitější vlastností skleněných vláken, která je sledována pro papírenský způsob zpracování je jemnost vláken, charakterizovaná vzhledem ke kruhovému průřezu průměrem vlákna. Charakterizací průměrem vlákna používají nejvýznamnější výrobci těchto vláken ve světě. Pro možnost výroby těchto vláken s průměrem menším než 1 μm jsou tato vlákna používána především pro výrobu filtračních materiálů.

Přehled vláken vyráběných nejvýznamnějšími světovými výrobci pro papírenské zpracování udává tabulka č. 1 (43), (44).

Tabulka č. 1 Přehled vláken vyráběných pro papírenské zpracování

Bekaert S.A Bekaertstaasat Zweregem, Belgie

Vláčno	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [µm]	Délka [mm]	Použití
Oc	101	Bekinox	2; 22	6; 8; 12	Technické vysoce náročné účely, izolace

Celanese Industrial Fibers, New York USA

Vláčno	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
PES	D-243	Fortrel	1,7	6,3 ; 12,7	Netkané textilie pro zdravotnictví a průmysl
PVC/PAC	S-6	Celanese Vinyon	3,4	6,3	Netkané textilie, těsnící papíry, filtrační materiály
PVC/PAC	S-8	Celanese Vinyon	3,4	12,7	

Chisso Corporation, Osaka Japonsko

Vláčno	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Teplota tání [°C]	Použití
POP/POE	EA-7	ES Fiber	3,4	3-12	95	Netkané textilie, kalendrované výrobky
POP/POE	EA	ES Fiber	2,3	3-12	110	Netkané textilie, kalendrované výrobky
POP/POE	ES-L	ES Fiber	2,3	3-12	125	Pleny, sanitární zboží

Pokračování tabulky č. 1

Pokračování: Chisso Corporation, Osaka Japonsko

Vláčno	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Teplota [°C] tání	Použití
POP/POE	ES	ES Fiber	1,0	3-12	130	Balící materiál, pov- lečení polistárů
POP/POE	EP	ES Fiber	3,4	3-12	135	Bateriové separátory
POP/POE	EA-M	ES Fiber	4,6	3-12	110	Technické papíry
POP/POE	EHS	ES Fiber	1,7	3-12	130	Krycí materiály
POP/POE	ES-HB	ES Fiber	3,4	3-12	130	Pleny pro jednorázové použití
POP/POE	ES-G	ES Fiber	3,4	3-12	130	Odolné materiály vůči ohni
POP/POE	ES-DD	ES Fiber	6,8	3-12	130	Balící materiály
POP/POE	ES-HUV	ES Fiber	2,3	3-12	130	Lisované netkané tex- tilie
POP/POE	ES-V	ES Fiber	1,0	3-12	130	Medicínální použití
POP/POE	ES-C	ES Fiber	1,0	3-12	130	Filtrační materiály
POP/POE	EAC	ES Fiber	2,3	3-12	110	Filtrační materiály

- 17 -

Color - Fi, Sumter USA

Vláčno	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
POE			2,3 - 45	6,3	Netkané textilie
PES			3 - 45	6,3 - 15	Vysoká odolnost proti UV záření

Pokračování tabulky č. 1

Danaklon A/S, Varde Dánsko

Vlákn	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
POP/POE	EA	Danaklon	1,9-2,5	6; 12; 18	Vysoce pevné papíry Tissue
PES	XPE	Danaklon	1,9-3,8	6; 12; 18	Obvazový materiál, filtrace

Du Pont de Nemours, Wilmington USA

Vlákn	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
PAD	P-105	Du Pont Nylon	6,6	12,7 ; 19	Netkané textilie
PAD	450	Nomex	2,2	6, 2	Elektrické izolační papíry s vys. tep. odol.
PAD	Pulp	Kevlar	2,5	fibrídy	Elektrické izolační papíry s vys. tep. odol.
PES	157 NSD	Dacron	1,7	6	Bateriové separátory
PES	257	Dacron	1,7	6; 12	Netkané textilie, filtry
PES	257	Dacron	6,7	6; 25	Netkané textilie, Filtry

Ems - Grilon SA, Domat/Ems Švýcarsko

Vlákn	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Teplota °C tání	Použití
PES	K-170	Grilene	5,5	6	165-175	Pojení netkaných textilií kalandrováním

Pokračování tabulky č. 1

Pokračování: Ems - Grilon SA, Domat/Ems Švýcarsko

Vlákn	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [d tex]	Délka [mm]	Teplota [°C] tání	Použití
PES	K-150	Grilen	5,5	6	165-175	Pojení netkaných textilií calan- druváním Netkané textilie
PES		Grilene	1,7 ; 3,3	6; 12; 18		
PES	K-150 PE	Grilene	5,5	6	145-155	Pojící vlákna
PES	K-170 PE	Grilene	5,5	6	165-175	Pojící vlákna

Evanite Glass Fiber, Corvalis USA

Vlákn	Typ	Obch.ozn.	Průměr [μm]	Použití
SK	504	Evanite	0,7	Pro netkané textilie,
SK	506	Evanite	0,8	pro filtraci, bater-
SK	508	Evanite	0,9	riové separátory,
SK	509	Evanite	1,5	náhrada azbestu
SK	510	Evanite	2,4	
SK	512	Evanite	3,9	
SK	514	Evanite	5,3	
SK	516	Evanite	6,3	
SK	517	Evanite	7,3	
SK	519	Evanite	9,8	

Pokračování tabulky č. 1

Pokračování: Evanite Glass Fiber, Corvalis USA

SK	523	Evanite	10,3
SK	606	Evanite	0,9
SK	610	Evanite	2,8
SK	612	Evanite	4,2
SK	4100	Evanite	3,5
SK	5600	Evanite	5,0

Faserwerk Bottrop, Bottrop, NSR

Vlákna	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
POP	Olefin	Vegon	1; 1,7; 2,2; 2,8; 3,3	6	Netkané textilie, filtrační materiály

Hercules, Norcross USA

Vlákno	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
POP	153		2,5; 3,4	5; 10	Netkané textilie

Hoechst Celanese, New York USA

Vlákna	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
PES	101	Trevira	1,7; 3,4; 6; 17	6,3; 12;7, 19; 25; 37	Netkané textilie

Pokračování tabulky č. 1
Jeijin, Osaka Japonsko

Vlákn	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [μ m]	Délka [mm]	Použití
PAD	T 320	Technora HM-50	12	1; 3; 6; 12	Vysocenáróčné elektro izolační papíry s vy- sokou teplotní oddol- ností
PAD	T 340	Technora HM-50	fibrídy	fibrídy	

Kuraray, Oseka Japonsko

Vlákn	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Teplota +rozpust- nosti [°C]	Použití
PVA	VPB 103	Kuralon	1,3	3; 4; 5; 6		Netkané textilie pro jednorázové použití, Pojící vlákno, Filtrační materiály
PVA	VPB 102	Kuralon	1,3	3; 4; 5; 6		
PVA	VPB 101	Kuralon	1,3	3; 4; 5; 6	80	
PVA	VPB 105-1	Kuralon	1,3	3; 4; 5; 6	70	
PVA	VPB 105-2	Kuralon	1,3	3; 4; 5; 6	60	

Manville Corp., Denver USA

Vlákn	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [μ m]	Délka [mm]	Použití
SK	90	Tempstran 100S	0,26	Vata	

Pokračování tabulky č. 1
Pokračování: Manville Corp. Denver USA

SK	100	Tempstran 100S	0,29 - 0,32	Výroba filtračních materiálů a isolač- ních materiálů
SK	102	Tempstran 100S	0,33 - 0,38	
SK	104	Tempstran 100S	0,39 - 0,53	
SK	106	Tempstran 100S	0,54 - 0,68	
SK	108 A	Tempstran 100S	0,69 - 1,1	
SK	108 B	Tempstran 100S	1,1 - 1,8	
SK	110	Tempstran 100S	1,9 - 3,0	
SK	112	Tempstran 100S	3,0 - 5,0	
SK	CX	Tempstran 100S	5,5	
SK	206	Tempstran 200S	0,54 - 0,74	Bateriové separátory
SK	210	Tempstran 200S	2,5 - 4,0	Bateriové separátory

Minifibers, Johnson City USA

Vláčno	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [tex]	Délka [mm]	Použití
PES	Regular		1,7; 3,4	6,3; 19	Speciální papíry, Netkané textilie
PES	Regular		6,8	6,3; 12,7; 19	Pojící vlákna
Nord deutsche Faserwerke GmbH, Neumunster NSR					
Vláčno	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
PAD	N 000	Siks Perlton	1,7; 2,3; 5,6	6,3	Zpevnění papírů, filtrů

Pokračování tabulky č. 1

Steen & Co., Schwarzenbek NSR

Vlákn	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [dtex]	Délka [mm]	Použití
POP	Staple	Polysteen	1,7; 2,2; 2,8; 3,5; 6,7	1; 2,2; 6; 13; 24	Netkané textilie pro zdravotnictví
PES	Staple	Polysteen	2,8; 3,5; 6,7	1; 2,2; 6; 13; 24	Filtrační materiály
POP	Staple	Polysteen	6,7; 17	6; 13; 24	Technické použití

Trisola VEB, Steinech NDR

Vlákn	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [µm]	Použití
SK	U 40		0,39 - 0,59	Filtrační materiály, izolační materiály
SK	U 60		0,5 - 0,74	
SK	U 70		0,71-0,82	
SK	U 90		0,83- 1,04	
SK	U 100		1,05- 1,2	
SK	U 150		1,8 - 2,1	
SK	F		2,5 - 3,5	

Vertex n.p. Litomyšl ČSSR

Vlákn	Typ	Obch. ozn.	Jemnost [µm]	Použití
SK	M 0	Mitaver	0,24 - 0,33	Filtrační materiály, izolační materiály
SK	M 2	Mitaver	0,33 - 0,4	

Pokračování tabulky č. 1
Pokračování: Vertex n.p. Litomyšl ČSSR

Vlákn	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [μm]	Použití
SK	MF-4	Mitaver	0,4 - 0,52	Filtreační materiály, izolační materiály
SK	MF-6	Mitaver	0,52 - 0,73	
SK	MF-8	Mitaver	0,71 - 1,2	
SK	MF-30	Mitaver	2,2 - 3,5	

Wacker Chemie GmbH, München NSR

Vlákn	Typ	Obch.ozn.	Jemnost [d tex]	Délka [mm]	Teplota tání °C	Použití
PVC/PAC	Vinylchlorid	Wacker	3,3	6; 12,5	69-159	Netkané textilie, pojíací vlákna
	Vinylacetát	MP-faser				

3.2.3. Krácení vláken pro naplavovací proces

Technologie výroby roun naplavováním vyžaduje použití vláken v kratších řezech, než je obvyklé u textilních stříží.

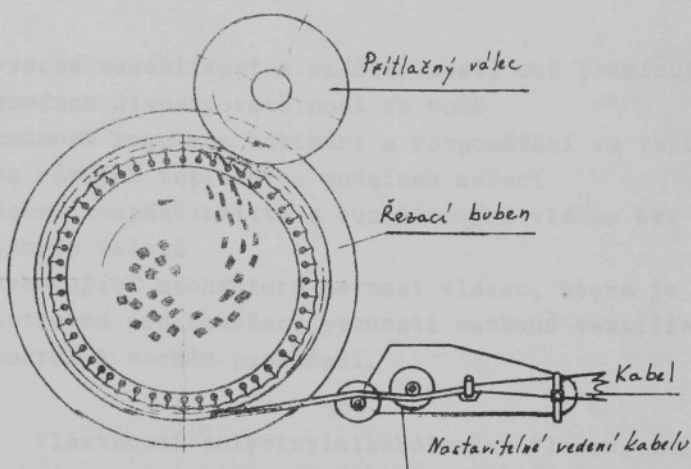
V případech výroby roun blížících se svými vlastnostmi papíru se používá papírenských metod krácení mletí ve vodném prostředí na holandrech (vlákna z regenerované celulózy). Rovněž vlákna skleněná, keramická, uhlíková se krátí při rozvolňování působením intenzivního proudu vody v odlehčených holandrech. Pro výrobu krátkých řezů chemických vláken byly vyvinuty speciální postupy. Tyto stroje pracují většinou na principu tzv. guillotiny, kde kabel je vlhčen aby se zabránilo zatavování a slepování řezaných konců vláken, což by působilo značné obtíže v procesu. Systém řezání firmy Eastman-Kodak (onožený buben, kterým je přitlačován kabel v místě řezání k válci) umožňuje řezání vláken do minimální délky 6 mm a umožňuje též řezání obloučkovanych vláken. Tento stroj pracuje s rychlostí až $200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a jemností kabelu 60 ktex. Schema na obr. č. 1. Někteří výrobci netkaných textilií papírenskou technologií nakupují kabely a řezání zařazují do procesu přípravy vlákenné suspenze (24).

3.2.4. Pojiva

K pojení roun vyráběných naplavováním se používají většinou pojivá vlákna a disperze plastických hmot.

V procesu se vyžadují dva druhy pojení

- předběžné, částečné pojení do hmoty, které propůjčí rounu dostatečnou pevnost, aby v suchém stavu mohlo být dále zpracováno.



Obr. 1 Schema zařízení pro řezání kabelu
system Eastmen - Kodak

- úplné pojení má za účel dodat rounu pevnostní vlastnosti, požadované při jeho použití (do hmoty nebo nanášení na předzpevněný pás rouna).

Pro předběžné pojení se často používá buničiny nemleté nebo velmi slabě mleté. Tuto vlákninu lze smísit se všemi vlákennými surovinami. Pro efekt zpevnění je nutné přidat 20 - 50 % buničiny z celkového množství vláken. Tím použitím zůstává omezeno na výrobky u nichž tento vysoký podíl je přijatelný (materiály pro jednorázové použití). Tyto materiály vykazují, pokud nejsou dostatečně upravovány dalšími pojivy malou pevnost za mokra.

Pro pojení roun a speciálních papírů vyráběných papírenskou technologií mají příznivé vlastnosti pojící polyvinylalkoholová vlákna (45). Je to zejména:

- vysoká nasáklivost a smáčitelnost, což podmiňuje snadnou dispergovatelnost ve vodě
- možnost regulace bobtnání a rozpouštění ve vodě za různých teplotních podmínek sušení
- dobrá kompatibilita s buničinovými vlákny bez tvorby shluků
- vyhovující mechanická pevnost vláken, která je potřebná pro dosažení pevnosti netkané textilie v mokřím i suchém prostředí.

Vlastnosti polyvinylalkoholových vláken, zejména rozpustnost ve vodě je možné při výrobě vlákna regulovat. Polyvinylalkohol je snadno rozpustný ve vodě, rovněž tak vlákna z něj vyráběná. Vlákna jsou za účelem snížení rozpustnosti tepelně zpracována a dloužena. Odolnost polyvinylalkoholových vláken vůči rozpouštění ve vroucí vodě může být dále zvýšena acetalizací. Acetalizovaná vlákna jsou potom zcela rezistentní vůči působení vody za studena i varu.

Jestliže je teplota vody, ve které je rozpustné polyvinylalkoholové vlákno postupně zvyšována, vlákna se při teplotách 60 - 95 °C rozpouští. Toto je vlastnost, která je využívána při pojení některých typů roun vyráběných naplavováním. Jestliže je okolo vlákna přítomno dostatečné množství vody, ztrácí vlákno úplně svůj tvar a vznikne vodný roztok polyvinylalkoholu. Když vodou zvlhčené vlákno je prudce zahřáto, stává se vysoce adhezivním (lepivým), začíná se rozpouštět. Při procesu sušení ubývá vody přítomné v okolí vlákna, vlákno se přestává rozpouštět. Při úplném vysušení zůstává v pevném spojení s ostatními vlákny přítomnými v rounu. Při tomto procesu je nutná dobrá regulace množství vstupující vody s vlákny do sušárny

a přesná regulace teplot. Prakticky se osvědčila regulace množství vody v rouně před vstupem do sušící partie max. 75 % (46).

Pro dosažení dobré pevnosti rouna se používá pří-
davku 1 - 10 % polyvinylalkoholových rozpustných vláken.

Příznivých vlastností roun je možné dosáhnout použitím termoplastických pojivých vláken. Podmínkou je zpracování za působení tepla a tlaku, čímž se zhoršují zejména vlastnosti charakterizující textilní vlastnosti (splývavost, omak).

Druhou skupinou pojiv pro mokrý proces jsou disperze plastických hmot. Jedná se ponejvíce o akryláty nebo pojiva na bázi butadienakrylonitrilu. Tyto disperze jsou přidávány do hmoty, t.j. k suspenzi vlákniny. Pro vyvolání adhezního účinku jsou vypracovány různé metody. Nejrozšířenější je kombinace se srážecími činidly. U této metody se nejdříve přidává k vláknenné suspenzi srážecí činidlo. Pro aniontové disperze plastických hmot je možné použít přípravky běžně používané v papírenském průmyslu pro zpevnění papíru za mokra, které jsou většinou kationaktivní. Vláknina, zejména celulózová, absorbuje tyto kationaktivní látky a při následném přidání anionaktivní disperze dochází k vysrážení na vláknech. Tato vlákna potom v procesu působí jako vlákna vazná. V patentové literatuře je popsáno více systémů založených na principu srážení disperzí na vláknech. Pro výrobu filtračních materiálů ze skleněných mäkrovláken má význam postup, kdy k mikrovláknům je přidávána disperze již ve fázi rozvolňování v holandru. Vzniklá vlákna s ulpívajícími částicemi pojiva je možné použít ke směsování se všemi ostatními druhy vláken (50).

3.3. Strojní zařízení pro výrobu netkaných textilií a speciálních papírů papírenskou technologií

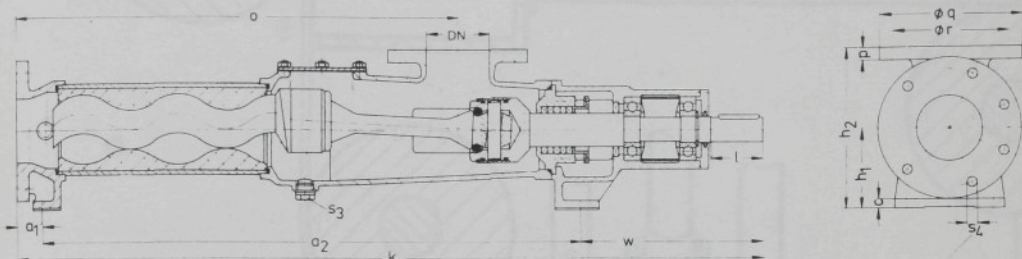
3.3.1. Zařízení přípravy látky

Přípravna patří mezi nejdůležitější části technologické linky. Zde je nutné rozvolnit vlákna ve vodě, z jednotlivých složek připravit směs, některé druhy vláken mechanicky opracovat a hotovou suspenzi dopravit bez shluků a smotků k nátku papírenského stroje. Správně volené agregáty pro zpracování dlouhých vláken pracují bez míst s intenzivní turbulencí. Rovněž ostré hrany a nerovnosti povrchu zařízení mohou přispívat ke tvorbě shluků (24).

K rozvlákňování vláken dodávaných v balících slouží obvykle běžné nebo upravené rozvlákňovače, holandry nebo se vlákna zanáší přímo do nádrží s intenzivním mícháním. Pro odstranění nebezpečí vzniku smotků vláken se používají v nejnutnější míře regulační škrticí elementy, mechanické regulátory konsistence látky a odstředivá čerpadla (31).

Místo odstředivých čerpadel se používají objemově pracující vřetenová monočerpadla. Dopravované množství je dáno u tohoto typu čerpadel počtem otáček vřetena (52), (53).

Pro přípravu buničin a některých dalších surovin vyžadujících mimo rozvlákňování další opracování se používá holandrů a v některých případech i kontinuálních mlecích linek.



Obr. č. 2 Řez monočerpádlem fy NETZSCH

3.3.2. Stroje na vytváření roun naplavováním

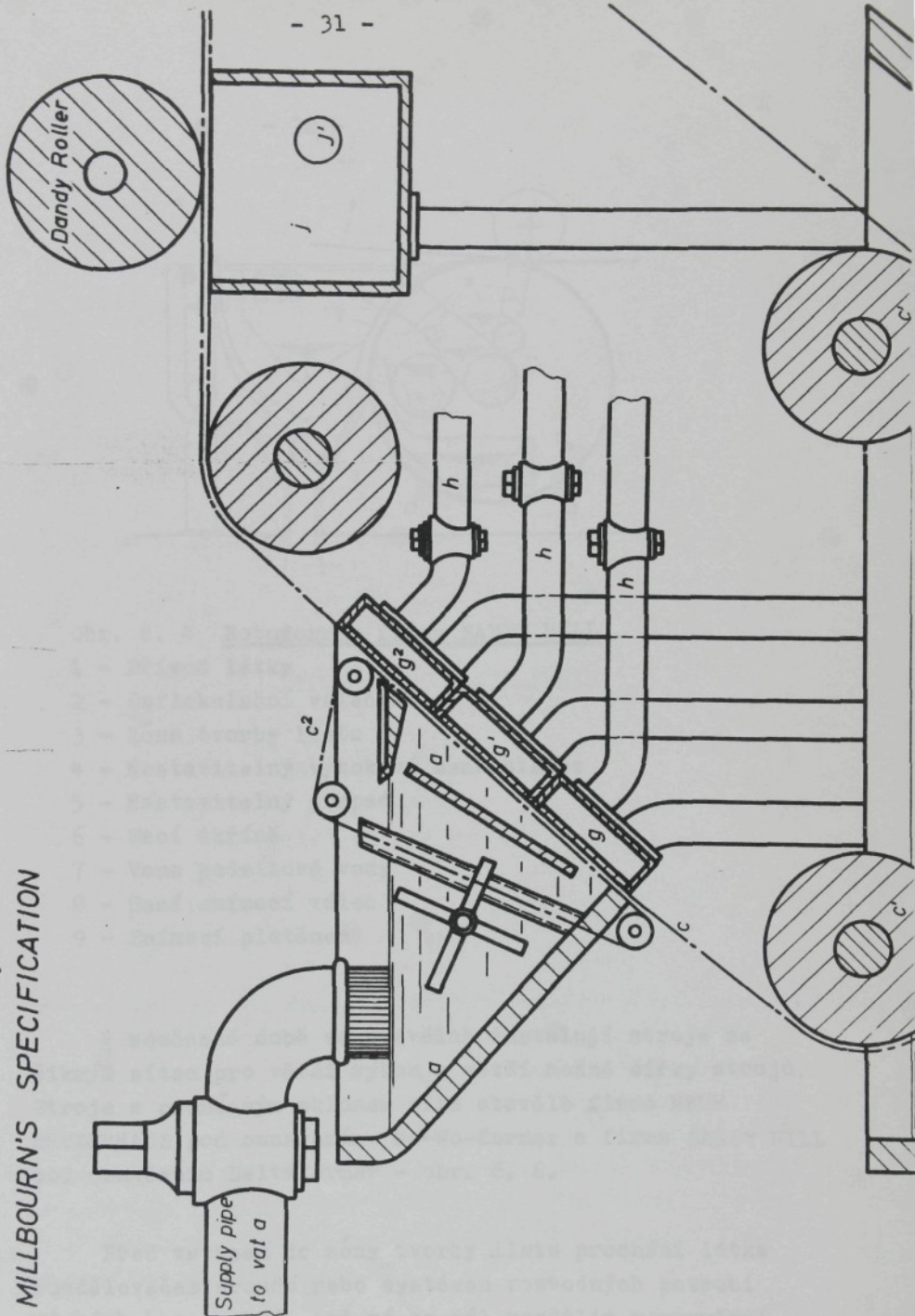
Pro vlastní vytváření plošného vlákenného útvaru jsou používány stroje pracující na principu filtrace suspenze vláken na pohybujícím se síti. Základní myšlenka byla známa již v minulém století. V USA byl udělen patent na zařízení pro odvodňování vlákenných suspenzí již v roce 1846. Schema viz obr. č. 3.

Příklady provedení dnešních strojů jsou znázorněny na obr. č. 4 a č. 5 (24).

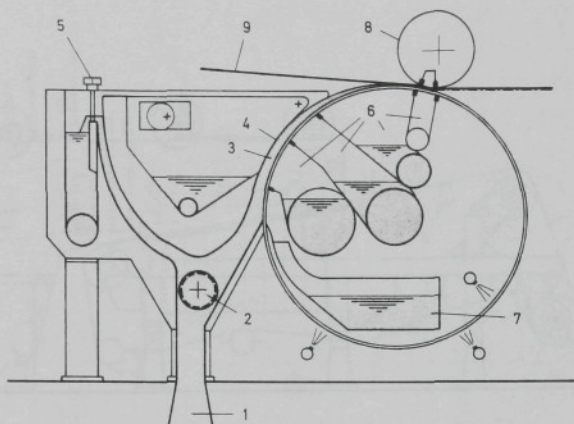
Oba stroje kulaté i šikmé síto, pracují na stejném principu, ale jsou odlišně provedeny. Šikmé síto může být chápáno jako kulaté síto s nekonečným poloměrem (24). Konstrukce strojů různých firem se liší v detailním provedení, ale základní prvky jsou zachovány:

- šikmo stoupající prostor pro tvorbu listu
- nátok látky
- pod prostorem na tvorbu listu ležící odvodňovací skříň

A.D. 1846. OCT 3. No. 11,394.
MILLBOURN'S SPECIFICATION



Obr. č. 3 Schema zařízení pro zpracování
dlouhých vláken dle patentu z
roku 1846

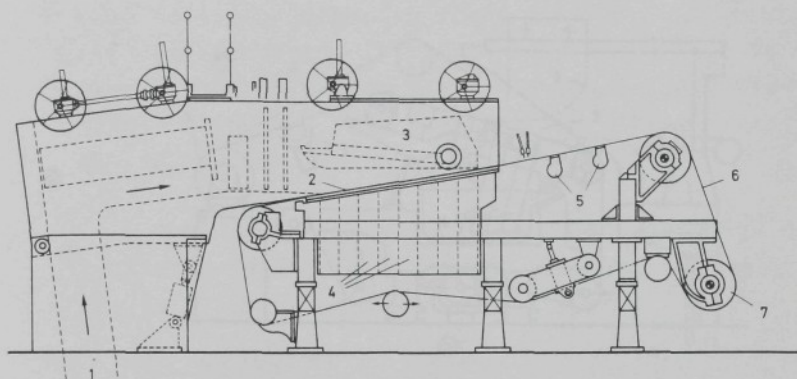


Obr. č. 4 Rotoformer firmy SANDY HILL

- 1 - Přívod látky
- 2 - Deflokulační váleček
- 3 - Zóna tvorby listu
- 4 - Nastavitelný výtokový mechanismus
- 5 - Nastavitelný přepad
- 6 - Sací skříň
- 7 - Vana podsítové vody
- 8 - Sací snímací válec
- 9 - Snímací plstěnek

V současné době se převážně instalují stroje se šikmým sítím pro větší výkon a větší možné šířky strojů. Stroje s proměnným sklonem síta stavěla firma NEUE BRUDERHAUS pod označením No-Wo-former a firma SANDY HILL pod označením Deltaformer - obr. č. 6.

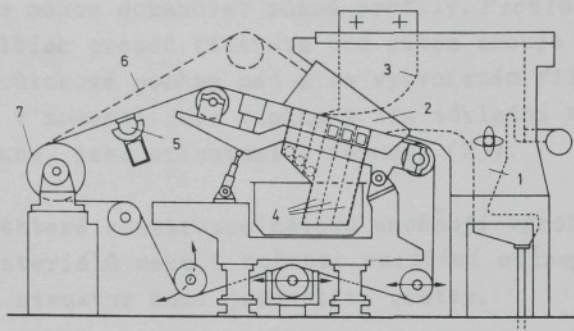
Před vstupem do zóny tvorby listu prochází látka rozdělovačem proudu nebo systémem rozvodných potrubí různých konstrukcí, což má za cíl rozdělit rovnoměrně proud látky po celé šíři tvorby listu (20). Vtokovým



Obr. č. 5 Hydroformer firmy VOITH

- 1 - Difusor
- 2 - Zóna tvorby listu
- 3 - Výtokový mechanismus
- 4 - Odvodňovací skříň
- 5 - Sací lišty
- 6 - Síto
- 7 - Poháněcí válec

mechanismem je tok suspenze prudce obracen, čímž dochází k snažšímu úniku vzduchu ulpívajícího na vláknech. Tvářecí zóna stoupá vzhůru tak, aby bylo možné nastavit omezení hladiny na konci nátoky. Konstrukce strojů jednotlivých firem mají různé úhly stoupání v rozmezí 10 - 35°. Obecně platí, že pokud je k dispozici dostatečně dlouhá odvodňovací zóna nezáleží příliš na sklonu síta. Pro rychle se odvodňující suspenze (např. silná skleněná vlákna) se používá většího sklonu (12°).



Obr. č. 6 Deltaformer firmy SANDY HILL

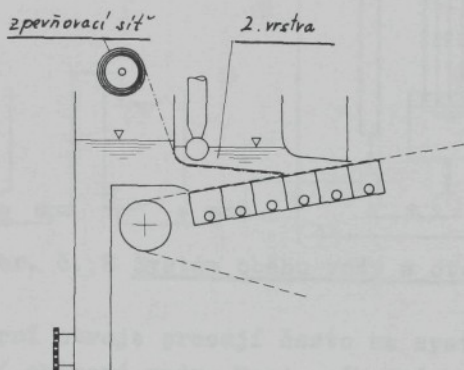
- 1 - Rozdělovač látky
- 2 - Zóna tvorby listu
- 3 - Výtokový mechanismus
- 4 - Odvodňovací skříň
- 5 - Sací lišty
- 6 - Síto
- 7 - Poháněcí válec

Aby se dosáhlo rovnoměrného vytváření listu po celé délce odvodňovací zóny, musí být tato zóna zakrytá. Výtokový mechanismus používaný pro tento účel je určen pro vzájemné přizpůsobení rychlosti proudu suspenze a síta (12).

Odvádění vody z odvodňovacích skříní je vždy regulovatelné pomocí armatur různých konstrukcí. Stroje o větších pracovních šířkách mají ve spodní části skříní odvod po obou stranách. Horní část skříní je opatřena odvodňovacími lištami uspořádanými příčně ke směru běhu síta. Průtokové poměry jsou rozhodujícím způsobem řízeny regulací odvodnění filtrátu (23).

Příslušným nastavením průtoku v odvodňovacích skříních se mohou dosahovat různé profily. Rychlostní profil dílčích proudů filtrátu pod sítí určuje ve značné míře průtokové poměry nad a ve vytvořeném filtračním koláči v momentě jeho vzniku a tím základní vlastnosti rouna, jeho orientaci a formaci (23).

Některé konstrukce nátoků umožňují výrobu dvojvrstvých materiálů nebo i možnost vkládání síťových zpevňovacích struktur mezi jednotlivé vrstvy.

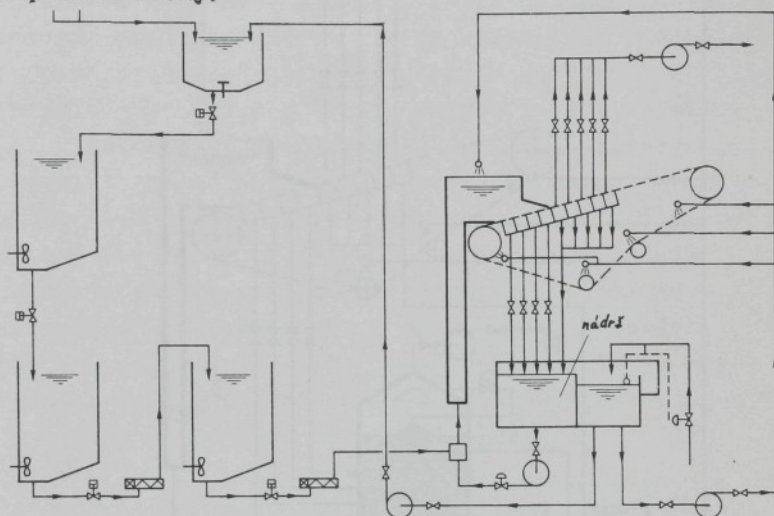


Obr. č. 7 Schema dvojvrstvého nátoku

3.3.3. Zařízení pro oběh vody

Jednou z nejnákladnějších částí strojů na výrobu roun naplavováním jsou systémy oběhu vody. Jak je schematicky znázorněno na obr. č. 8 jedná se o dva uzavřené okruhy (24). Vnitřní okruh je doplňován čerstvou vodou. Z nádrže podsítových vod čerpá vodu oběhové čerpadlo do nátku. Suspenze vláken dopravovaná z přípravy je přiváděna do tohoto okruhu. V případě přívodu před oběhové čerpadlo, působí potom toto jako směšovací čerpadlo. Velmi dlouhá vlákna jsou přiváděna

za čerpadlo. Přepadem odchází teoreticky pouze voda přicházející se suspenzí vláken a je dále využívána v přípravně látky.

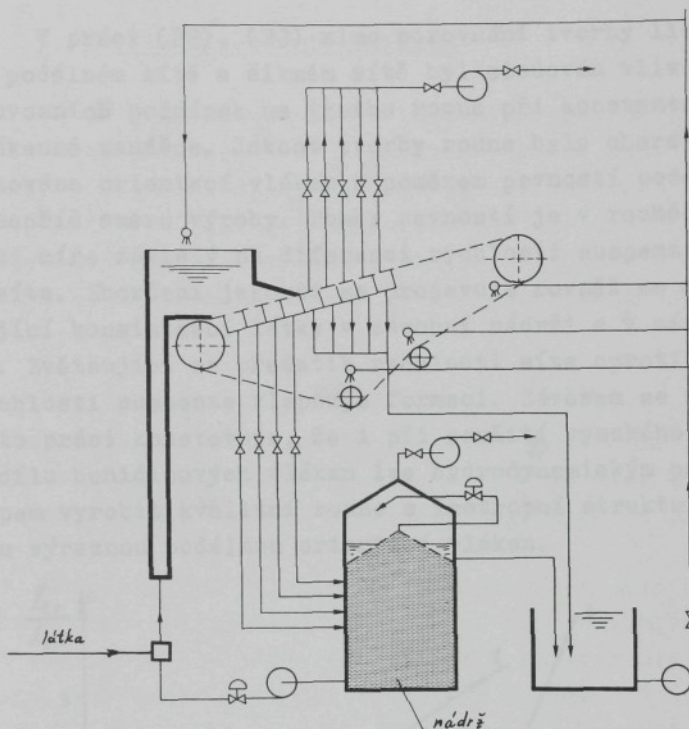


obr. č. 8 Systém oběhu vody s otevřenou nádrží

Moderní stroje pracují často se systémem s uzavřeno-
nou nádrží oběhové vody. To je výhodné z důvodů prostoro-
vých, odváděná voda je lépe odvzdušněna působením pod-
tlaku, uzavřená nádrž nemusí být instalována pod stro-
jem. Nevýhodou je složitější regulační technika. Schema
tohoto systému je na obr. č. 9. (24).

3.3.4. Utváření rouna

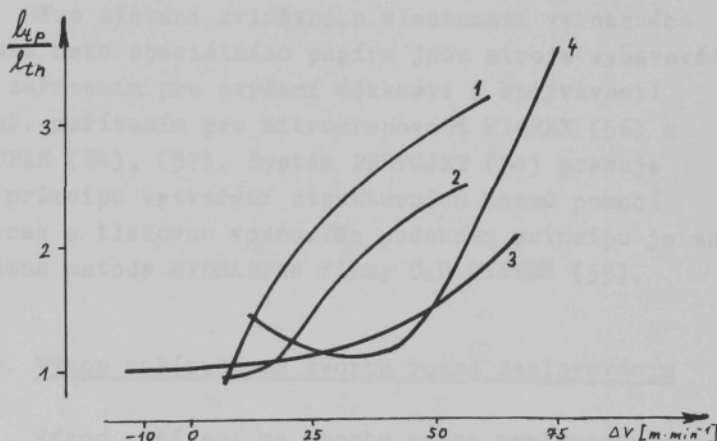
Filtrací na sítě vzniklý útvar ze suspenze vláken
je homogenní pouze tehdy, jestliže vlákna jednou ulože-
ná v průběhu formovacího procesu nezmění svou polohu.
Aby se toho docílilo, je nutné řídit odvádění vody tak,
že rozdíl tlaku mezi prostorem tvorby listu a odvodňo-
vacími skříněmi se zvětšuje se stoupáním síta. Způsob



Obr. č. 9. Systém oběhu vody s uzavřenou nádrží

tvorby listu umožňuje, aby orientace vláken při tváření byla regulována v určitých mezích. Mohou být vyráběna rovná jak s podélně orientovanými vlákny, tak i s neorientovaně uloženými vlákny. Orientace záleží na tom, jaká je difference rychlosti proudu suspenze a rychlosti síta. Jsou-li přibližně stejně velké, vzniká rovnou s neorientovaně uloženými vlákny, větší rozdíly ovlivňují podélnou orientaci (24), (12). V praxi se při konstantní rychlosti stroje nastavuje orientace vláken změnou rychlosti suspenze pomocí změny úhlu mezi sítím a výtokovým mechanismem, délkou zóny tvorby listu, výškou hladiny v nátočku a množstvím procházející vody odvodňovacími skříněmi.

V práci (22), (23) mimo porovnání tvorby listu na podélném síti a šikmém síti byl sledován vliv provozních podmínek na tvorbu rouna při konstantní vlákenné zanášce. Jakost tvorby rouna byla charakterizována orientací vláken a poměrem pevností podél a napříč směru výroby. Poměr pevností je v rozhodující míře závislý na diferenci rychlosti suspenze a síta. Zhoršení jakosti se projevuje rovněž se stoupající konsistencí látky v zásobní nádrži a v nátku. Zvětšující se předstih rychlosti síta oproti rychlosti suspenze zlepšuje formaci. Závěrem se v této práci konstatuje, že i při použití vysokého podílu buničninových vláken lze hydrodynamickým postupem vyrobit kvalitní rouno s isotropní strukturou i s výraznou podélnou orientací vláken.



Obr. č. 10 Závislost $\frac{l_{tp}}{l_{tn}}$ na diferenci rychlosti proudu suspenze a síta za různých podmínek (22).

3.3.5. Zařízení pro úpravu rouna

V dalších fázích technologických operací jsou filtrační papíry sušeny a navíjeny, rouna musí být mimo to většinou zpevněna pojivy. Zařízení pro nanášení pojiv musí i při vysokých rychlostech stroje umožňovat stejnoměrná nanášení, aniž by málo pevné mokré rouno bylo silně namáháno. Schema používaných systémů je na obr. č. 11 (24).

Pro sušení filtračních papírů se používá převážně kontaktních válcových sušáren, pro rouna horkovzdušné síťové bubny, tunelové sušárny nebo kombinace různých systémů dle technologických potřeb.

Pro získání zvláštních vlastností vyrobeného rouna nebo speciálního papíru jsou stroje vybavovány zařízením pro zvýšení měkkosti a splývavosti např. zařízením pro mikrokrepování MICREX (56) a CLUPAK (24), (57). Systém PERFOJET (54) pracuje na principu vytváření strukturních vzorů pomocí trysek s tlakovou vodou. Na podobném principu je založena metoda HYDRASPUN firmy C.H.DEXTER (55).

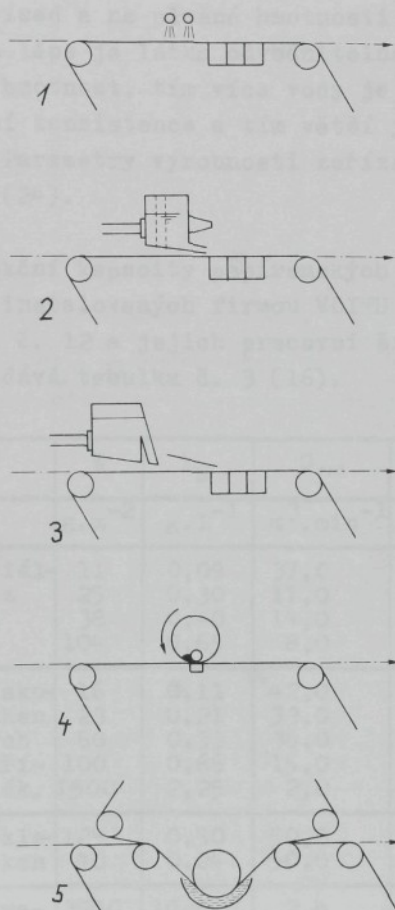
3.4. Výkon zařízení na tvorbu rouna naplavováním

Výkon zařízení na tvorbu rouna naplavováním se vypočítá ze vztahu

$$M = k_N \cdot Q_N \quad [g \cdot \min^{-1}]$$

kde k_N konsistence suspenze $[g \cdot l^{-1}]$

Q_N průtok suspenze v nátoku $[l \cdot \min^{-1}]$



Obr. č. 11 Systémy nanášení pojiv

- 1 - stříkání
- 2 - polévání
- 3 - nanášení zpěněných disperzí
- 4 - vtlačování, tisk
- 5 - impregnace mezi dvěma sítí

Kolik suspenze může být přivedeno do nátoku určuje filtrační odpor. Ten je závislý na druhu použitých vláken, přísad a na plošné hmotnosti vyráběného rouna. Čím lépe je látka odvodnitelná a čím menší je plošná hmotnost, tím více vody je k dispozici pro snížení konzistence a tím větší je výrobní výkon zařízení. Parametry výrobnosti zařízení udává tabulka č. 2 (24).

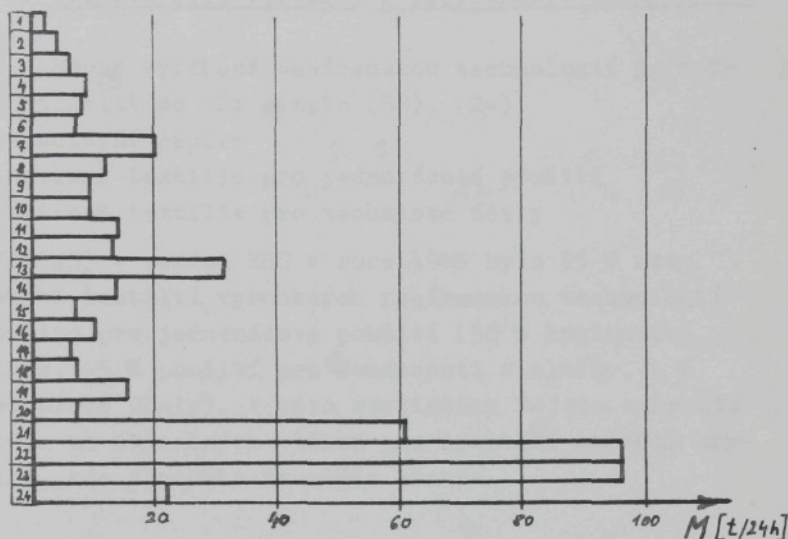
Produkční kapacity papírenských strojů se šikmým sítem instalovaných firmou VOITH jsou znázorněny na obr. č. 12 a jejich pracovní šíře a druhy produktů udává tabulka č. 3 (16).

Produkty	W	k_N	Q_{1m}	v_s	M_{1m}
	$g \cdot m^{-2}$	$g \cdot l^{-1}$	$m^3 \cdot min^{-1}$	$m \cdot min^{-1}$	$t \cdot 24h^{-1}$
Rouna, Speciální papíry z přírodních vláken	11	0,09	37,0	300,0	4,8
	25	0,30	17,0	200,0	7,3
	38	0,40	14,0	150,0	8,1
	104	0,65	8,0	50,0	7,5
Rouna z viskozových vláken syntetických vláken a přírodních vlákn.	16	0,11	42,0	300,0	6,7
	23	0,21	33,0	300,0	10,0
	60	0,33	36,0	200,0	17,1
	100	0,66	15,0	100,0	14,3
Rouna ze skleněných vláken	1500	2,25	2,0	3,0	6,5
	125	0,50	50,0	200,0	36,0
Rouna z keramických vlákn.	40	0,24	50,0	300,0	17,3
	3500	10,0	2,4	7,0	34,6

Tabulka č. 2 Parametry výrobnosti zařízení

kde - W ... plošná hmotnost
 k_N ... konsistence v nátoku
 Q_{1m} ... průtok suspenze na 1 m pracovní šíře
 v_s ... rychlost stroje
 M_{1m} ... produkce na 1 m pracovní šíře

Obr. 8.12 Produkční kapacity papírenských strojů se šikmým
sítem instalovaných firmou VOITH



Tabulka č. 3 Pracovní šíře a produkty strojů VOITH

č.	prac. šíře [mm]	druh produktu
1	1200	filtrační papíry ze skleněných vláken
2	2200	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
3	2040	netkané textilie pro jednorázové použití
4	2500	papír na sáčky na čaj
5	1700	netkané textilie pro zdravotnictví
6	2200	papír na sáčky na čaj
7	3300	netkané textilie pro jednorázové použití
8	2700	netkané textilie pro jednorázové použití
9	2300	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
10	2300	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
11	1905	netkané textilie pro tepelné izolace
12	1800	netkané textilie pro jednorázové použití
13	3860	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
14	2800	netkané textilie
15	3300	papír na sáčky na čaj
16	2350	netkané textilie pro speciální použití
17	3000	netkané textilie pro filtrační účely
18	2650	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
19	2300	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
20	2650	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
21	4400	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
22	3860	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
23	3860	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny
24	2300	skleněné rohože pro střešní izolační krytiny

3.5. Použití roun vyráběných papírenskou technologií

Rouna vyráběná papírenskou technologií je možné rozdělit do tří skupin (58), (24)

- speciální papíry
- netkané textilie pro jednorázové použití
- netkané textilie pro technické účely

Dle (29) v zemích EHS v roce 1985 bylo 95 % netkaných textilií vyrobených papírenskou technologií použito pro jednorázové použití (50 % hygienické účely, 45 % použití pro domácnosti a služby, 5 % technické účely). V této statistice nejsou zahrnuta rouna ze skleněných vláken pro izolační střešní krytiny, kde spotřeba neustále stoupá.

Jako speciální papíry mimo syntetického papíru z vláken pro tiskové účely, se jedná většinou o filtrační papíry pro jednorázové použití pro filtraci potravin (čaj, mléko, káva) nebo filtraci průmyslových medií.

3.5.1. Filtrační materiály

Ze široké škály výrobků, které tato technologie umožňuje, jsou v ČSSR vyráběny tepelně a zvukově izolační materiály z anorganických vláken a řada filtračních materiálů.

Filtrační materiály představují specifickou skupinu výrobků, charakteristickou vysokou náročností na všechny fáze přípravy výroby, výroby a technické kontroly.

Filtrační materiály vyráběné naplavováním se u některých typů blíží charakterem spíše papíru, u dalších se jedná o charakteristická rouna. Co se týče účinnosti filtrace navazují na jedné straně tam, kde končí použitelnost vpichovaných a jiných textilií, na druhé dosahují účinnosti filtračních membrán.

Filtrační materiály vyráběné naplavováním se používají ve filtrech nejrůznější konstrukce a účelu použití. Je možné uvést filtraci olejů v motorech motorových vozidel, lokomotiv a dalších strojů, filtraci hydraulických kapalin, kapalných paliv, galvanických lázní, čištění vody v nejrůznějších průmyslových aplikacích. Rovněž se používají pro filtraci plynů, zejména vzduchu v motorech motorových vozidel.

Stále větší význam nabývají filtry pro vysoce účinnou filtraci vzduchu pro sterilní prostory v lékařství, biotechnologiích a čisté prostory v mikroelektronice.

Základní surový filtrační materiál, je nositelem všech rozhodujících filtračních vlastností. O náročnosti výroby materiálů zejména pro vysoce účinnou filtraci svědčí, že tento proces se již neobejde bez využití řídicího počítače.

V navazující výrobní operaci je dále upravován s cílem zvýšení chemické a mechanické odolnosti vůči filtrovanému mediu a okolnímu prostředí. Obvykle se používá impregnace roztokem organických polymerů (např. fenolformaldehydové rezoly, silikony, polyuretany) nebo laminace s jiným materiálem.

Upravený filtrační materiál je většinou skládán do filtračních prvků (vložek) ve formě neko-nečného skládaného pásu, krytého vnějšími a vnitřními obaly (koši) nebo je používán jako ploché výseky.

Definujeme-li užitnou funkci prvku jako "filtruje lyosol" nebo "filtruje aerosol", tj. odděluje z kapalně či plynné suspenze tuhé částice do zvolené velikosti s danou účinností při průtoku filtrovaného media realizovaném s užitím co nejmenší hnací síly (tlakového spádu) a co při největší době životnosti filtru (zajištění průběhu filtrace do dosažení kritické hranice tlakového spádu), pak lze určit následující funkční vlastnosti filtračního materiálu (70).

- účinnost filtrace - definovaná pro danou suspenzi (druh kapaliny, druh a velikost nečistot) jako poměr zachyceného množství ku celkovému vstupujícímu množství nečistot o dané velikosti. K představám o mechanismu zachytu nečistoty ve filtračním materiálu lze říci stručně následující.

Aby mohlo dojít k zachytu částice, která je schopná proniknout filtračním materiálem, musí dojít k dostatečnému přiblížení částice k povrchu vláknité struktury, což se podle současných představ děje superpozicí několika mechanismů, ovlivňovaných mimo papíru též vlastnostmi částice, a vlastnostmi a rychlostí filtrovaného media. Vlastní zachyt částice je pak ovlivňován z hlediska papíru charakterem vláknité struktury a zejména povrchovými vlastnostmi vláken (42).

Pro ilustraci je možno uvést, že nejpropustnější a tím i nejméně účinné filtrační materiály vyráběné naplavováním zachycují s 99 %ní účinností částice o velikosti cca 25 μm a větší, zatímco nejúčinnější materiály zachytí s účinností větší než 99,9999 % částice o minimální velikosti 0,3 μm .

- propustnost pro filtrované medium - jak vyplývá např. ze vztahu d'Arcyho, rozhoduje o propustnosti filtračního materiálu jednak materiálová konstanta - permeabilita K , závisující na strukturních parametrech a jednak tloušťka označená jako t

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{K}{\eta} \cdot \frac{p}{t}$$

- kde - v ... čelní rychlost filtrovaného media [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 Q ... objemový průtok media [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
 A ... čelní plocha filtru [m^2]
 η ... viskozita media [$\text{Pa} \cdot \text{s}$]
 p ... tlakový spád [Pa]
 t ... tloušťka materiálu [m]

Opět pro ilustraci - nejpropustnější materiály dovolují při tlakovém spádu 196 Pa rychlost proudění vzduchu až $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na druhé straně by bylo pro dosažení stejné rychlosti proudění vzduchu u nejúčinnějších materiálů nutno užít hnací síly tlakového spádu až 10 000 Pa.

- jímatelnost nečistot - definovaná jako množství zachycených nečistot, vztažených na jednotku čelní plochy filtru do dosažení limitního tlakového spádu na filtru. Z hlediska rouna zde hraje opět rozhodující úlohu struktura a povrchové vlastnosti vlákn.

- mechanická, chemická a tepelná odolnost - jsou nejvíce ovlivňovány úpravami surového rouna. Vzhledem ke konkrétním podmínkám užití je nutné volit specifický způsob dosažení žádané úrovně odolnosti. Pro extrémní teplotní podmínky je možno volit materiály ze 100 % anorganických vláken.

3.5.2. Zkušební metody pro zkoušení filtračních materiálů

Mimo běžných metod jako jsou stanovení plošné hmotnosti (60), tloušťky - (měřicí tlak 100 kPa, plocha 200 mm²) a objemové hmotnosti (61), pevnosti v tahu (62), se používá metod speciálně vyvinutých pro filtrační materiály.

- Tržná délka

Pro charakterizaci pevnosti v tahu se běžně používá stanovení tržné délky. Tržná délka l_t je mírou pevnosti materiálu různých plošných hmotností. Je vyjádřena pomysl. délkou pásu materiálu, při které by se volně zavěšený pás přetrhl vlastní tíhou v místě závěsu. Udává se v metrech a vypočítá se (63):

$$l_t = \frac{F}{W \cdot b_p \cdot g} \cdot 10^6$$

kde - F ... zatížení [N]

W ... plošná hmotnost [g . m⁻²]

b_p ... šířka zkušebního proužku [mm]

g ... tíhové zrychlení [9,81 m . s⁻²]

l_t .. tržná délka [m]

- Stanovení propustnosti pro vzduch (64)

Propustnost pro vzduch filtračního plošného vláknitého útvaru je objemové množství vzduchu nasáté přes jednotku plochy za jednotku času při určitém konstantním tlakovém spádu mezi vstupní a výstupní plochou.

Zkouška se provádí s přístrojem typu Verseidag na zkušebním vzorku plochy 20 cm^2 .

Měření se provádí při tlakovém spádu 196 Pa, hodnota propustnosti se odečítá na rotametr. Výsledek zkoušky se vyjadřuje v $\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Rozsah stupnice rotametrů umožňuje provádět měření v rozsahu 10 - 3000 $\text{l.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

- Stanovení tlakové ztráty (65)

Tlaková ztráta filtračního materiálu je rozdíl tlaku na vstupní a výstupní ploše při nominálním průtoku vzduchu plochou filtračního materiálu.

Měří se přístrojem, který sestává ze zdroje tlakového vzduchu, regulačního ventilu, průtokoměru, měřící svorky a kapalinového mikromanometru alternativně při různých průtocích vzduchu zkušebním vzorkem.

$0,05 \text{ l cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ - odpovídá čelní rychlosti vzduchu
 $0,0083 \text{ m.s}^{-1}$

$0,1 \text{ l.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ - $0,0167 \text{ m.s}^{-1}$

$0,27 \text{ l.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ - $0,0457 \text{ m.s}^{-1}$

Hodnota tlakové ztráty se odečítá na kapalinovém mikromanometru. Výsledek zkoušky se udává v Pa.

- Filtrační schopnost

Klasické metody stanovení filtrační schopnosti mikroskopickými metodami jsou velmi obtížné. Moderní způsoby měření přístroji pro určování počtu a velikosti částic prošlých filtrem nejsou běžně dostupné a nejsou použitelné pro mezioperační a výstupní kontrolu. Z těchto důvodů byla zavedena nepřímá metoda - stanovení maximálního průměru pórů (66). Maximální průměr póru je průměr kapiláry o kruhovém průřezu, která vyžaduje stejný tlak vzduchu k vytlačení smáčecí kapaliny jako největší pór ve filtračním materiálu.

Zkouška je založena na chování filtračního materiálu smočeného kapalinou, který projevuje obdobné vlastnosti jako kapiláry naplněné tekutinou. Minimální tlak potřebný k překonání kapilárních sil a vytlačení smáčecí kapaliny z pórů vzorku je úměrný maximálnímu průměru pórů (67).

Jako smáčecí kapaliny se používá kerosin, kterým se převrství vzorek. Pod měřeným vzorkem se zapojí přívod vzduchu a sleduje se objevení prvního řetízku bublinek, kdy se odečte tlak vzduchu.

Hodnota maximálního průměru se vypočte podle vzorce:

$$d_{\max} = \frac{4\sigma \cdot \cos \gamma}{p_1 - p_2} \cdot 10^3$$

kde - $d_{\max}$... maximální průměr pórů [μm]

σ ... povrchové napětí smáčecí kapaliny [$\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}$]

γ ... úhel smáčení

p_1 ... aritmetický průměr naměřených hodnot tlaku [Pa]

p_2 ... hydrostatický tlak smáčecí kapaliny [Pa]

Naměřené hodnoty jsou v dobré korelaci s přímými metodami měření filtrační schopnosti (68).

Další nepřímou metodou pro charakterizaci filtrační schopnosti je stanovení velikosti středního průměru pórů. Tato hodnota má význam pro posouzení celkové kvality filtračního materiálu (13), (48).

Střední pór, který můžeme také nazvat pórem o střední průtočnosti je definován pro jakékoliv filtrační prostředí jako pór o takové velikosti, že při nuceném průtoku media filtračním prostředím prochází jedna polovina objemu póry o stejné nebo větší velikosti a druhá póry o menší velikosti. Velikostí pórů se zde rozumí ekvivalentní průměr póru, který je definován jako průměr kapiláry o kruhovém průřezu, která vyžaduje stejný tlak vzduchu k vytlačení smáčecí kapaliny, jako příslušný pór ve filtračním papíru. Podstata zkoušky je stejná jako ve zkoušce maximálního průměru póru. Vlastní zkouška je založena na skutečnosti, že se zvyšujícím tlakem se otevírají stále menší a menší póry, velikost těchto pórů je úměrná tlaku pod vzorkem. Změříme-li závislost propustnosti vzduchu na tlakovém spádu pro suchý a mokřý vzorek, můžeme najít takový tlak, při kterém má mokřý vzorek poloviční propustnost vzduchu než suchý vzorek. Z tohoto tlaku vypočteme hledaný střední průměr pórů. Měření se provádí tak, že se nejprve měří a do grafu vynese závislost propustnosti vzduchu na tlakové ztrátě pro suchý vzorek. Potom se vzorek smočí vhodnou smáčecí kapalinou (smáčecí kapalina musí mít dostatečně vysoký bod varu, aby během zkoušky nevyschla, musí mít známé a stabilní povrchové napětí, musí dokonale smáčet vlákno, nesmí je naru-

šovat atd.) a stanoví se opět závislost propustnosti vzduchu na tlakové ztrátě. Druhá závislost se opět vynese do grafu viz obr. č. 13. Z grafu se odečte tlak, při kterém má mokrý vzorek poloviční propustnost vzduchu než suchý vzorek ($AB=BC$) a vypočte se střední průměr pórů podle vzorce:

$$d_{50} = \frac{4 \sigma \cdot \cos \gamma}{\Delta p_{50}} \cdot 10^3$$

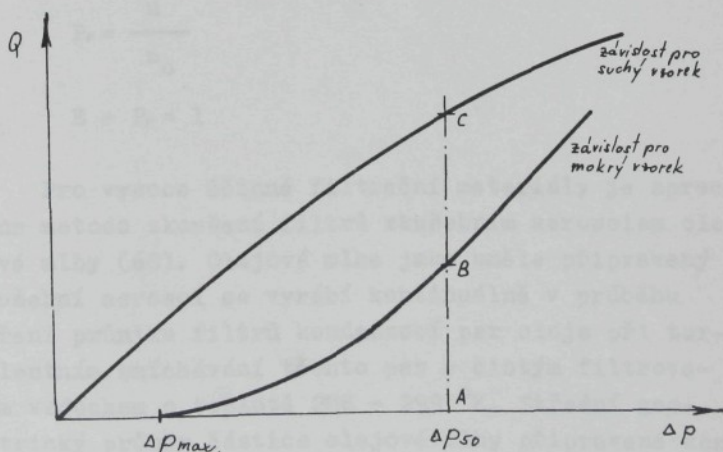
kde - d_{50} ... střední průměr pórů [μm]

Δp_{50} ... tlak, při kterém je propustnost vzduchu mokrého vzorku poloviční než propustnost suchého vzorku [Pa]

σ ... povrchové napětí smáčecí kapaliny [$\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}$]

γ ... úhel smáčení

V průsečíku závislosti pro mokrý vzorek s osou x leží tlak ekvivalentní maximálnímu průměru pórů (68).



Obr. č. 13 Stanovení středního průměru pórů

- Filtrační účinnost

Filtrační účinnost je v procentech vyjádřené množství nečistot, které jsou za stanovených podmínek zachyceny filtračním materiálem.

Účinnost (efektivnost) filtru je odlučování pevných částic filtračním materiálem a je dána poměrem počtu zachycených částic n_z k celkovému počtu vstupujících částic n_o .

$$n_o = n_z + n$$

n počet prošlých částic

n_z ... počet zachycených částic

n_o ... počet vstupujících částic

účinnost filtrace E

$$E = \frac{n_z}{n_o}$$

průnik filtru

$$P_r = \frac{n}{n_o}$$

$$E + P_r = 1$$

Pro vysoce účinné filtrační materiály je zpracována metoda zkoušení filtrů zkušebním aerosolem olejové mlhy (68). Olejová mlha jako uměle připravený zkušební aerosol se vyrábí kontinuálně v průběhu měření průniku filtrů kondenzací par oleje při turbulentním smíchávání těchto par s čistým filtrovaným vzduchem o teplotě 288 - 299 °K. Střední geometrický průměr částice olejové mlhy připravené kondenzací par je 0,3 μm. Přípustná disperzita je v rozsahu 0,28 - 0,32 μm. Koncentrace olejové mlhy užívaná

pro měření průniku je $25 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ až $2500 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$.
 Koncentrace olejové mlhy před a za filtrem se zjišťuje nefelometricky. Koeficient průniku je definován

$$KP = \frac{c_z}{c_p} \cdot 100 \quad / \% /$$

- KP koeficient průniku
- c_z koncentrace zkušební aerosolu za filtrem
- c_p koncentrace zkušební aerosolu před filtrem

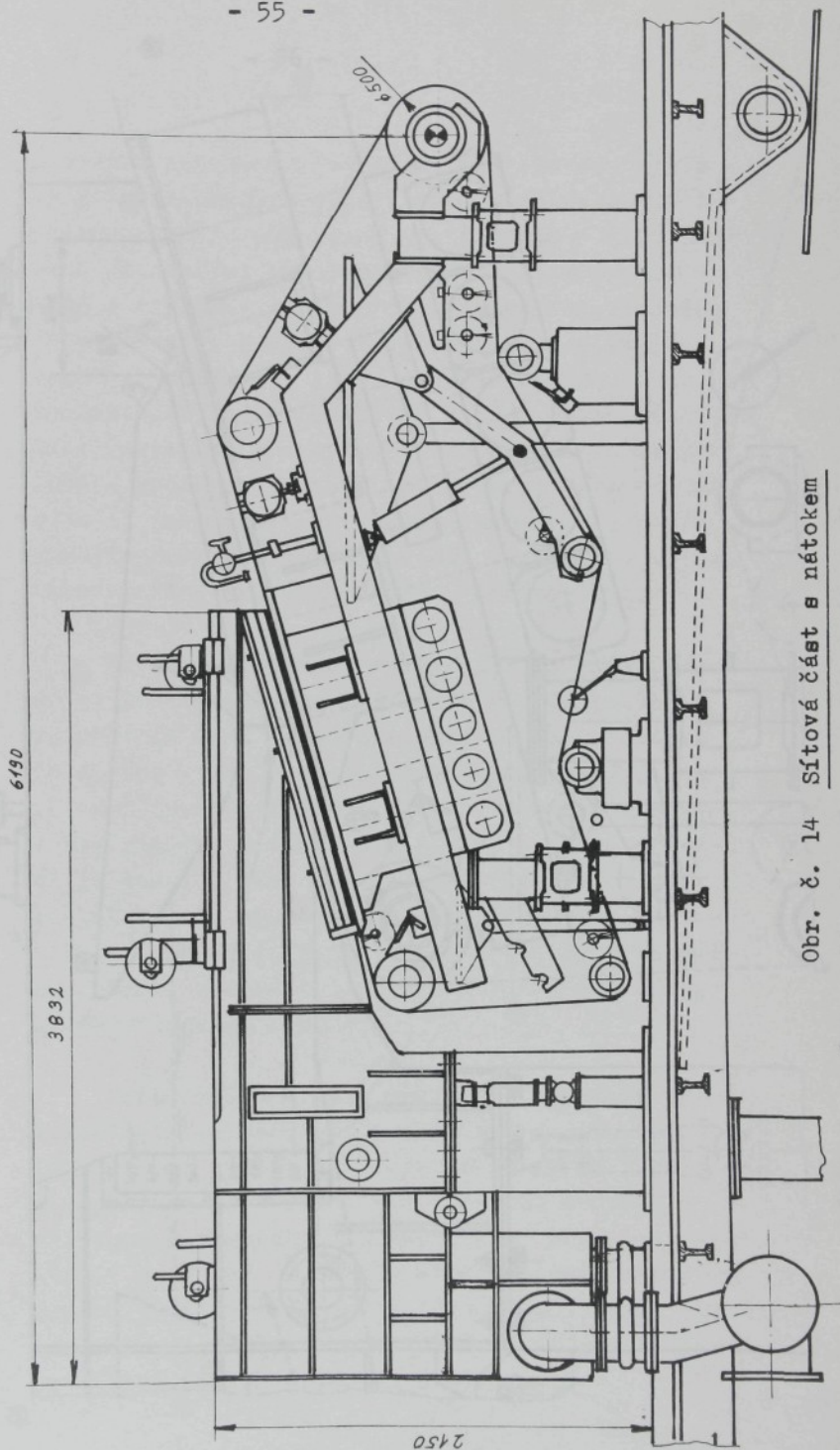
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1. Strojní zařízení

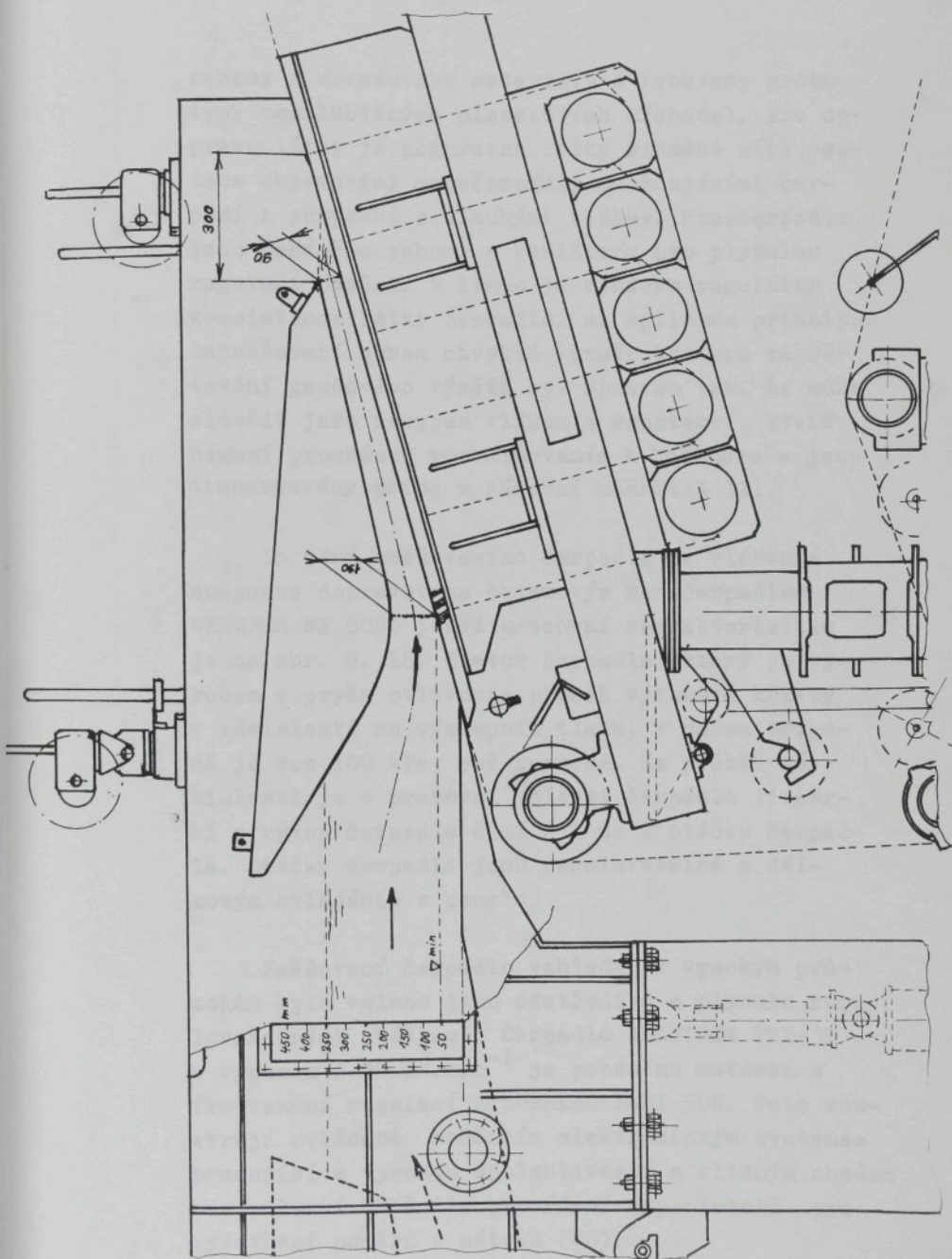
Prototyp papírenského stroje se šikmým sítem byl vybudován s cílem umožnit vývoj nových výrobků, především v oblasti technických filtračních papírů, ale též z hlediska možnosti vývoje a výroby netkaných textilií.

V první etapě, při rekonstrukci papírenského stroje s podélným sítem byly vytvořeny podmínky pro výstavbu stroje se šikmým sítem. Vlastní síťová partie s nátokem a dopravníkem je umístěna na plošině v úrovni + 3,15 m-obr. č. 14. Tvářecí zóna v první části stoupajícího síta má 5 odvodňovacích skříní a 1 suchou sací skříň. Pro dosažení vyšší sušiny jsou zařazeny 2 sací lišty napojené na ventilátor nebo vývěvy. Proud suspenze v nátoku je usměrňován 2 mechanismy - vtokovým a výtokovým pro přizpůsobení rychlosti proudu suspenze a síta-obr. č. 15. Odvodňovací skříně jsou napojeny na odtokové trubky, kde je průtok regulován dálkově ovládanými regulačními klapkami.

Schema přípravny látky a konfigurace obou strojů jsou znázorněny na obr. č. 16, 17. Dráha papíru ze síťové části je vedena dopravníkem k lisové partii. Kratší varianta dopravníku umožňuje dopravu mokrého lisu před egutér podélného síta při souběžném chodu obou tvářecích jednotek. Přípravna látky navazuje na přípravnu podélného síta - systém holandrů, rozvlákňovače a nádrží s čerpadly. Vlastní přípravna šikmého síta se skládá z 2 válcových zásobních nádrží 20 m^3 a 1 nádrže 35 m^3 . Nádrže jsou vy-



Obr. č. 14 Sítová část s nátokem

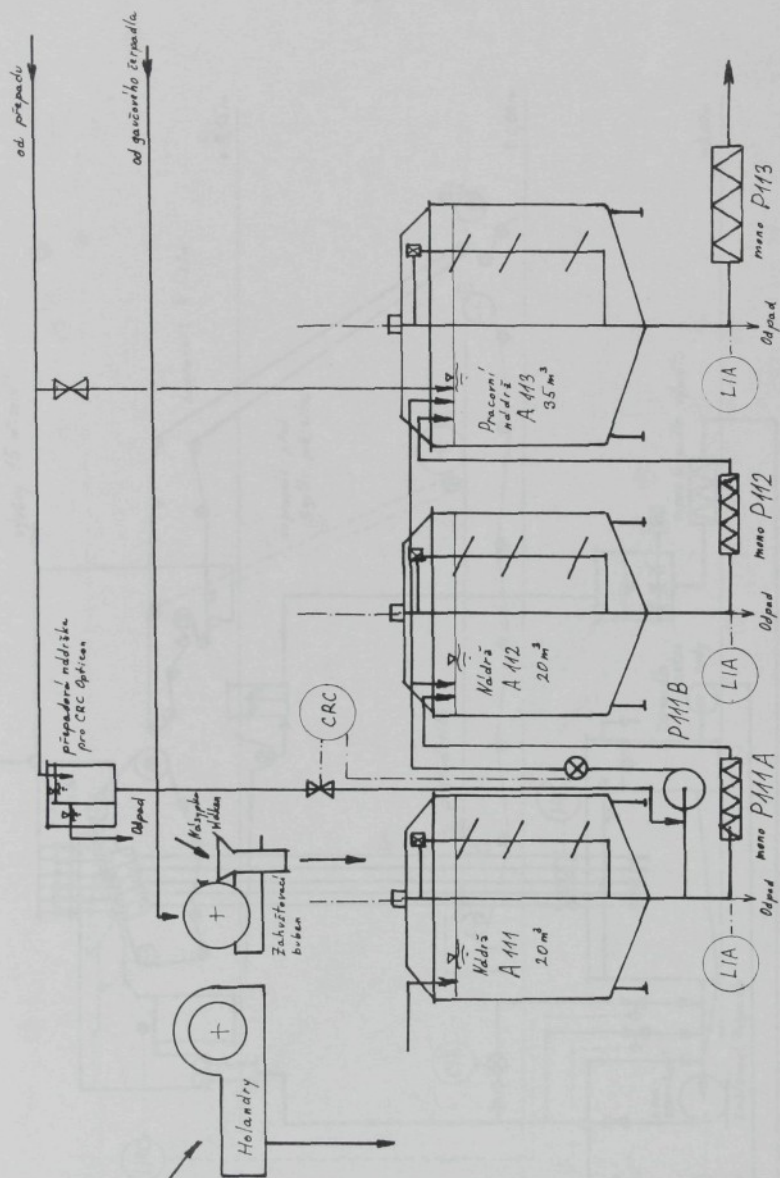


Obr. č. 15 Nátok šikmého síta a poloha výtokového mechanismu

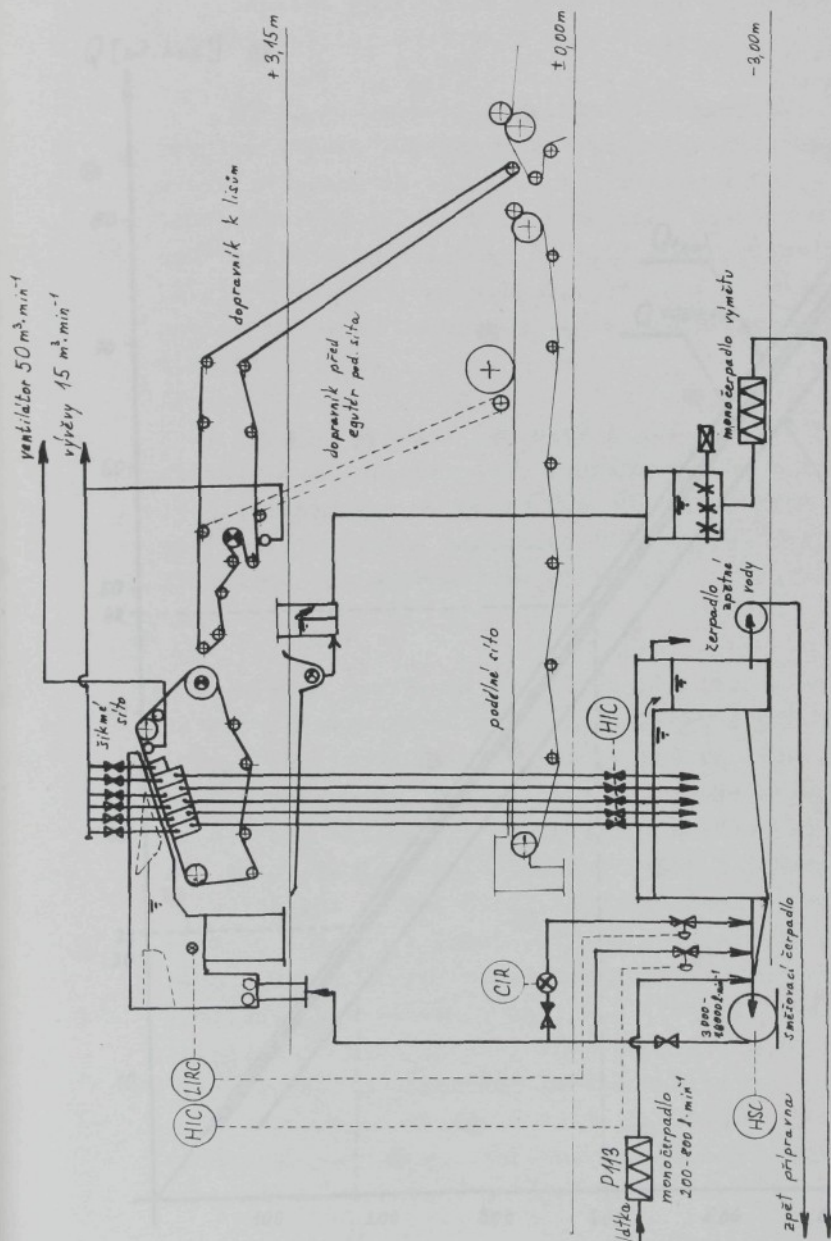
robeny z nerezového materiálu a vybaveny prototypy pomaluběžných planetových míchadel. Pro dopravu látky je přípravná látka šikmého síta osazena objemovými monočerpadly umožňujícími čerpání i suspenzí s dlouhými vlákny. Monočerpadla jsou poháněna pohony s variátory pro plynulou regulaci otáček. V lince je zařazen regulátor konsistence látky pracující na optickém principu. Zahušťovací buben obvyklé konstrukce pro zahušťování gaučového výmětu byl upraven tak, že může sloužit jako násypka vláken a substancí, které nemusí procházet rozvolňováním v holandru a jsou dispergovány přímo v zásobní nádrži A III.

Do sání směšovacího čerpadla je vlákenná suspenze dopravována objemovým monočerpadlem NETZSCH NE 80B, jehož pracovní charakteristika je na obr. č. 18. Stator čerpadla, který je vyroben z pryže ovlivňuje průběh výkonové křivky v závislosti na výstupním tlaku, v našem případě je cca 100 kPa, což znamená, že průběh závislosti je v pracovní oblasti čerpadla lineární a výkon čerpadla činí 2 l na 1 otáčku čerpadla. Otáčky čerpadla jsou regulovatelné s dálkovým ovládáním z panelu.

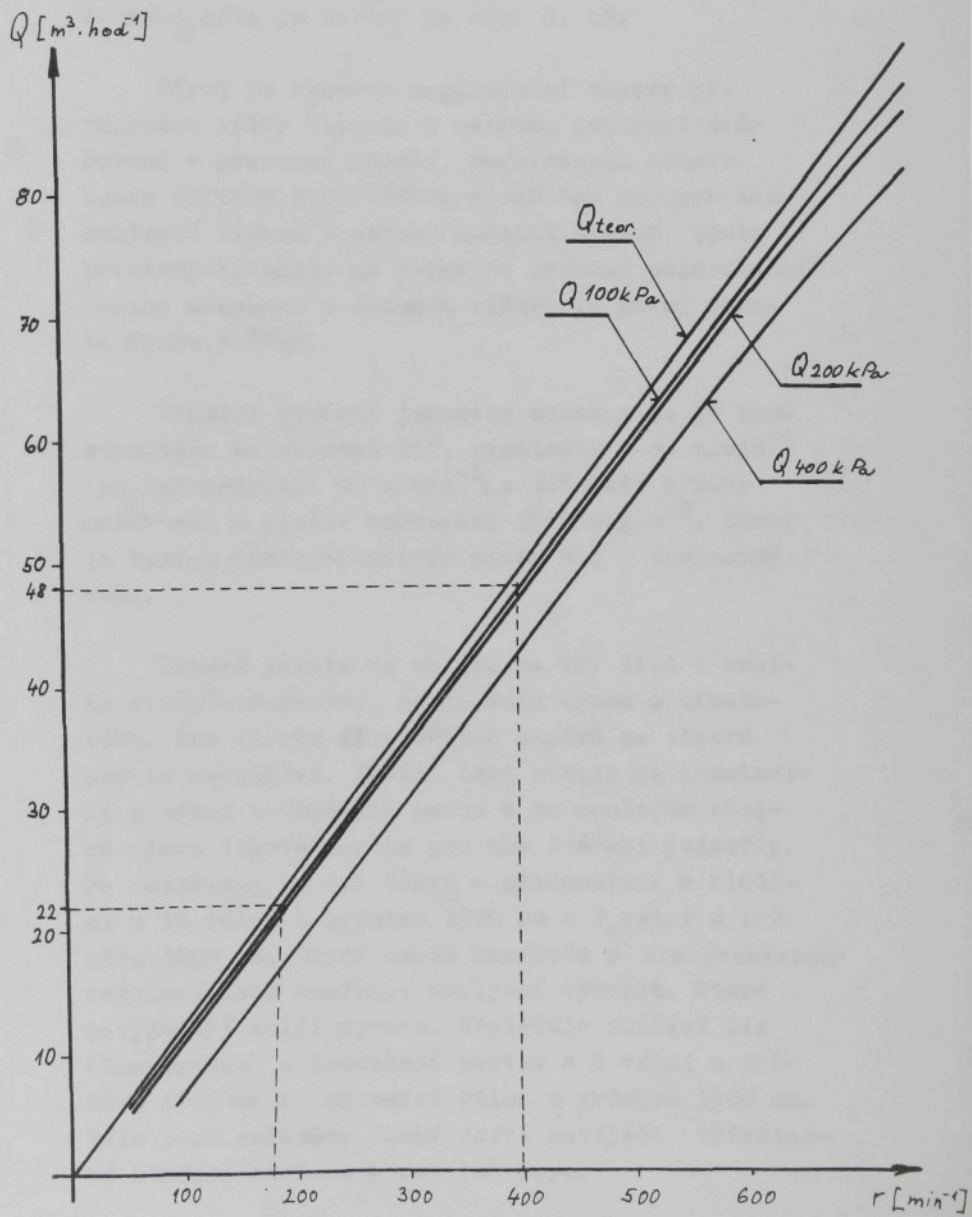
Směšovací čerpadlo vzhledem k vysokým průtokům bylo voleno jako odstředivé s plynule regulovatelnými otáčkami. Čerpadlo AHLSTRÖM TRP-30 s výkonem $3-28 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ je poháněno motorem s frekvenční regulací STRÜMBERG SAMI 50B. Toto soustrojí ovládané moderním elektronickým systémem pracující s vysokou spolehlivostí a klidným chodem bez pulsací umožnilo provádění experimentů pro vyšetření poměrů v nátoku (70).



Obr. č. 16 Schema přípravy pro šikmé síto



Obr. č. 17 Schema uspořádání podélné a šikmé sítě



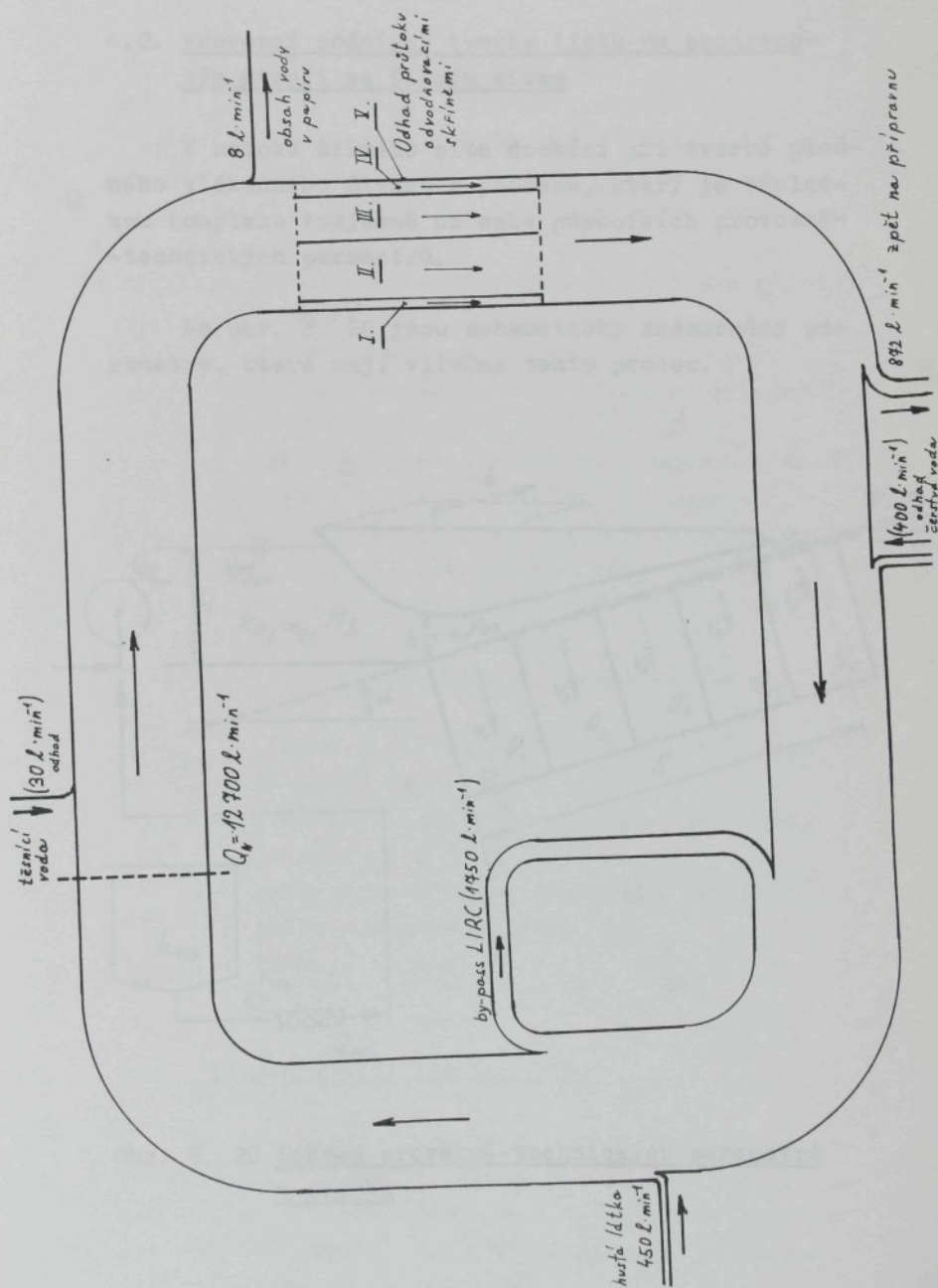
Obr. č. 18 Pracovní charakteristika monočerpadla NETZSCH NE 80B

Příklad bilančního schéma vodního okruhu šikmého síta je uveden na obr. č. 19.

Stroj je vybaven regulačními obvody pro regulaci výšky hladiny v nátoku, regulaci směšování v pracovní nádrži, regulátorem konsistence OPTICON EUR-CONTROL a měřičem nízkých koncentrací vláken v nátoku KAJAANI LC-100. Tento přístroj založený na principu stáčení polarizační roviny suspenzí s obsahem vláken je první tohoto druhu v ČSSR.

Vlastní tvářecí jednotka šikmé síto je konstruována se sklonem 15° , rychlostí $5-25 \text{ m.min}^{-1}$ (po rekonstrukci 40 m.min^{-1}), s možností výroby materiálů o plošné hmotnosti $20-350 \text{ g.m}^{-2}$. Stroj je osazen fosforbronzovým sítem A26 - trojvazný kepr.

Lisová partie se skládá ze tří lisů - sacího dvouplstěncového, se spodním sítem a ofsetového. Pro výrobu filtračních papírů se lisová partie nevyužívá. Sušicí část stroje je konstantní s válci vytápěnými parou a je společná stejně jako lisová partie pro obě tvářecí jednotky. Je rozdělena na dvě části - pedsoušecí a hladící s 10 válci o průměru 1500 mm a 2 válci o průměru 3000 mm. První osové navíječe s elektronickou regulací tahu umožňují navíjení výrobků, které nevyžadují další úpravu. Následuje klížící lis (impregnace) a dosoušecí partie s 6 válci o průměru 1500 mm a chladicí válec o průměru 1500 mm. Dále jsou zařazeny druhé osové navíječe, tříválcová hladící stolice a navíječ Pope.

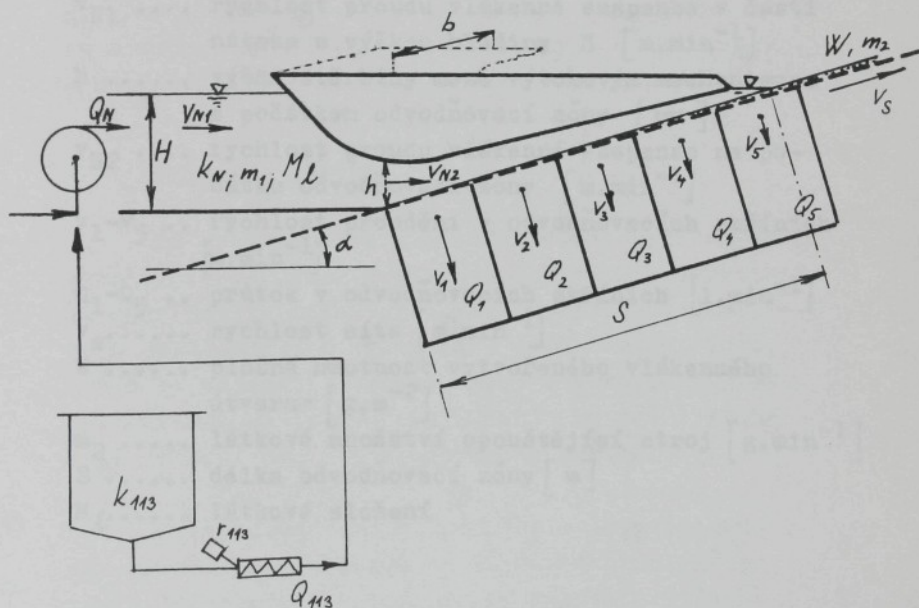


Obr. č. 19 Bilanční schema vodního okruhu šikmého síta (příklad)

4.2. Provozní podmínky tvorby listu na papírenském stroji se šikmým sítem

V nátoku šikmého síta dochází při tvorbě plošného vláknenného útvaru k procesu, který je výsledkem komplexu vzájemně na sebe působících provozně-technických parametrů.

Na obr. č. 20 jsou schematicky znázorněny parametry, které mají vliv na tento proces.



Obr. č. 20 Schema provozně-technických parametrů v nátoku

- α sklon síta (neměnný $\alpha = 15^\circ$)
 b šířka nátoku (neměnná $b = 1400$ mm)
 k_{113} ... konsistence v pracovní nádrži A 113 [g.l^{-1}]
 r_{113} ... otáčky monočerpadla P_{113} [min^{-1}]
 Q_{113} ... průtok vláknenné suspenze za čerpadlem
 P_{113} [l.min^{-1}]
 Q_N průtok vláknenné suspenze v nátoku [l.min^{-1}]
 k_N konsistence v nátoku [g.l^{-1}]
 H výška hladiny v nátoku [mm]
 m_1 látkové množství před procesem odvodnění
 filtrací na síti [g.min^{-1}]
 v_{N1} rychlost proudu vláknenné suspenze v části
 nátoka s výškou hladiny H [m.min^{-1}]
 h výška šterbiny mezi výtokovým mechanismem
 a počátkem odvodňovací zóny [mm]
 v_{N2} rychlost proudu vláknenné suspenze na po-
 čátku odvodňovací zóny [m.min^{-1}]
 v_1-v_5 .. rychlost proudění v odvodňovacích skříních
 [m.min^{-1}]
 Q_1-Q_5 .. průtok v odvodňovacích skříních [l.min^{-1}]
 v_s rychlost síta [m.min^{-1}]
 W plošná hmotnost vytvořeného vláknenného
 útvaru [g.m^{-2}]
 m_2 látkové množství opouštějící stroj [g.min^{-1}]
 S délka odvodňovací zóny [m]
 M_L látkové složení

4.3. Zvolené metody postupu prací

Pro dosažení cíle práce - objasnit, které regulovatelné vstupní podmínky rozhodující měrou mohou ovlivnit tvorbu listu a tím výslednou kvalitu filtračních papírů, bylo nutné zjednodušit systém volbou konstantních podmínek.

Navrhl jsem uskutečnit několik serií zkoušek výroby filtračního materiálu se stejným materiálovým složením, kde bude pro každou serii udržována konstantní plošná hmotnost a sledován vliv změny koncentrace vláken na nátokové poměry a na proces tvorby listu vyhodnocený z hlediska změn hodnot filtračních parametrů, při zachování ostatních podmínek jako konstantních.

Pro proměření hodnot filtračních parametrů použít metody používané pro charakterizaci filtračních materiálů obdobného typu v běžné výrobní praxi. Změny porovnat s vyhodnocenými nátokovými poměry a navrhnout řešení pro zlepšení a stabilizaci chodu zařízení - tvářecí jednotky se šikmým sítem.

4.4. Provedení zkoušek

Při praktickém provedení zkoušek bylo nutné přistoupit na několik zjednodušujících předpokladů. Zejména nebylo možné sledovat proces v jednotlivých odvodňovacích skříních v zóně tvorby listu, neboť se nepodařilo stroj vybavit původně plánovaným měřicím zařízením pro měření průtoku v trubkách odvodu vody z odvodňovacích skříní.

Pro zjednodušení situace bylo přistoupeno na předpoklad, že celou délku odvodňovací zóny tvoří jedna odvodňovací skříň. Regulační klapky pro ovládání průtoku jednotlivými skříněmi byly otevřeny na maximum při všech prováděných zkouškách. V reálném provozu se klapkami nastavuje postupné odvodňování a výška hladiny v nátku. V celé problematice má základní význam určení rychlostních poměrů látky a síta. Při úvaze jedné od-

vodňovací skříně dochází ke kritickým poměrům rychlosti proudu vlákně suspenze v místě nejvyšší rychlosti suspenze - na začátku tvářecí zóny. Rychlost suspenze vláken s postupujícím odvodňováním a vzrůstající filtračním odporem klesá až k místu vynoření v nejvyšším bodě, kde je rychlost proudu suspenze již nulová.

Situaci pro vyšetření rychlostních poměrů komplikoval především výtokový mechanismus. Jeho poloha byla zvolena tak, aby vzdálenost mechanismu od síta na začátku odvodňovací zóny byla maximálně možná - 130 mm (měřeno kolmo k ose proudu suspenze vláken). Vyšší zdvih mechanismu konstrukce stroje neumožňuje, vzhledem k umístění těsně u stropu haly papírenského stroje.

Z výše uvedených důvodů byly sledovány poměry v místě začátku odvodňovací zóny - viz obr. č. 15.

Další omezení rozsahu původně plánovaných prací bylo zapříčiněno poruchou přístroje KAJAANI LC-100 pro kontinuální měření velmi nízkých koncentrací vláken. Přístroj byl po celou dobu provádění zkoušek mimo provoz a hodnoty koncentrací v nátoku bylo nutné zjišťovat laboratorními metodami.

4.4.1. Použitá vlákněná zanáška

Vlákně krátkých řezů nejsou dosud v ČSSR běžně k dispozici. Omezené množství dovezených vláken by nevystačilo na experimenty náročné na spot-

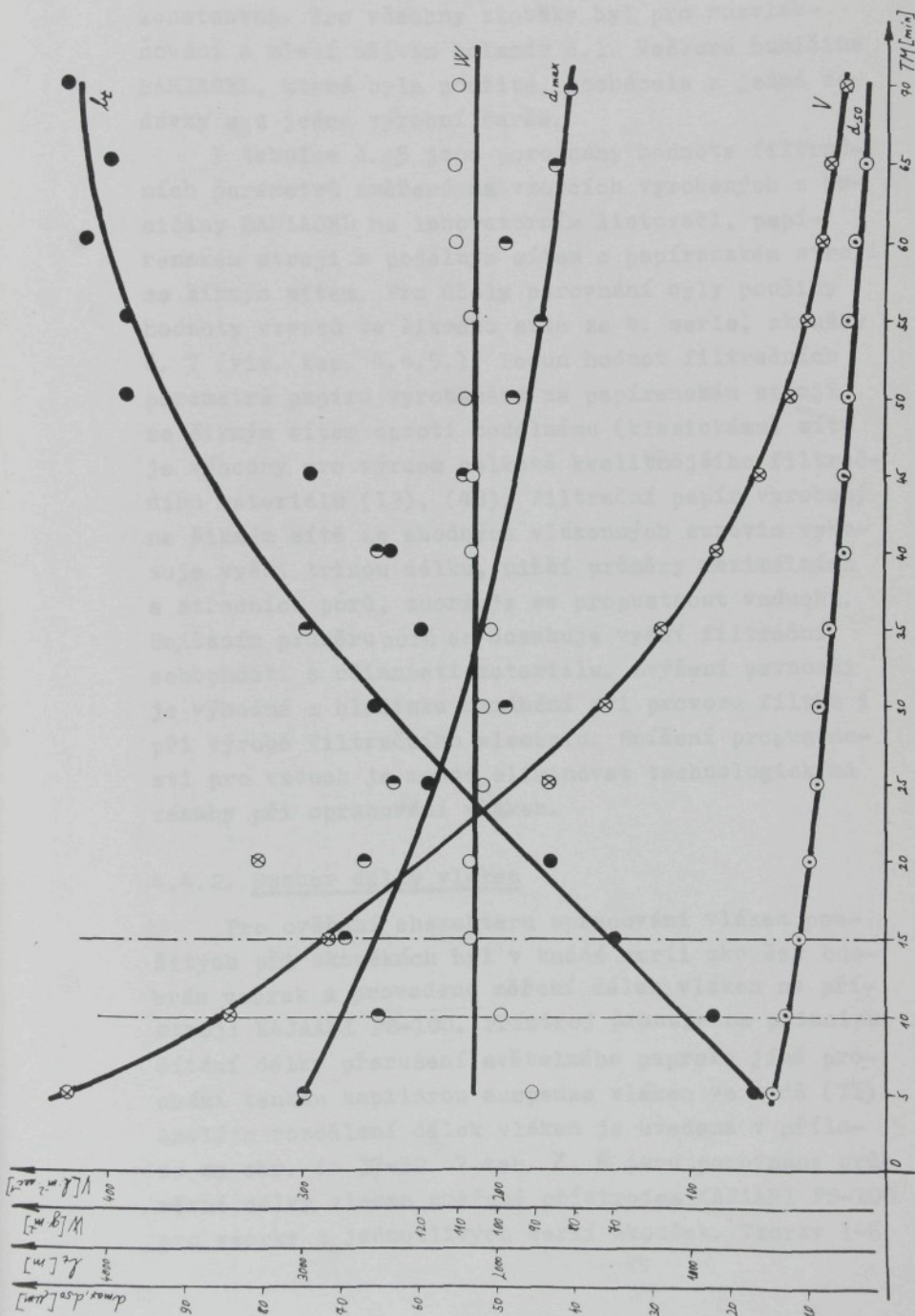
řebu vláknenného materiálu. Minimální množství vláken potřebných pro jednu zkoušku je na tomto zařízení cca 200 kg. Za předpokladu, že mechanismus tvorby listu ověřený pro zušlechtěná buničinová vlákna bude obdobný pro jiná delší vlákna, bylo rozhodnuto pro provedení experimentů použít zušlechtěnou buničinu.

Poněvadž při výrobě filtračních materiálů běžné směšové materiálové složení může přinášet další variabilitu do systému, byla zvolena jednosložková zanáška poskytující za normálních podmínek průřezově běžné hodnoty filtračních i mechanických parametrů. Ze surovin, které byly k dispozici byla po předběžných zkouškách zvolena bělená buničina ze sisalových vláken (z rostliny *Agave Sisalana*) dodávaná švédskou firmou BORREGARD pod označením BAHIACEL. Tato buničina pocházející z Brazílie má vysoký podíl α -celulózy - 92,2 % a poskytuje listy s dostatečnou pevností při současně vysoké propustnosti pro vzduch.

V první fázi zkoušek byla buničina BAHIACEL laboratorně vyhodnocena z hlediska rozvoje vlastností v závislosti na době mletí. Výsledky a vyhodnocení jsou uvedeny v tabulce č. 4 a obr. č. 21. Byl zvolen stupeň opracování tak, aby vytvořený list poskytoval filtrační vlastnosti blízké reálným výrobkům. Za pracovní bod bylo zvoleno 10 minut rozvlákňování v holandru bez zatížení s následným mletím 15 minut při příkonu 35 kW. Toto opracování vláken BAHIACEL bylo

Tabuika č. 4 : Laboratorní vyhodnocení vlastností celulózy Babiacek z hlediska filtračních parametrů

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TR [min]	TM [min]	SM [°SR]		W [g.m ⁻²]	t [mm]	$\frac{Q_v}{v}$ [kg.m ⁻³]		$\frac{V}{v}$ [l.m ² .s ⁻¹]	$\frac{l}{t}$ [m]		d max. [μm]	d 50 [μm]		
						5 : 6								
10	5	14,5		91	0,47	194		420	672		74,6	14,8		
10	10	15		99	0,53	187		336	893		65,3	12,9		
10	15	16		107	0,52	206		284	1398		69,6	11,3		
10	20	17		107	0,55	195		323	1715		66,9	10,0		
10	25	19		104	0,44	236		172	2353		63,3	8,9		
10	30	19,5		104	0,43	242		144	2615		49,0	8,6		
10	35	20		102	0,38	268		116	2399		74,6	7,1		
10	40	22		107	0,40	268		88	2541		65,3	5,5		
10	45	24		108	0,44	245		64	2958		54,1	5,2		
10	50	26		108	0,37	292		48	3908		47,9	4,7		
10	55	28		107	0,37	289		40	3903		44,8	4,9		
10	60	35		111	0,35	317		32	4103		49,3	4,2		
10	65	43		111	0,35	317		28	3980		42,5	2,7		
10	70	50		110	0,34	324		20	4202		40,6	neměř.		



Obr. č. 21 Trendy rozvoje filtračních vlastností buničiny Bahlazel v závislosti na době mletí

v celém průběhu experimentálních prací dodržováno konstantní. Pro všechny zkoušky byl pro rozvláknování a mletí užíván holandr č.1. Veškerá buničina BAHIACEL, která byla použita, pocházela z jedné dodávky a z jedné výrobní šarže.

V tabulce č. 5 jsou porovnány hodnoty filtračních parametrů změřené na vzorcích vyrobených z buničiny BAHIACEL na laboratorním listovači, papírenském stroji s podélným sítím a papírenském stroji se šikmým sítím. Pro účely porovnání byly použity hodnoty vzorků ze šikmého síta ze 4. série, zkoušky č. 7 (viz. kap. 4.4.5.). Posun hodnot filtračních parametrů papíru vyrobeného na papírenském stroji se šikmým sítím oproti podélnému (klasickému) sítu je výhodný pro výrobu celkově kvalitnějšího filtračního materiálu (13), (48). Filtrační papír vyrobený na šikmém síti ze shodných vláknenných surovin vykazuje vyšší tržnou délku, nižší průměry maximálních a středních pórů, zhoršuje se propustnost vzduchu. Snížením průměru pórů se dosahuje vyšší filtrační schopnosti a účinnosti materiálu. Zvýšení pevnosti je výhodné z hlediska namáhání při provozu filtru i při výrobě filtračního elementu. Snížení propustnosti pro vzduch je možné eliminovat technologickými zásahy při opracování vláken.

4.4.2. Rozbor délky vláken

Pro ověření charakteru opracování vláken použitých při zkouškách byl v každé serii zkoušek odebrán vzorek a provedeno měření délek vláken na přístroji KAJAANI FS-100. Přístroj pracuje na principu čítání délky přerušení světelného paprsku jímž prochází tenkou kapilárou suspenze vláken ve vodě (71). Analýza rozdělení délek vláken je uvedena v příloze na obr. č. 37-52. V tab. č. 6 jsou porovnány průměrné délky vláken změřené přístrojem KAJAANI FS-100 pro vzorky z jednotlivých serií zkoušek. Vzorky 1-6

Tabulka č. 5 : Porovnání hodnot filtračních parametrů - laborator., podél síta, šikmé síto

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	TR [min]	TM [min]	SM [°SR]		W [g.m ⁻²]	t [mm]	$\frac{Q_v}{v}$ [kg.m ⁻³]		V [l.m ⁻² .s ⁻¹]	ltp [m]	ltn [m]	d max. [μm]	d 50 [μm]		
							5 : 6								
laboratorní ho- landr, labora- torní listovač	10	15	16		107,0	0,52	206		284	1398	-	69,6	11,3		
PS podélné sí- to	10	15	-		107,7	0,44	245		227	1584	1092	59,6	10,5		
PS šikmé síto	10	15	-		110,5	0,42	263		202	2680	1284	48,4	9,3		
Porovnání po- délné a šikmé síta: + zlep- šení vlastnos- tí, - zhoršení vlastností									-25	+1096	+192	+11,2	+1,2		
%									-11,0	+69,2	+17,6	+18,8	+11,4		

odpovídají serii zkoušek, vzorek 7A je buničina pouze rozvlákněná bez mletí na začátku experimentů, vzorek 7B na konci experimentů.

č. vzorku	č. serie	prům.délka vláken [mm]
1	1	1,71
2	2	1,67
3	3	1,76
4	4	1,62
5	5	1,67
6	6	1,70
7A	bez mletí	1,86
7B	bez mletí	1,85

Tabulka č. 6 Průměrné délky vláken Bahiacel

Jak vyplývá z tab. č. 6 bylo dosaženo shody opracování vláken pro zkoušky v provozních podmínkách, čemuž odpovídají téměř shodné průběhy charakteristik na obr. 37-52 v příloze. Rovněž se shodují vzorky 7A a 7B, dokumentující stejnou kvalitu výchozí suroviny na začátku a konci experimentálních prací.

4.4.3. Podmínky při realizaci zkoušek

200 kg buničiny BAHIACEL ve vzduchosuchém stavu bylo zaneseno do holandru č.1 o objemu 4 m^3 . 10 minut rozvláknování a 15 minut mletí při zatížení 35 kW probíhalo při koncentraci vláken cca 50 g.l^{-1} . Připravená látka byla čerpána přes nádrže 3A, A 103, A 111, A 112 do pracovní nádrže A 113 a naředěna na koncentraci cca 4 g.l^{-1} .

Po volbě žádané plošné hmotnosti otáčkami látkového čerpadla P_{113} při neměnné rychlosti běhu síta byl průtok v nátoku Q_N nastaven pomocí změny otáček směšovacího čerpadla P 66 ovládaného kmitočtovým regulátorem. Po dobu zkoušky byla výška hladiny v nátoku udržována konstantní pomocí čerpadla P 66 při vyřazení z činnosti regulačního obvodu LIRC 08. Regulační klapky odvodňovacích skříní byly otevřeny na maximum průtoku. Po krátké době se automaticky při neměnných poměrech průtoku látky v nátoku Q_N a rychlosti běhu síta v_s ustálí výška hladiny H v závislosti na odporu, který klade průtok vody plošný vláknitý útvar vytvořený na síti filtrací a na délce filtrační zóny S . Tento odpor je přímo úměrný plošné hmotnosti vyráběného materiálu. Proto byl pro zkoušky zvolen systém, kde serie zkoušek byly provedeny při různých plošných hmotnostech. Plánované hodnoty plošných hmotností a rychlosti běhu síta udává tabulka č.7.

Serie zkoušek č.	Plošná hmotnost W [g.m ⁻²]	Rychlost běhu síta v_s [m.min ⁻¹]
1	45	20
2	65	20
3	85	20
4	105	20
5	60	20
6	40	25

Tabulka č. 7 Plánované hodnoty W a v_s

Základní serie 1.-4. byly doplněny serií 5. pro ověření získaných poznatků a 6. za podmínek maximální rychlosti běhu síta v_s .

Po cca 10 minutách ustálení chodu stroje bylo odebíráno 10 vzorků vyrobeného filtračního papíru v intervalu po 5 minutách. Současně byly odebírány vzorky suspenze vláken z nádrže A 113 a nátoků pro stanovení koncentrace vláken k_{113} a k_N , změřeny otáčky r_{113} čerpadla P_{113} pro stanovení průtoku Q_{113} přenosným digitálním otáčkoměrem HT-441 HORNEL a odečtena rychlost běhu síta v_s z digitálního ukazatele na panelu DT1. Tento postup byl opakován pro každou zkoušku.

4.4.4. Látková bilance

Výchozím údajem pro další šetření vlivu provozně-technických parametrů na proces tvorby rouna na papírenském stroji se šikmým sítem bylo ověření látkové bilance při jednotlivých zkouškách. Při ustálených poměrech chodu stroje platí:

$$m_1 = k_{113} \cdot Q_{113}$$

$$m_2 = W \cdot v_s \cdot b$$

$$\Delta m = m_1 - m_2$$

kde m_1 ...hmotnost vláken vstupujících do stroje
[g.min⁻¹]

k_{113} .koncentrace vláken v nádrži A 113
[g.l⁻¹]

Q_{113} .objemový průtok čerpaný čerpadlem P 113
[l.min⁻¹]

m_2 ...hmotnost vyrobeného papíru [g.min⁻¹]

W plošná hmotnost [g.m⁻²]

v_s ...rychlost síta [m.min⁻¹]

b šířka nátoků [m]

Δm ztráty vláken [g.min⁻¹]

V bilanci nejsou uvažovány ztráty ořezem formátovacími stříčkami. Ořezy se vrací gaučem zpět do procesu.

Látkové bilance pro jednotlivé serie zkoušek jsou uvedeny v tabulkách č. 8-13. Z těchto tabulek je zřejmé, že rozkolísání hodnot je dáno odchylkami v měření, zejména k_{113} , kde bylo nutné vycházet z omezeného souboru dat. Pro zjištění, zda odchylky jsou náhodné či systematické bylo provedeno porovnání souborů m_1 a m_2 jednotlivých serií metodou lineární regresní analýzy. Výsledkem bylo zjištění, že pro daná data s 95 % pravděpodobnosti neexistuje lineární závislost, tudíž odchylky jsou náhodného charakteru. Test významnosti mezi rozptyly a průměry souborů m_1 a m_2 prokázal, že rozdíl mezi průměry není významný na hladině 95 %.

V dalších pracích bylo pokračováno s tím, že pro výpočty poměrů v nátoku byl použit aritmetický průměr hmotnosti vláken vstupujícího do procesu m_1 pro jednu serii zkoušek.

Hodnoty Δm pro jednotlivé zkoušky dokumentují ztráty vláken ke kterým zákonitě dochází odplavením velmi krátkých podílů do podsítových vod. Další ztráty vznikají ulpíváním vláken na síť, zvláště pro šikmé síto typickým ulpíváním v kolmém směru. K tomuto jevu dochází z důvodů příliš rychlého odvodňování v 1. odvodňovací skříní, která byla pro zjednodušení poměrů při experimentech používána bez obvyklého

Tabulka č. 8 : Látková bilance

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]	k_{113} [g.l]	x_{113} [min]	Q_{113} [l.m]	m_1 [g.min ⁻¹]		W [g.m ⁻²]	v_{e-1} [m.min ⁻¹]		m_2 [g.min ⁻¹]		Δm [g.min ⁻¹]
						6.d d=2	5.7					10.11.b b=1,4		8-13
1	1		255	4,1951	150	300	1259		43,0	20,6		1240		19,0
	2		220	4,1248	150	300	1237		42,0	20,6		1211		26,0
	3		185	4,2048	149	298	1253		40,0	20,7		1159		94,0
	4		106	4,2193	151	302	1274		19,1	20,7		553	neplatné	
	5		255	4,2058	151	302	1270		44,0	20,7		1275		-5,0
	6		262	4,3616	152	304	1326		44,0	20,5		1263		63,0
	7		275	4,2628	151	302	1287		44,0	20,6		1269		18,0
	8		283	4,1859	150	300	1256		44,0	20,6		1269		-13,0
	9		305	4,2108	150	300	1263		43,4	20,5		1246		17,0
	10		315	4,2207	150	300	1266		44,2	20,5		1268		-2,0
	Ø			4,2192	150,4	301	1269		43,17	20,6		1245		24,1

Tabulka č. 9 : Látková bilance

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]	k_{113} [g.l ⁻¹]	r_{113} [min ⁻¹]	Q_{113} [l.min ⁻¹]	m_1 [g.min ⁻¹]		W [g.m ⁻²]	v_s [m.min ⁻¹]		m_2 [g.min ⁻¹]		Δm [g.min ⁻¹]
						6 . d d = 2	5 . 7					10.11.b b = 1,4		8-13
2	1		266	4,3766	227	454	1987		66,4	20,4		1896		91,0
	2		206	4,2857	224	448	1920		58,2	20,9		1703		217,0
	3		190	4,2726	222	444	1897		54,8	21,8		1672		225,0
	4		106	4,4237	224	448	1982		52,4	22,2		1629		353,0
	5		266	4,4235	230	460	2035		79,6	19,5		2173		-138,0
	6		281	4,4472	227	454	2016		77,3	19,6		2121		-105,0
	7		285	4,4728	226	452	2022		73,2	20,6		2111		- 89,0
	8		284	4,3262	226	452	1955		66,0	20,7		1913		42,0
	9		304	4,3998	226	452	1989		65,3	20,7		1892		97,0
	10		352	4,4232	224	448	1982		64,4	20,7		1872		110,0
	11		364	4,3661	225	450	1965		63,3	20,6		1826		139,0
	12		412	4,4102	225	450	1984		66,4	20,7		1924		60,0
	Ø			4,3956	225,5	451	1978		65,6	20,7		1924		83,4

Tebulka č.10 : Látková bilance

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]	k_{113} [g.l ⁻¹]	r_{113} [min ⁻¹]	Q_{113} [l.min ⁻¹]	m_1 [g.min ⁻¹]		W [g.m ⁻²]	v_s [m.min ⁻¹]		m_2 [g.min ⁻¹]		Δm [g.min ⁻¹]
						6 . d d=2	5 . 7					10.11.b b=1,4		8-13
3	1		266	4,7350	246	492	2330		79,3	20,6		2287		43,0
	2		206	4,9237	244	488	2403		78,1	20,6		2252		151,0
	3		156	4,6122	242	484	2232		77,5	20,7		2246		-14,0
	4		106	4,6018	246	492	2264		78,2	20,6		2255		9,0
	5		262	4,7284	246	492	2326		80,2	20,5		2302		24,0
	6		275	4,8124	247	494	2377		77,4	20,7		2243		134,0
	7		281	4,6987	245	490	2302		80,7	20,6		2327		-25,0
	8		291	4,9526	244	488	2417		82,0	20,4		2342		75,0
	9		331	4,8326	245	490	2368		81,6	20,6		2353		15,0
	10		371	4,6449	245	490	2276		80,6	20,6		2325		-49,0
	11		376	4,6729	246	492	2299		80,4	20,6		2319		-20,0
	12		401	4,6168	244	488	2253		78,3	20,7		2269		-16,0
	Ø			4,7360	245	490	2320		79,5	20,60		2293		27,0

Tabulka č. 11 : Látková bilance

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]	k_{113} [g.l ⁻¹]	r_{113} [ml ⁻¹]	Q_{113} [l.min ⁻¹]	m_1 [g.min ⁻¹]		W [g.m ⁻¹]	v_s [m.min ⁻¹]		m_2 [g.min ⁻¹]		Δm [g.min ⁻¹]
						6 . d d=2	5 . 7					10.11.b b=1,4		8-13
4	1		266	3,8702	396	792	3065		106,0	20,6		3057		8
	2		240	3,8637	396	792	3076		102,0	20,7		2956		120
	3		205	3,8732	395	790	3060		102,0	20,7		2956		104
	4		106	3,8826	398	796	3091		35,3	20,6		1018	neplatí ně	-
	5		266	3,8652	398	796	3077		103,8	20,6		2994		83
	6		275	3,7238	397	794	2957		107,0	20,5		3071		114
	7		290	3,9232	397	794	3115		110,5	20,5		3171		56
	8		320	3,8881	395	790	3072		109,0	20,5		3128		56
	9		376	4,2327	395	790	3347		108,4	20,6		3126		218
	10		401	3,6374	394	788	2866		106,2	20,6		3063		197
	11		440	3,7943	395	790	2997		106,2	20,7		3078		81
	Ø			3,8704	396	792	3063		106,1	20,6		3060		3,0

Tabulka č. 12: Látková bilance

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]	k_{113} [g.l ⁻¹]	r_{113} [ml ²]	Q_{113} [l.min ⁻¹]	m_1 [g.min ⁻¹]		W [g.m ⁻²]	v_s [m.min ⁻¹]		m_2 [g.min ⁻¹]		Δm [g.min ⁻¹]
						6. d d=2	5. 7					10. 11. b b=1,4		8-13
5	1		266	3,8262	246	492	1882		60,7	20,6		1751		131,0
	2		206	3,8777	246	492	1908		59,0	20,6		1702		206,0
	3		156	3,9233	245	490	1922		-	20,6		-	neplat- né	-
	4		106	3,4381	247	494	1698		-	20,6		-	neplat- né	-
	5		266	3,6682	247	494	1812		58,7	20,7		1701		111,0
	6		275	3,4437	249	498	1715		59,9	20,6		1736		- 21,0
	7		281	3,6853	248	496	1828		58,6	20,5		1682		146,0
	8		285	3,2020	250	500	1601		58,4	20,5		1676		-75,0
	9		291	3,6679	248	496	1819		57,9	20,5		1662		157,0
	10		305	3,4721	249	498	1729		58,6	20,5		1682		47,0
	11		310	3,8247	245	490	1874		60,4	20,7		1750		124,0
	12		360	3,6827	247	494	1819		57,4	20,7		1663		156,0
	13		370	3,9721	245	490	1946		60,0	20,7		1739		207,0
	Ø			3,6680	247	494	1812		59,05	20,6		1703		109,0

Tabulka č. 13: Látková bilance

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie	zkouška		H	k_{113}	r_{113}	Q_{113}	m_1		W	v_s		m_2		Δm
č.	č.		[mm]	[g.l ⁻¹]	[min ⁻¹]	[l.min ⁻¹]	[g.min ⁻¹]		[g.m ⁻²]	[m.min ⁻¹]		[g.min ⁻¹]		[g.min ⁻¹]
						6 . d	5 . 7					10.11. b		8-13
						d=2						b=1,4		
6	1		266	3,6027	230	460	1657		41,6	26,7		1555		102,0
	2		206	3,4286	230	460	1577		40,6	26,8		1523		54,0
	3		156	3,6214	229	456	1659		39,4	26,9		1484		175,0
	4		266	3,4891	231	462	1612		45,1	26,9		1698		- 86,0
	5		272	3,5727	230	460	1643		41,7	26,8		1565		78,0
	6		281	3,6231	230	460	1667		42,1	26,7		1574		93,0
	7		291	3,6989	230	460	1701		41,8	26,6		1557		144,0
	8		295	3,5787	231	462	1653		42,1	26,5		1562		91,0
	9		305	3,6131	232	464	1676		42,0	26,5		1558		118,0
	10		309	3,5637	232	464	1654		45,8	26,6		1706		- 52,0
	Ø			3,5792	230,5	461	1650		42,2	26,7		1577		73,0

cca 90 % omezení průtoku pro uložení první vrstvy vláken. Tato vlákna jsou ze síta vyplavena čistícími stříčkami s tlakovou vodou. Záporné hodnoty Δm jsou jevem paradoxním, ovšem je třeba si uvědomit, že nebylo vždy možné ve stejném časovém okamžiku odebírat vzorky na vstupu a výstupu. V průměru serie zkoušek nepřekročily ztráty obvyklou mez.

4.4.5. Vyhodnocení filtračních parametrů

Vzorky odebrané při zkouškách byly vyhodnoceny z hlediska filtračních parametrů. Byla sledována propustnost vzduchu V [$l \cdot m^2 \cdot s^{-1}$], velikost maximálního a středního průměru pórů d_{max} , d_{50} [μm], tržná délka podél l_{tp} [m] a napříč směru výroby l_{tn} [m], plošná hmotnost W [$g \cdot m^{-2}$] a objemová hmotnost ρ_v [$kg \cdot m^{-3}$].

Výsledky jsou uvedeny v tabulkách č. 14 - 19. Nehodnocené vzorky v jednotlivých seriích neodpovídaly plošnou hmotností zvolenému rozsahu nebo se nepodařilo tyto vzorky usušit v sušící partii stroje.

Na základě naměřených hodnot byly zpracovány grafy znázorňující trendy změn vlastností při různých výškách hladiny v nátoku. Viz obr. č. 22-27. Při porovnání grafů je možné konstatovat, že trendy vlastností jsou pro všechny serie zkoušek obdobné. Se stoupající pevností klesají maximální a střední póry a klesá propustnost pro vzduch, což ukazuje na zestejnoměrnění rozložení vláken vlivem

snížující se koncentrace vláken v nátoku. Po dosažení maxima pevností a minima velikosti pórů a propustnosti pro vzduch dochází k výraznému zvratu vlastností. Přitom dále se zvyšující se hladinou v nátoku dále klesá koncentrace vláken, což by mělo mít za následek zlepšování nebo minimálně udržení těchto dosažených hodnot. Na obr. č. 22-27 znázorňujících tyto trendy byla vyznačena oblast výšky hladiny v nátoku, při které filtrační papír má vlastnosti v optimu.

4.4.6. Vyhodnocení podmínek v nátoku

Z předcházejících zjištění bylo zřejmé, že pokles vlastností souvisí se zhoršením podmínek tváření listu, se zhoršením průhledu papíru. Byly vypočítány rychlosti proudu suspenze v nátoku v_{N1} a v místě začátku odvodňovací zóny v_{N2} . Při výpočtu se vycházelo z naměřených hodnot koncentrace v nátoku k_N a průměru hmotnosti vláken vstupujících do nátoku m_1 .

$$Q_N = \frac{m_1}{k_N}$$

kde - Q_N průtok vláknenné suspenze v nátoku
[l.min⁻¹]

m_1 hmotnost vláken vstupujících do
nátoku [g.min⁻¹]

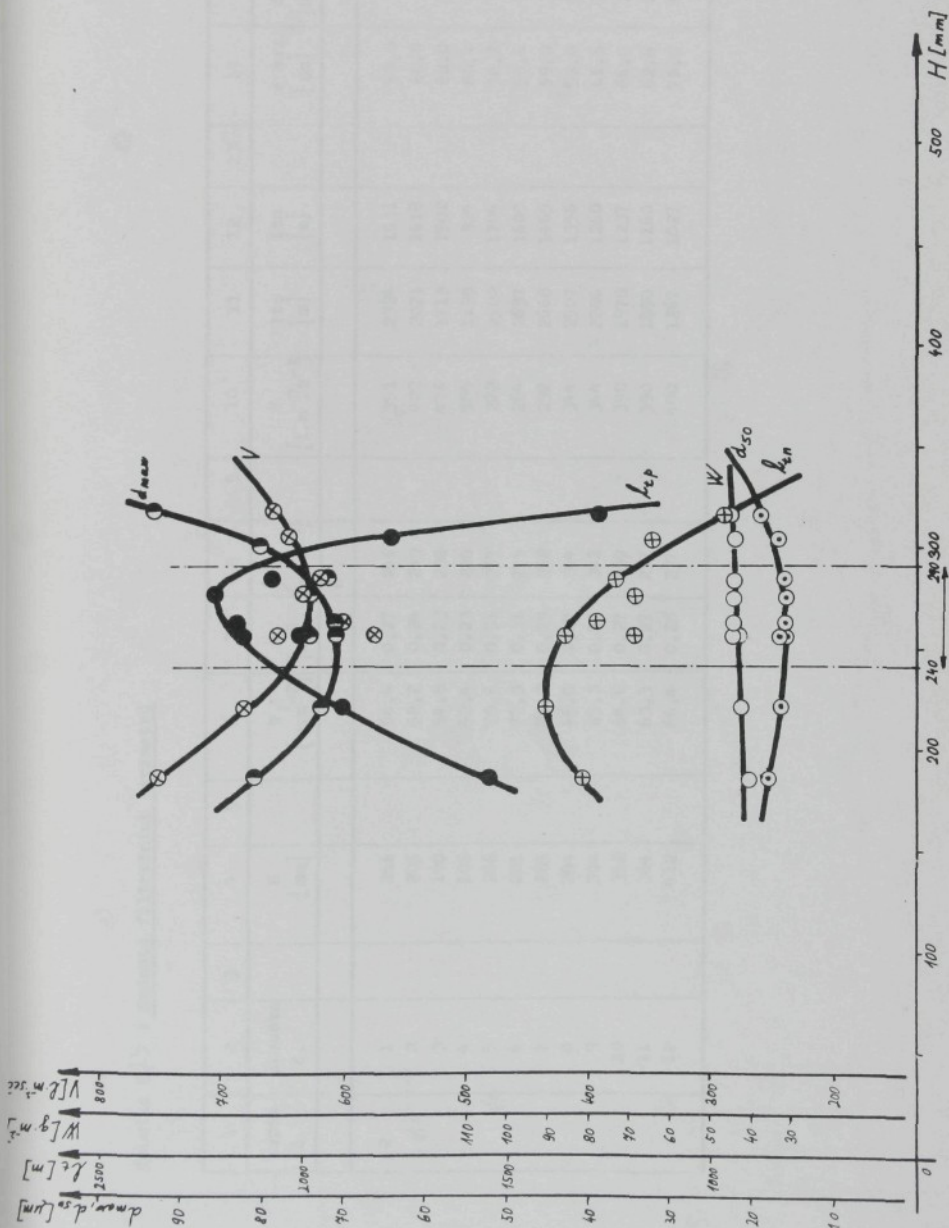
k_N koncentrace vláken v nátoku [g.l⁻¹]

Rychlost proudu suspenze bude v místě volné hladiny

$$v_{N1} = \frac{Q_N}{P_1} = \frac{Q_N}{H \cdot b}$$

Tabulka č. 14: Hodnoty filtračních parametrů

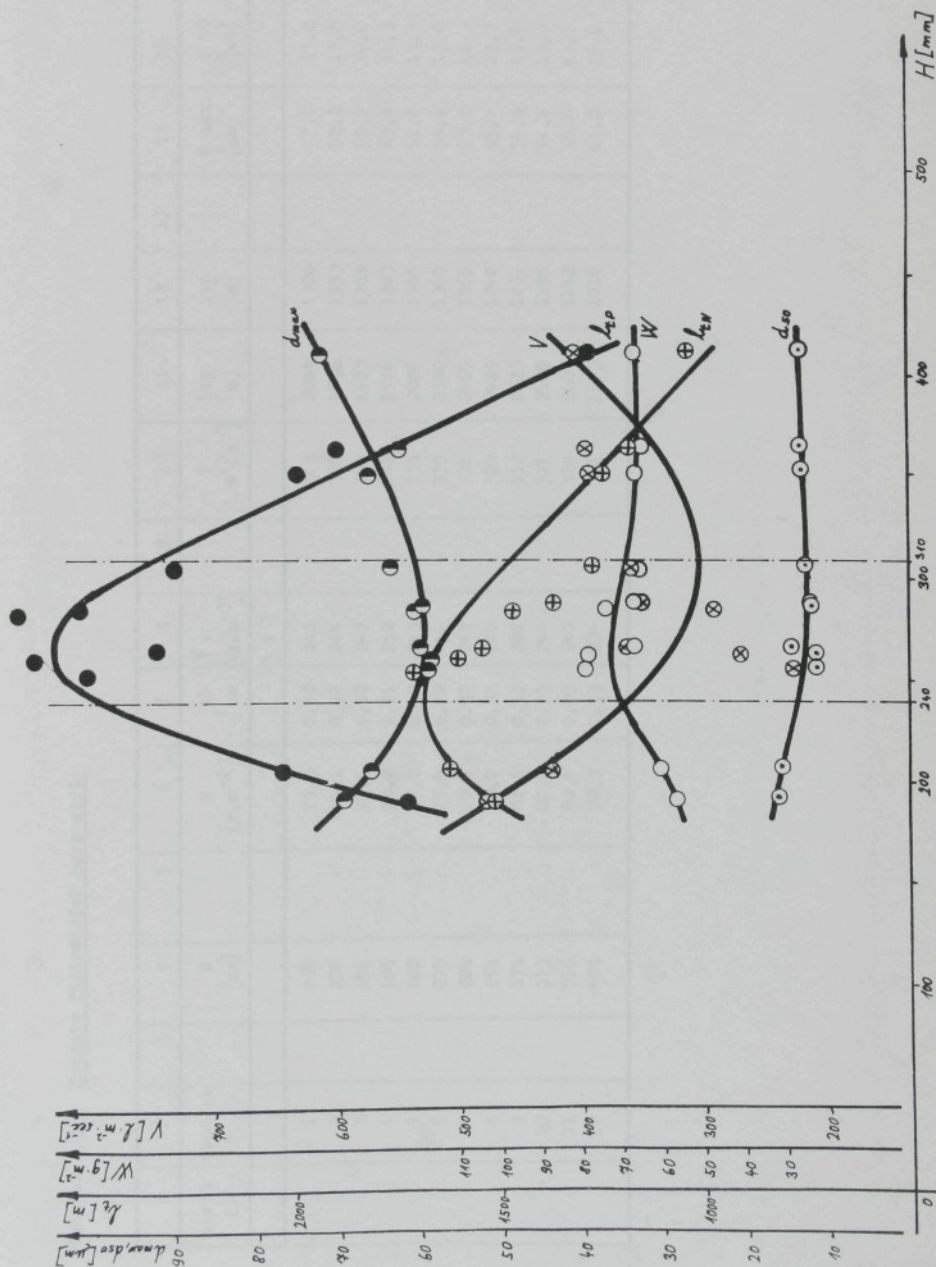
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška		H [mm]		W [g.m ⁻²]	t [mm]	ρ_v [kg.m ⁻³]		V [l.m ⁻² .s ⁻¹]	ltp [m]	ltm [m]		d max. [μm]	d 50 [μm]
							6 : 7							
1	1		255		43,0	0,18	239		647	1999	1183		73,8	17,2
	2		220		42,0	0,18	233		680	1906	1406		72,6	17,4
	3		185		40,0	0,17	235		748	1543	1312		81,2	18,0
	4		106		19,1	0,10	191		-	-	-		-	-
	5		255		44,0	0,18	244		567	2143	1358		70,6	16,2
	6		262		44,0	0,18	244		600	2157	1272		72,2	16,5
	7		275		44,0	0,18	244		630	2209	1187		73,7	16,7
	8		283		44,0	0,18	238		620	2078	1228		72,4	16,9
	9		305		43,4	0,19	228		636	1785	1136		80,4	17,2
	10		315		44,2	0,19	227		653	1271	961		93,0	18,6



Obr. č. 22 Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 1

Tabulka č. 15 : Hodnoty filtračních parametrů

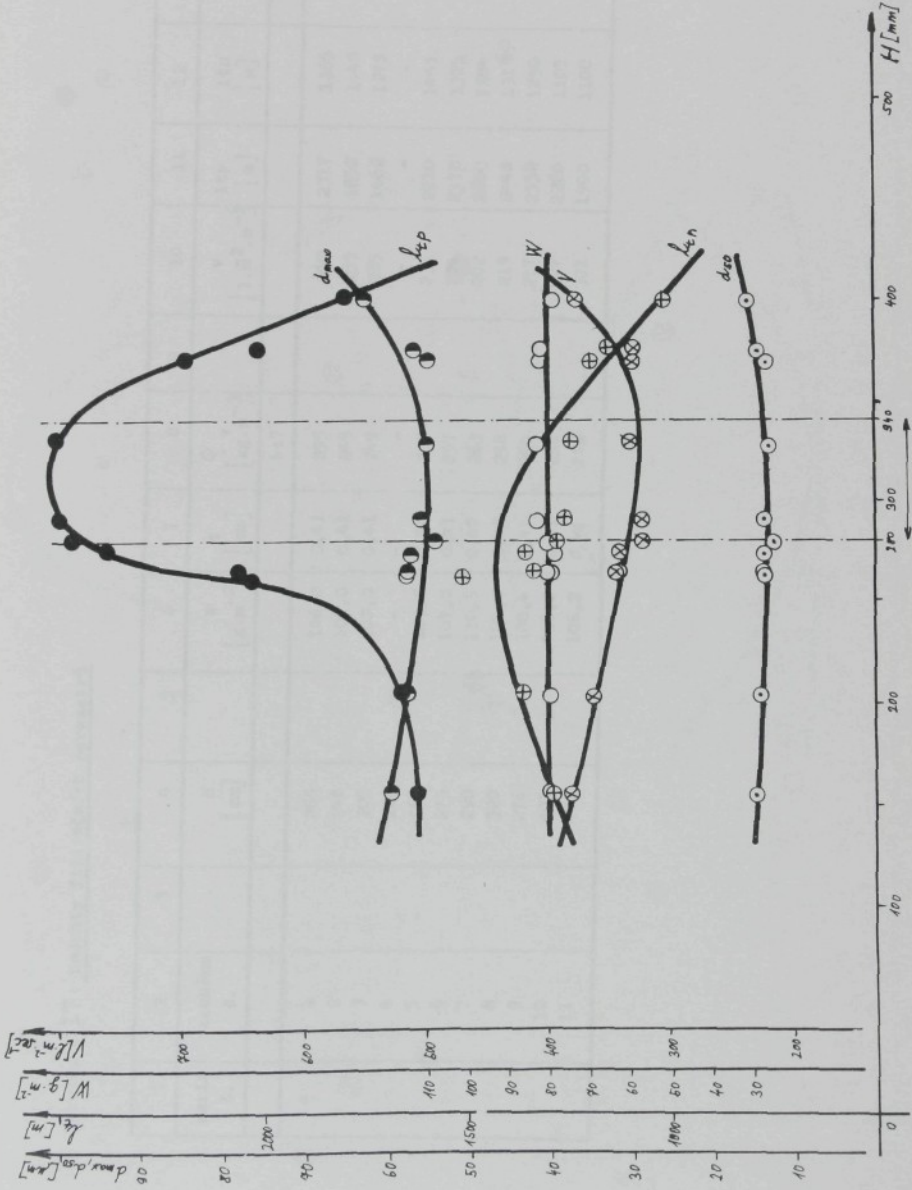
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]		W [g.m ⁻²]	t [mm]	ρ_v [kg.m ⁻³]		V [l.m ^{-2.s⁻¹]}	lt _p [m]	lt _n [m]		d max. [μm]	d 50 [μm]
							6 : 7							
2	1		266		66,4	0,27	246		351	2324	1531		59,0	14,0
	2		206		58,2	0,24	243		422	2021	1618		66,0	15,3
	3		190		54,8	0,23	238		476	1719	1502		68,0	15,6
	4		106		52,4	0,23	228		585	1198	924		80,4	17,0
	5		266		79,6	0,31	257		222	2502	1704		58,2	11,0
	6		281		77,3	0,31	249		264	2637	1600		55,6	11,3
	7		285		73,2	0,29	252		292	2668	1465		59,0	12,6
	8		284		66,0	0,27	244		344	2507	1356		59,0	14,0
	9		304		65,3	0,27	242		344	2286	1260		61,6	14,0
	10		352		64,6	0,27	239		390	1978	1237		66,0	14,0
	11		364		63,3	0,27	237		390	1890	1160		62,8	14,0
	12		412		66,4	0,28	237		400	1267	1027		72,8	14,6



Obr. č. 23 Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 2

Tabulka č.16 Hodnoty filtračních parametrů

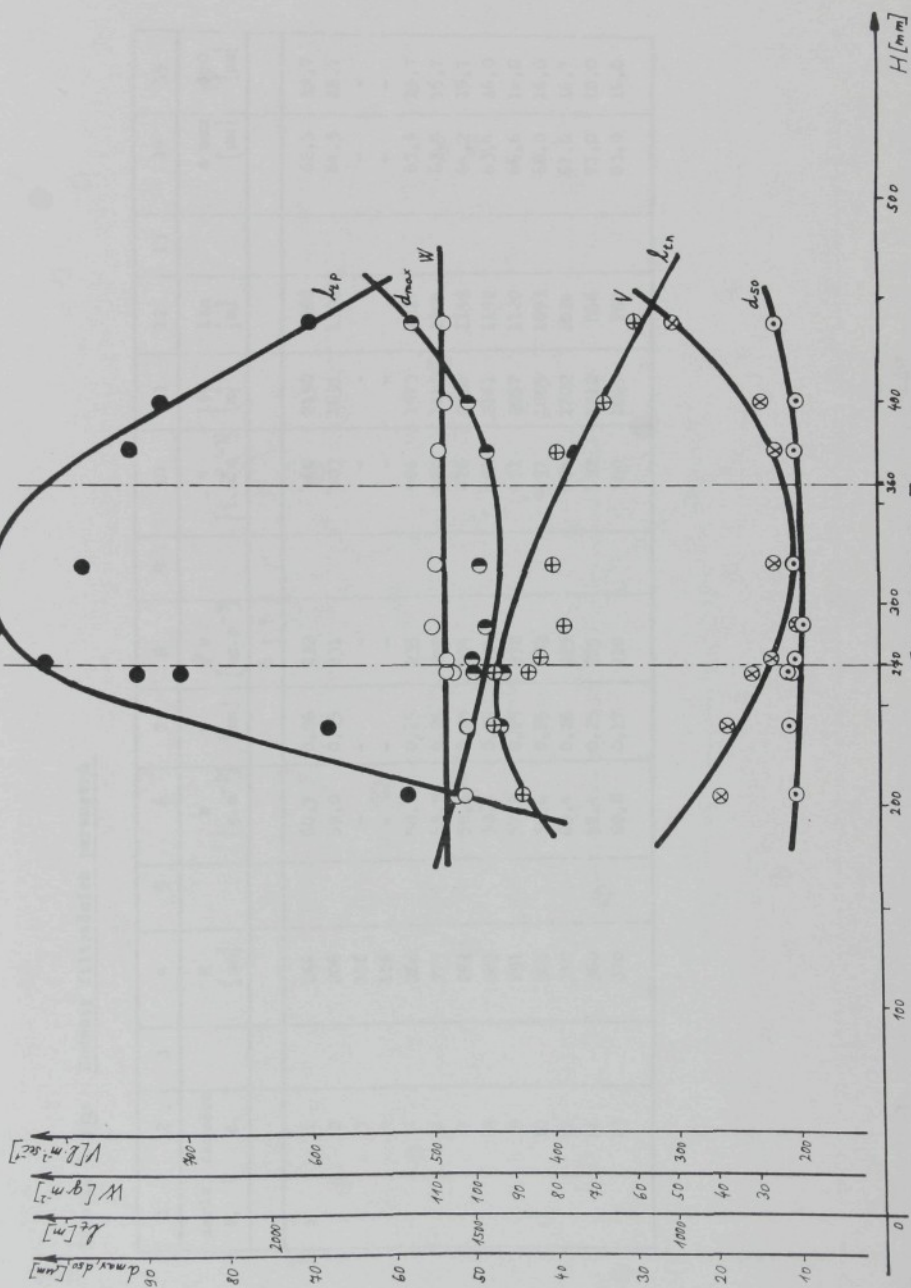
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]		W [g.m ⁻²]	t [mm]	$\frac{\phi}{v}$ [kg.m ⁻³]		V [l.m ⁻² .s ⁻¹]	ltp [m]	ltm [m]		d max. [μm]	D_{50} [μm]
							6 : 7							
3	1		266		79,3	0,32	248		343	2044	1320		57,0	13,0
	2		206		78,1	0,32	244		360	1636	1353		58,2	13,6
	3		156		77,5	0,32	242		382	1623	1289		59,2	14,0
	4		106		78,2	0,31	252		388	1576	1283		63,4	14,3
	5		262		80,2	0,33	243		333	2026	1505		61,6	13,3
	6		275		77,4	0,32	242		339	2380	1300		56,6	13,0
	7		281		80,7	0,32	248		321	2460	1265		53,2	12,3
	8		291		82,0	0,33	248		320	2489	1248		55,4	13,3
	9		331		81,6	0,33	247		332	2223	1234		54,6	13,0
	10		371		80,6	0,33	244		327	2180	1199		54,6	13,0
	11		376		80,4	0,33	240		329	2004	1142		55,6	13,7
	12		401		78,3	0,33	234		371	1793	1016		61,8	15,0



Obr. č. 24 Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 3

Tabulka č.17: Hodnoty filtračních parametrů

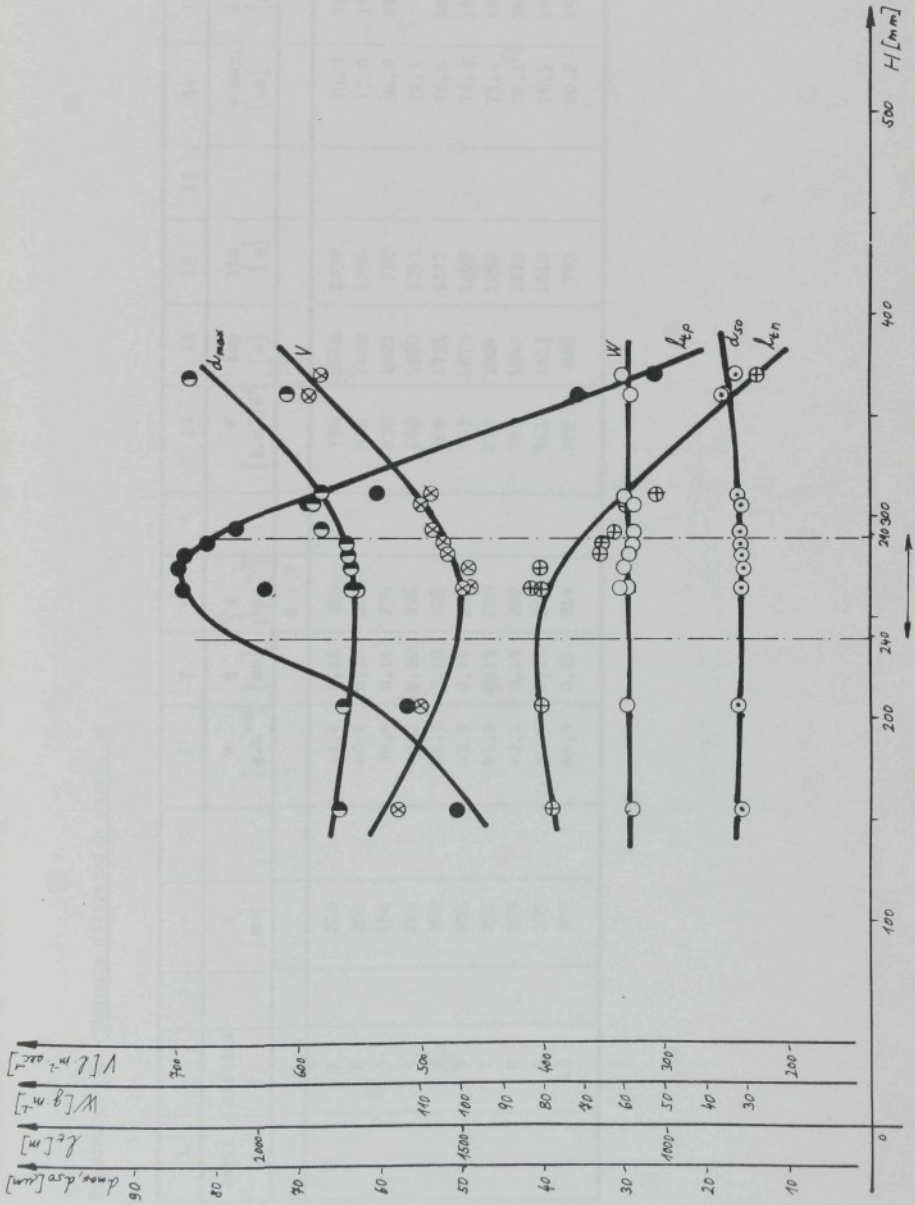
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]		W [g.m ⁻²]	t [mm]	Q _v [kg.m ⁻³]		V [l.m ⁻² .s ⁻¹]	ltp [m]	ltm [m]		d max. [μm]	d 50 [μm]
							6:7							
4	1		266		106,0	0,41	255		240	2317	1365		45,7	11,0
	2		240		102,0	0,41	249		259	1852	1448		47,5	11,0
	3		205		102,0	0,41	249		265	1662	1375		52,2	10,3
	4		106		-	-	-		-	-	-		-	-
	5		266		103,8	0,41	253		231	2210	1451		50,1	10,0
	6		275		107,0	0,41	257		224	2570	1325		50,0	10,3
	7		290		110,5	0,42	263		202	2680	1284		48,4	9,3
	8		320		109,0	0,42	258		219	2448	1319		49,0	10,3
	9		276		108,4	0,41	260		217	2332	1290		48,4	10,0
	10		401		106,2	0,41	256		227	2260	1185		50,0	10,0
	11		440		106,2	0,41	256		301	1900	1100		55,0	13,0



Obr. č. 25 Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 4

Tabulka č. 18: Hodnoty filtračních parametrů

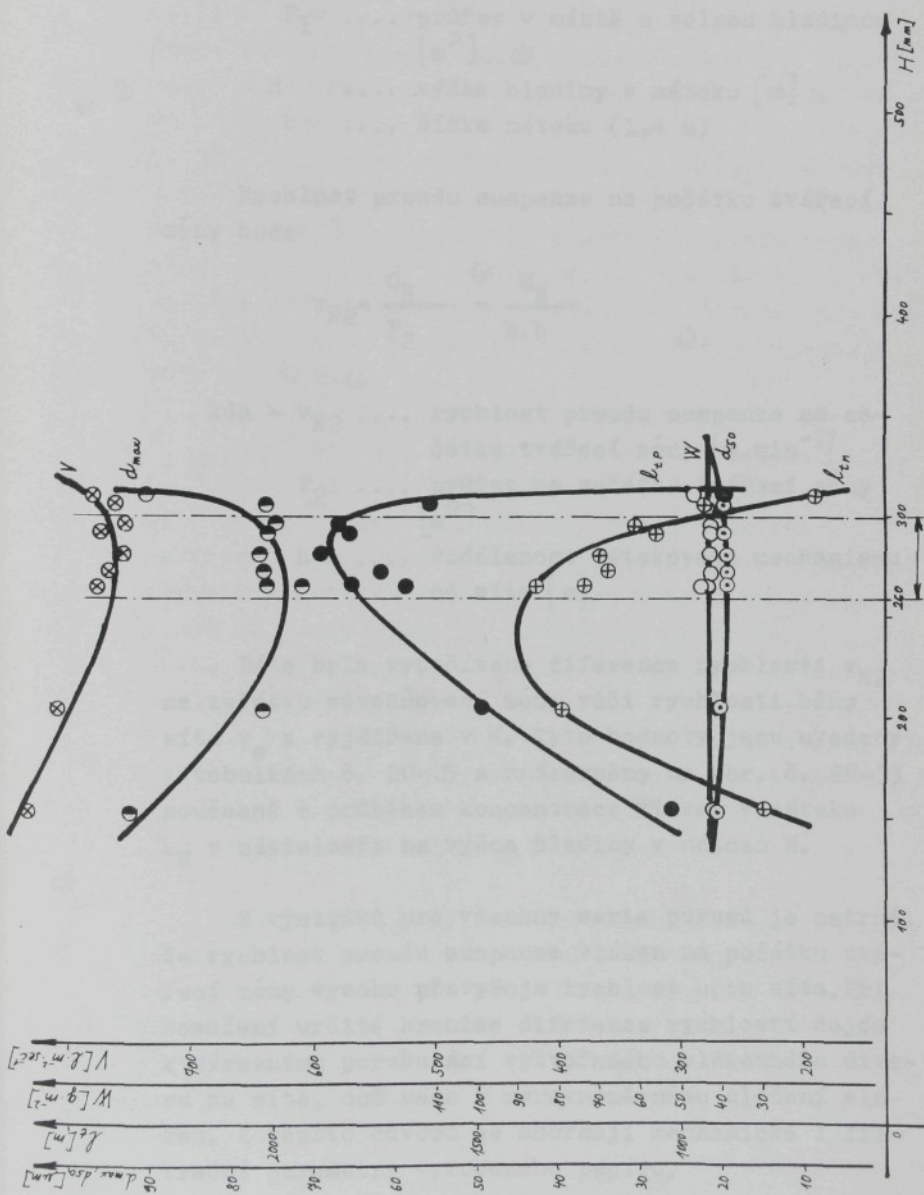
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]		W [g.m ⁻²]	t [mm]	ρ_v [kg.m ⁻³]		v [l.m ⁻² .s ⁻¹]	ltp [m]	ltn [m]		d max [μm]	d50 [μm]
							6 : 7							
5	1		266		60,7	0,26	232		460	2190	1280		62,5	15,7
	2		206		59,0	0,25	231		503	1631	1302		64,5	16,7
	3		156		-	-	-		-	-	-		-	-
	4		106		-	-	-		-	-	-		-	-
	5		266		58,7	0,25	235		466	1973	1327		63,6	15,7
	6		275		59,9	0,25	240		460	1193	1304		63,5	15,7
	7		281		58,6	0,25	234		476	2184	1159		64,2	15,7
	8		285		58,4	0,25	234		481	2161	1152		63,4	16,0
	9		291		57,9	0,25	232		491	2057	1120		66,6	16,0
	10		305		58,6	0,25	232		497	1885	1093		68,0	16,0
	11		310		60,4	0,26	229		484	1702	1024		67,0	16,7
	12		360		57,4	0,25	225		592	1212	856		71,0	18,0
	13		370		60,0	0,27	218		580	1025	784		83,0	16,0



Obr. č. 26 Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 5

Tabulka č. 19: Hodnoty filtračních parametrů

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
serie č.	zkouška č.		H [mm]		W [g.m ⁻²]	t [mm]	ρ_v [kg.m ⁻³]		V [l.m ⁻² .s ⁻¹]	ltp [m]	ltu [m]		d max. [μm]	d 50 [μm]
							6 : 7							
6	1		266		41,6	0,19	219		774	1668	1232		75,3	19,0
	2		206		40,6	0,12	219		808	1482	1296		77,0	19,6
	3		156		39,4	0,14	276		830	1021	799		94,0	21,0
	4		266		45,1	0,20	226		662	1800	1353		72,1	-
	5		272		41,7	0,18	225		768	1731	1177		76,6	18,6
	6		281		42,1	0,19	222		753	1878	1189		76,9	18,3
	7		291		41,8	0,19	220		771	1804	1052		75,4	18,7
	8		295		42,1	0,19	222		752	1847	1112		74,1	18,7
	9		305		42,0	0,19	221		761	1613	1010		76,5	18,0
	10		309		45,8	0,21	214		782	886	763		90,2	19,0



Obr. č. 27 Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 6

kde - v_{N1} rychlost proudu suspenze $[m.min^{-1}]$
 Q_N průtok vláknenné suspenze $[l.min^{-1}]$
 P_1 průřez v místě s volnou hladinou
 $[m^2]$
 H výška hladiny v nátoku $[m]$
 b šířka nátoku (1,4 m)

Rychlost proudu suspenze na počátku tvářecí zóny bude

$$v_{N2} = \frac{Q_N}{P_2} = \frac{Q_N}{h \cdot b}$$

kde - v_{N2} rychlost proudu suspenze na začátku tvářecí zóny $[m.min^{-1}]$
 P_2 průřez na začátku tvářecí zóny
 $[m^2]$
 h vzdálenost výtokového mechanismu od síta $[m]$

Dále byla vypočítána difference rychlosti v_{N2} na začátku odvodňovací zóny vůči rychlosti běhu síta v_s a vyjádřena v %. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách č. 20-25 a znázorněny na obr. č. 28-33 současně s průběhem koncentrace vláken v nátoku k_N v závislosti na výšce hladiny v nátoku H .

Z výsledků pro všechny serie pokusů je patrné, že rychlost proudu suspenze vláken na počátku tvářecí zóny vysoko převyšuje rychlost běhu síta. Při dosažení určité hranice difference rychlostí dojde k výraznému porušování vytvořeného vláknenného útvaru na sítě, což vede k nerovnoměrnému uložení vláken. Z těchto důvodů se zhoršují mechanické i filtrační parametry vyrobeného papíru.

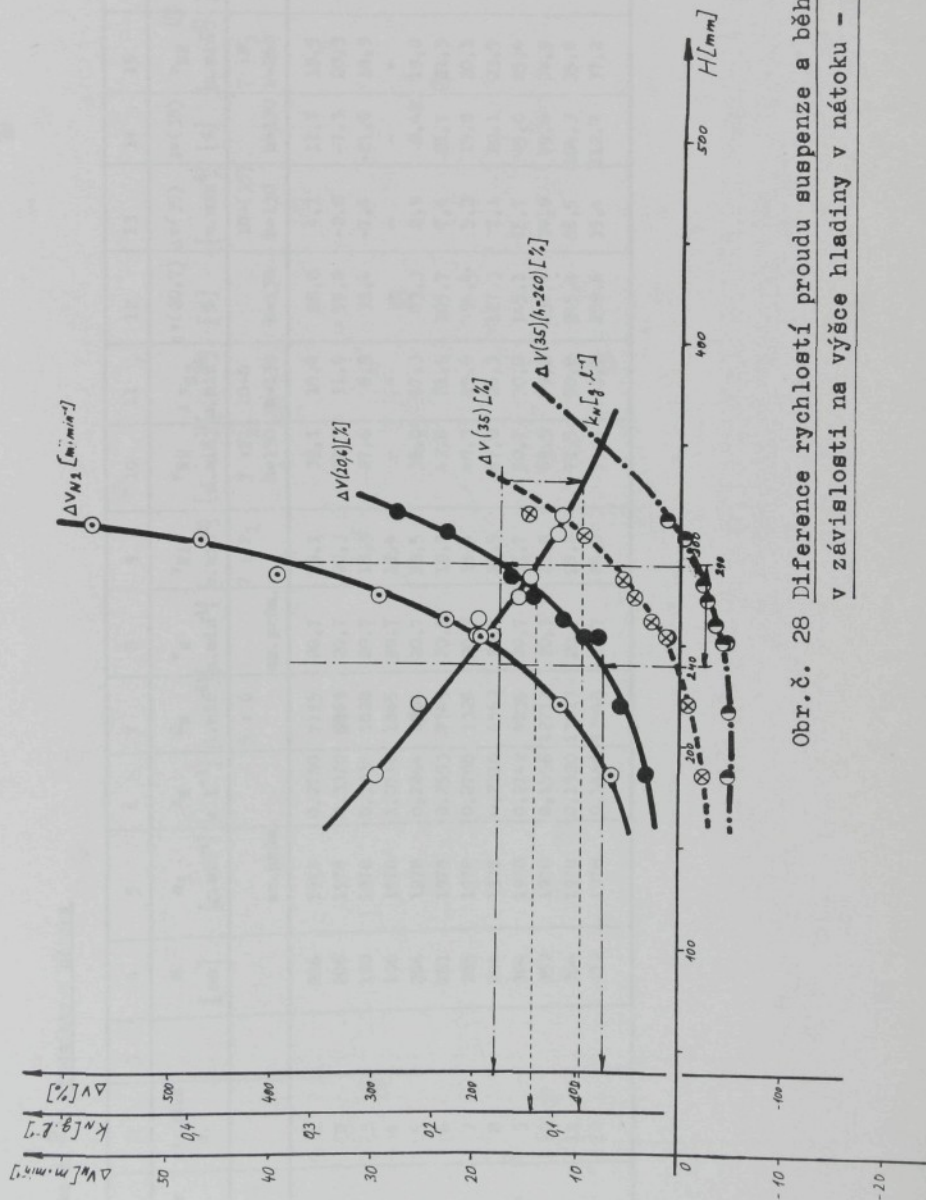
Jako opatření ke snížení difference rychlostí bylo navrženo zvýšit konstrukční rychlost běhu síta na hodnotu 35 m.min^{-1} . Tato rychlost je dosažitelná změnou převodových poměrů v mechanické části pohonu stroje. Další zvýšení rychlosti není možné z důvodu konstrukce pohonu celého stroje včetně sušicí partie. Pro tuto rychlost byly vypočítány hodnoty difference rychlostí proudu suspenze a síta. V tab. č. 20-25 jsou uvedeny ve sloupci 13 a 14 a na obr. 28-33 je znázorněn průběh difference rychlostí při $v_g = 35 \text{ m.min}^{-1}$ čárkovaně. Je patrné, že ve všech případech jsme získali nižší hodnoty diferencí a blíží se stavu kdy rozdíl rychlostí proudu suspenze a síta se rovná 0.

Další možnost snížení difference rychlosti proudu suspenze a běhu síta je konstrukční změna tvaru výtokového mechanismu. Po poradě s konstruktéry bylo navrženo změnit tvar tohoto dílu tak, aby vzdálenost v místě začátku odvodňovací zóny byla dvojnásobná t.j. $h=260 \text{ mm}$. Tato změna je znázorněna na obr.č. 34. Pro novou hodnotu průřezu P_3 byly vypočítány hodnoty diferencí rychlostí uvedené v tab. č. 20-25 ve sloupci 15, 16, 17. Z průběhu křivky znázorněné na obr. č. 28-33 čerchovanou čarou je zřejmé, že hodnoty diferencí jsou převážně záporné a nulové hodnoty je možné dosáhnout při současně nízké koncentraci vláken.

Na obr. č. 28-33 jsou znázorněny hranice výšky hladiny v nátoku a jím příslušné hodnoty v vyjádřené v %. Horní hranice difference rychlosti, při které je tvorba listu ještě přijatelná leží v rozmezí 150-220 %. Z průběhu křivek difference rychlostí na obr. č. 28-33 je možné odečíst hodnoty koncentrace

Tabulka č. 20 Podmínky v nátoku

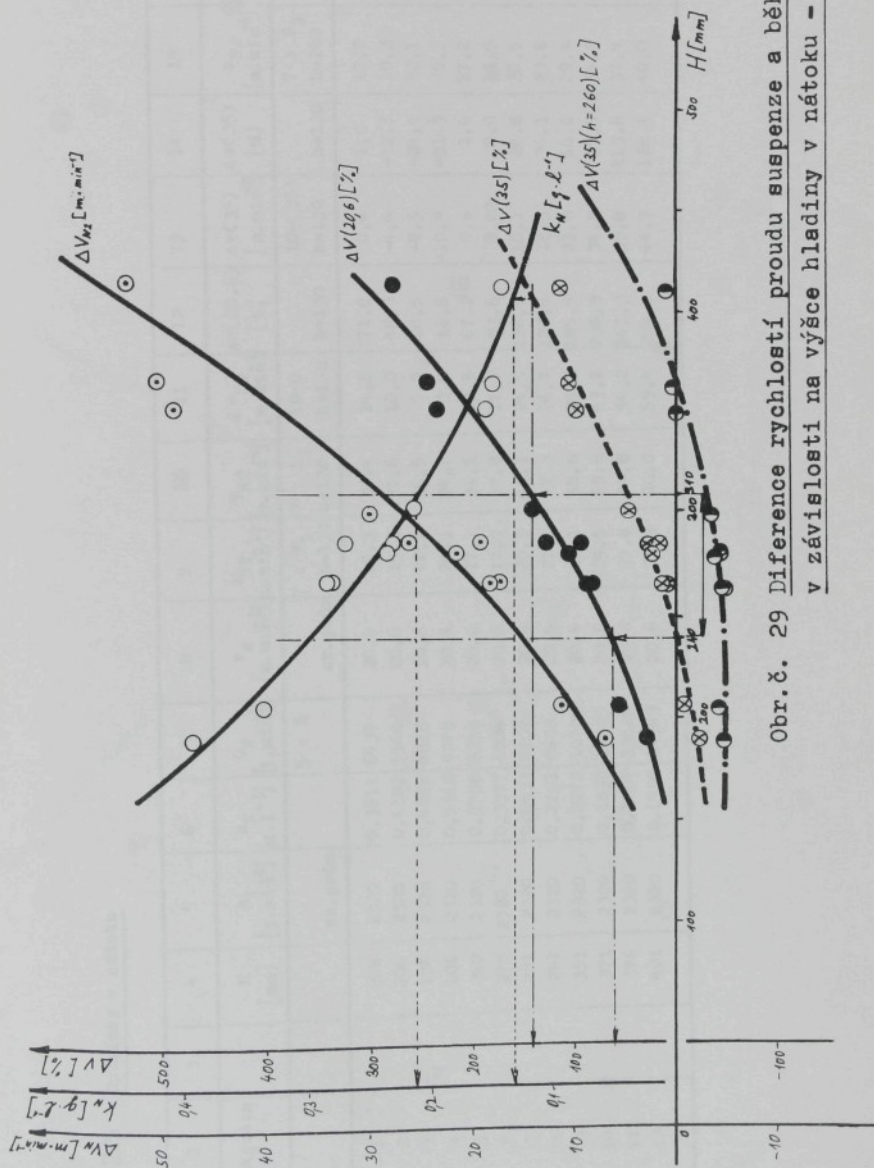
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
serie č.	zkouška č.		H [mm]	m_1 [g.min ⁻¹]	k_N [g.l ⁻¹]	Q_N [l.min ⁻¹]	v_s [m.min ⁻¹]	v_{N1} [m.min ⁻¹]	v_{N2} [m.min ⁻¹]	Δv_{N2} [m.min ⁻¹]	$\Delta v(20\phi)$ [%]	$\Delta v(35)$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [%]	v_{N2} [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [%]
				sr.prům.		5 : 6	sr.prům.	7:P ₁	7:P ₂	10-8	h=130	10-(35)	h=130	7:P ₃	15-(35)	h=260
									h=130	h=130	h=130	h=130	h=130	h=260	h=260	h=260
1	1		255	1269	0,1768	7177	20,6	20,1	39,5	18,9	91,6	4,5	12,7	20,1	-14,9	-42,6
	2		220	1269	0,2164	5864	20,6	19,0	32,3	11,7	56,6	-2,8	-7,9	19,0	-16,0	-45,7
	3		185	1269	0,2566	4945	20,6	19,1	27,2	6,6	32,0	-7,8	-22,3	19,1	-15,9	-45,4
	4		106	1269	-	-	20,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5		255	1269	0,1888	6721	20,6	18,8	37,0	16,4	79,4	1,9	5,6	18,8	-16,2	-46,3
	6		262	1269	0,1595	7956	20,6	21,7	43,8	23,2	112,4	8,8	25,0	21,8	-13,2	-37,7
	7		275	1269	0,1392	9116	20,6	23,6	50,1	29,6	143,3	15,1	43,2	25,1	- 9,9	-28,3
	8		283	1269	0,1280	9914	20,6	25,0	54,5	33,9	164,7	19,5	55,8	27,3	- 7,7	-22,0
	9		305	1269	0,1030	12320	20,6	28,9	67,8	47,2	228,8	32,8	93,6	33,9	- 1,1	- 3,1
	10		315	1269	0,0892	14226	20,6	32,3	78,2	57,6	279,8	43,2	123,5	39,1	4,1	11,7



Obr. č. 28 Diference rychlosti proudu suspenze a běhu síta
v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie I

Tabulka č. 21: Podmínky v nátoku

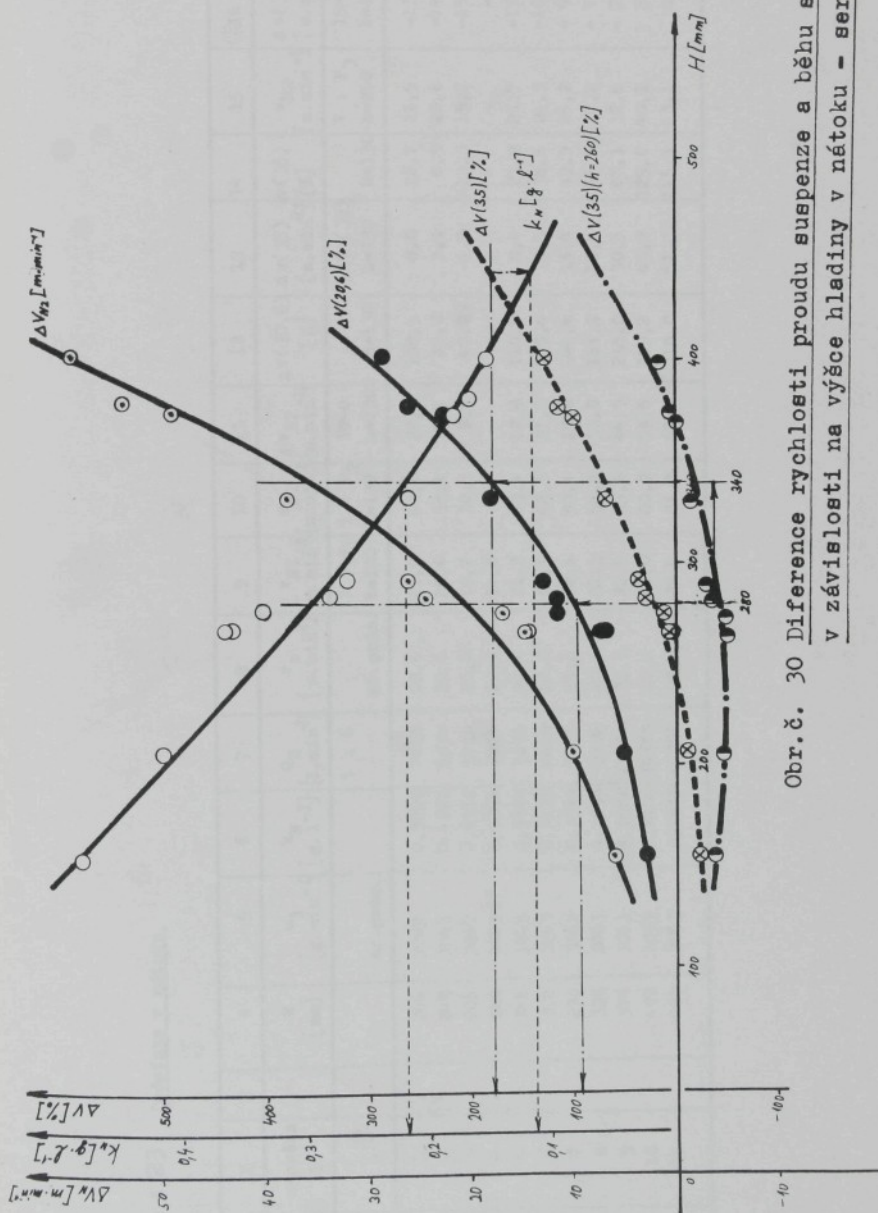
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
serie č.	zkouška č.		H [mm]	m ₁ [g.min ⁻¹]	k _N [g.l ⁻¹]	Q _N [l.min ⁻¹]	v _s [m.min ⁻¹]	v _{N1} [m.min ⁻¹]	v _{N2} [m.min ⁻¹]	Δv_{N2} [m.min ⁻¹]	$\Delta v(20,7)$ [%]	$\Delta v(35)$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [%]	v _{N2} [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [%]
				sr.prům.		5 : 6	sr.prům.	7 : P ₁	7 : P ₂	10-8	h=130	h=130	h=130	7 : P ₃	15-(35)	h=260
2	1		266	1978	0,2780	7115	20,7	19,1	39,1	18,4	88,8	4,1	11,7	19,5	-15,5	-44,3
	2		206	1978	0,3370	5869	20,7	20,3	32,3	11,6	55,8	-2,8	-7,9	20,3	-14,7	-42,0
	3		190	1978	0,3934	5028	20,7	18,9	27,6	6,9	33,4	-7,4	-21,0	18,9	-16,1	-46,0
	4		106	1978	1,0716	1845	20,7	12,4	-	-	-	-	-	-	-	-
	5		266	1978	0,2864	6906	20,7	18,5	38,0	17,3	83,3	2,9	8,42	19,0	-16,0	-45,7
	6		281	1978	0,2553	7749	20,7	19,7	42,6	21,9	105,7	7,6	21,7	21,3	-13,7	-39,1
	7		285	1978	0,2700	7326	20,7	18,4	40,3	19,6	94,4	5,3	15,0	20,1	-14,9	-42,6
	8		284	1978	0,2310	8562	20,7	21,5	47,0	26,3	127,3	7,1	20,1	23,5	-11,5	-32,9
	9		304	1978	0,2142	9235	20,7	21,7	50,7	30,0	145,1	15,7	45,0	25,4	-9,6	-27,4
	10		352	1978	0,1556	12712	20,7	25,8	69,9	49,2	237,4	24,9	99,6	24,9	-0,1	-0,3
	11		364	1978	0,1520	13013	20,7	25,8	71,5	50,8	245,4	36,5	104,3	35,8	0,8	2,3
	12		412	1978	0,1460	13548	20,7	26,9	74,4	53,7	259,6	39,4	112,7	37,2	2,2	6,3



Obr. č. 29 Diference rychlostí proudu suspenze a běhu síta
v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 2

Tabulka č. 22: Podmínky v nětoku

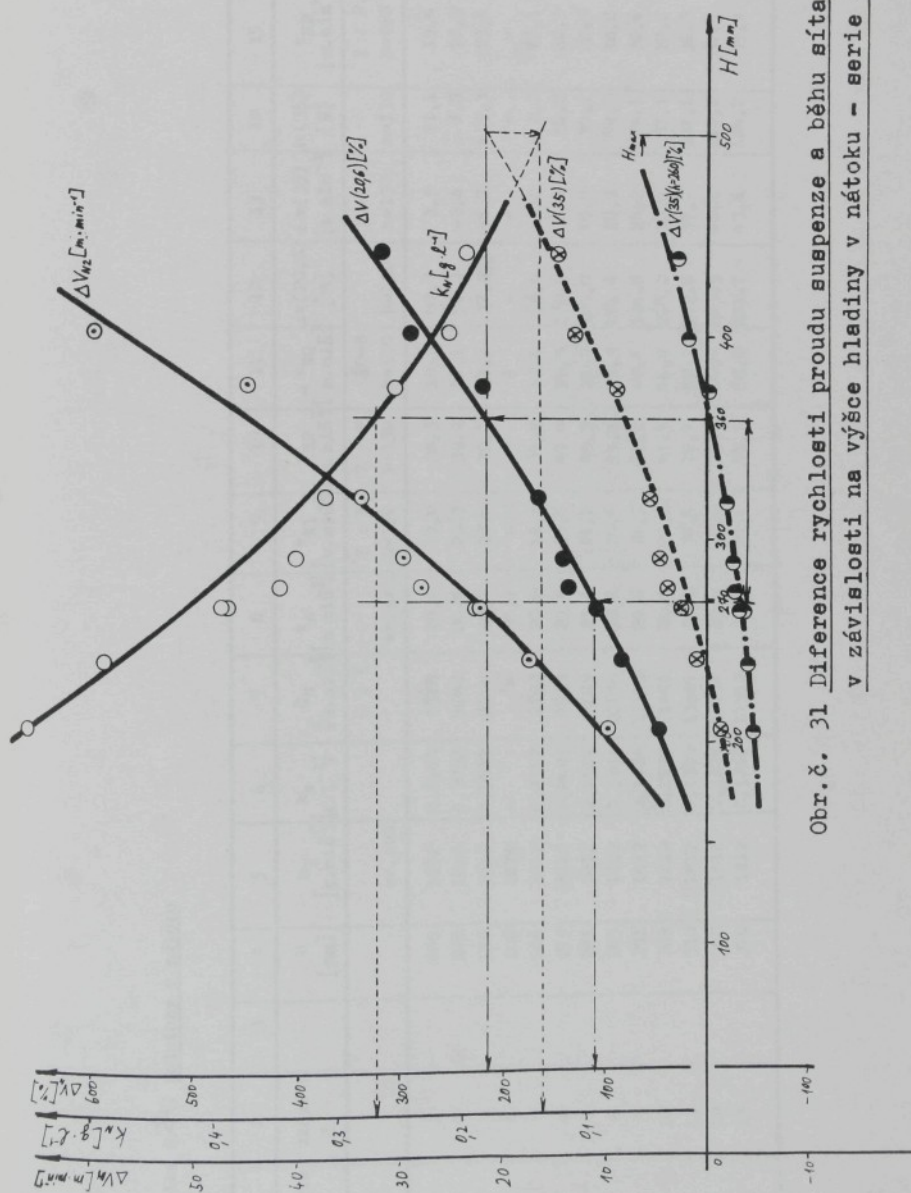
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
sexie p.	zkouška		H [mm]	m _l [g.min ⁻¹]	k _N [g.l ⁻¹]	Q _N [l.min ⁻¹]	v _m [m.min ⁻¹]	v _{NP} [m.min ⁻¹]	v _{N2} [m.min ⁻¹]	A v _{N2} [m.min ⁻¹]	Δv(20,6) [%]	Δv(35) [m.min ⁻¹]	Δv(35) [%]	v _{N2} [m.min ⁻¹]	Δv(35) [m.min ⁻¹]	Δv(35) [%]
				ar. prům.		5 : 6	ar. prům.	7 : P ₁ h=130	7 : P ₂ h=130	10-8 h=130	h=130	10-(35) h=130	h=130	7 : P ₃ h=260	15-(35) h=260	h=260
3	1		266	2320	0,3611	6439	20,6	17,3	35,4	14,8	71,8	0,4	1,0	17,7	-17,3	-49,4
	2		206	2320	0,4182	5560	20,6	19,3	30,6	10,0	48,3	-4,4	-12,7	19,3	-15,7	-44,9
	3		156	2320	0,4826	4818	20,6	22,1	26,5	5,9	28,5	-8,5	-24,4	22,1	-12,9	-36,9
	4		106	2320	0,5310	4379	20,6	29,5	24,1	3,5	16,8	-10,9	-31,3	29,5	-5,5	-15,7
	5		262	2320	0,3708	6270	20,6	17,1	34,5	13,9	67,2	0,6	1,6	17,2	-17,8	-50,9
	6		275	2320	0,3377	6884	20,6	17,9	37,8	17,2	83,6	2,82	8,0	18,9	-16,1	-46,0
	7		281	2320	0,2833	8207	20,6	20,9	45,1	24,5	118,9	10,1	28,8	22,5	-12,5	-35,7
	8		291	2320	0,2701	8608	20,6	21,1	47,3	26,7	129,6	12,3	35,1	23,6	-11,4	-32,6
	9		331	2320	0,2172	10704	20,6	23,1	58,8	38,2	185,5	23,8	68,0	29,4	-5,6	-16,0
	10		371	2320	0,1830	12705	20,6	24,5	69,8	49,2	238,9	34,8	99,5	34,9	-0,1	-0,3
	11		376	2320	0,1707	13620	20,6	25,8	74,8	54,2	263,3	39,8	113,8	37,4	2,4	6,9
	12		401	2320	0,1598	14545	20,6	25,9	80,0	59,4	288,1	44,9	128,4	40,0	5,0	14,3



Obr. č. 30 Diference rychlosti proudu suspenze a běhu síta
v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 3

Tabulka č. 23: Podmínky v nátoku

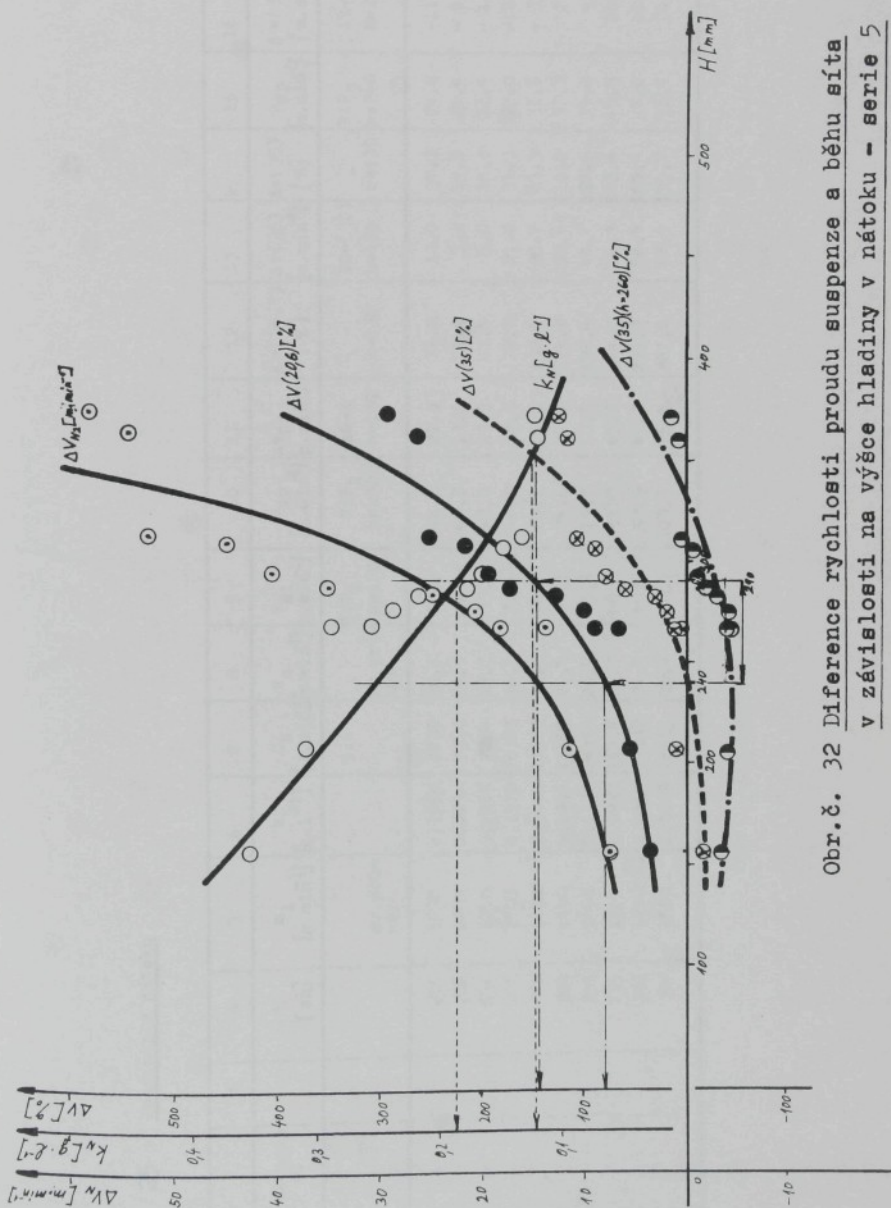
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
serie č.	zkouška č.		H [mm]	$m_1 - l$ [g.min]	$k_N - l$ [g.l]	Q_N [l.min ⁻¹]	v_s [m.min ⁻¹]	$v_{N1} - l$ [m.min ⁻¹]	$v_{N2} - l$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v_{N2} - l$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v(20,6)$ [%]	$\Delta v(35)$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [%]	$v_{N2} - l$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [m.min ⁻¹]	$\Delta v(35)$ [%]
				sr.prům.		5 : 6	sr.prům.	7 : P ₁ h=130	7 : P ₂ h=130	10-8 h=130	h=130	10-(35) h=130	h=130	7 : P ₃ h=260	15-(35) h=260	h=260
4	1		266	3063	0,3920	7819	20,6	21,0	43,0	22,4	108,5	8,0	22,7	21,5	-13,5	38,6
	2		240	3063	0,4920	6934	20,6	20,6	38,1	17,5	85,0	3,1	8,9	20,6	-14,4	41,1
	3		205	3063	0,5552	5520	20,6	19,2	30,3	9,7	47,2	-4,7	-13,3	19,2	-15,8	45,1
	4		106	3063	0,6064	5054	20,6	34,0	-	-	-	-	-	-	-	-
	5		266	3063	0,3884	7891	20,6	21,2	43,4	22,8	110,5	8,4	23,9	21,7	-13,3	38,0
	6		275	3063	0,3472	8828	20,6	22,9	48,5	27,9	135,4	13,5	38,6	24,3	-10,7	30,6
	7		290	3063	0,3344	9165	20,6	22,6	50,4	29,8	144,4	15,4	43,9	25,2	-9,8	28,0
	8		320	3063	0,3094	8906	20,6	22,1	54,4	33,8	164,2	19,4	55,5	27,2	-7,8	22,3
	9		376	3063	0,2570	11921	20,6	22,6	65,5	44,9	218,0	30,5	87,1	32,8	-2,2	6,3
	10		401	3063	0,2100	14592	20,6	26,0	80,2	59,6	289,2	45,2	129,0	40,1	5,1	14,6
	11		440	3063	0,1952	15702	20,6	25,4	86,3	65,7	318,8	51,3	146,5	43,1	8,1	23,1



Obr. č. 31 Diference rychlosti proudu suspenze a běhu síta
v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 4

Tabulka č. 24: Podmínky v nátočce

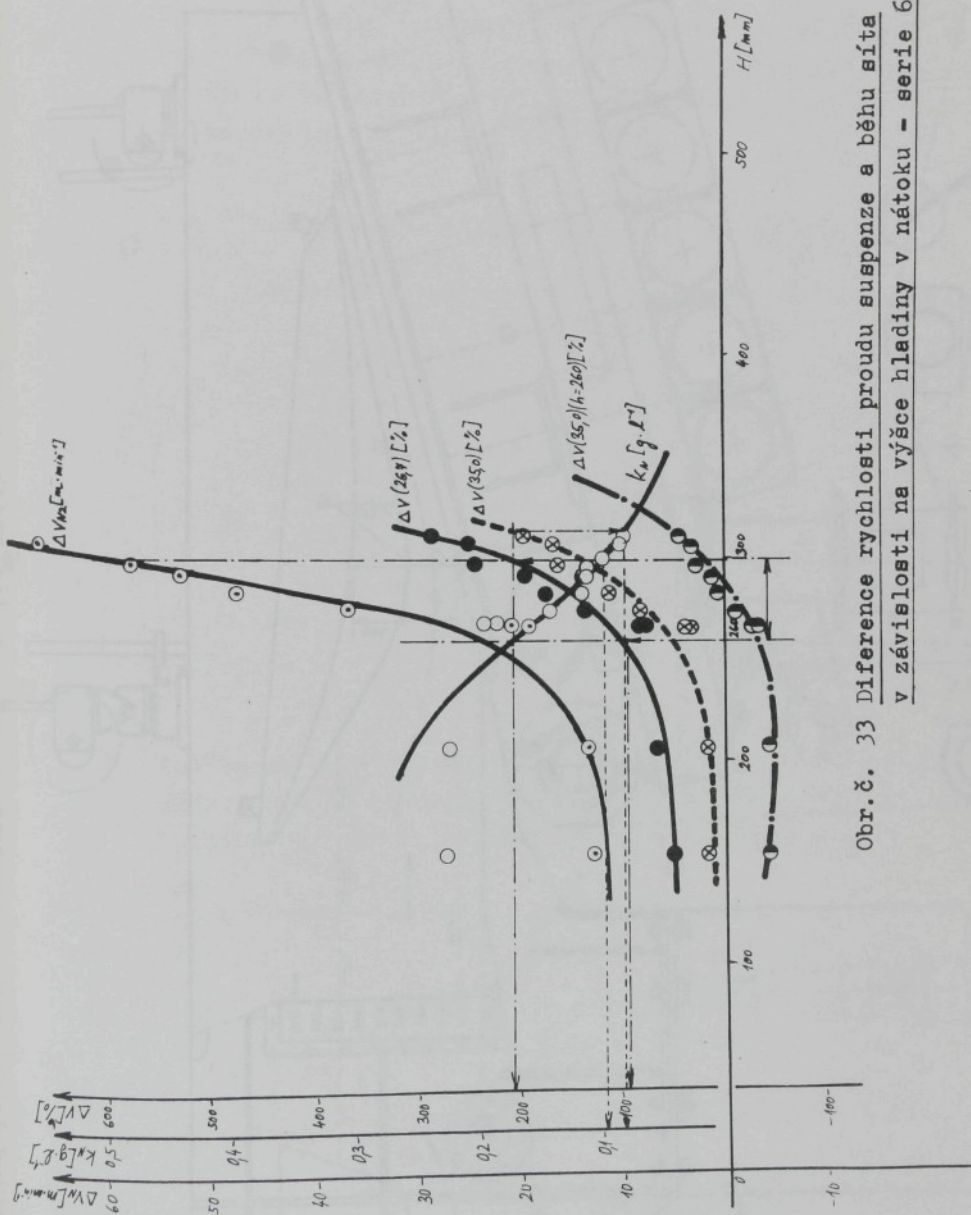
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
serie č.	zkouška č.		H [mm]	m_1 [g.min] ⁻¹	k_N [g.l] ⁻¹	Q_N [l.min] ⁻¹	v [m.min] ⁻¹	v_{N1} [m.min] ⁻¹	v_{N2} [m.min] ⁻¹	Δv_{N2} [m.min] ⁻¹	$\Delta v(20,6)$ [%]	$\Delta v(35)$ [m.min] ⁻¹	$\Delta v(35)$ [%]	v_{N2} [m.min] ⁻¹	$\Delta v(35)$ [m.min] ⁻¹	$\Delta v(35)$ [%]
				ar.prů.		5 : 6	ar.prů.	7 : P ₁ h=130	7 : P ₂ h=130	10-8 h=130		10-(35) h=130		7 : P ₃ h=260	15-(35) h=260	
5	1		266	1812	0,2560	7078	20,6	19,0	38,9	18,3	88,7	3,9	11,1	19,4	-15,6	-44,6
	2		206	1812	0,3092	5860	20,6	20,3	32,2	11,6	56,3	-2,8	-8,0	20,3	-14,7	-42,0
	3		156	1812	0,3522	5144	20,6	23,6	28,3	7,7	37,2	-6,7	-19,3	23,6	-11,4	-32,6
	4		106	1812	-	-	20,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5		266	1812	0,2912	6222	20,6	16,7	34,2	13,6	66,0	-0,8	-2,3	17,1	-17,9	-51,1
	6		275	1812	0,2407	7528	20,6	19,6	41,4	20,8	100,8	6,4	18,2	20,7	-14,3	-40,9
	7		281	1812	0,2187	8285	20,6	21,1	45,5	24,9	121,0	10,5	30,1	22,8	-12,2	-34,9
	8		285	1812	0,1781	10174	20,6	25,5	55,9	35,3	171,4	20,9	59,7	28,0	-7,0	-20,0
	9		291	1812	0,1628	11130	20,6	27,3	61,2	40,6	196,8	26,2	74,7	30,6	-4,4	-12,6
	10		305	1812	0,1520	11921	20,6	27,9	65,5	44,9	218,0	30,5	87,1	32,8	-2,2	-6,3
	11		310	1812	0,1370	13226	20,6	30,5	72,7	52,1	252,8	37,7	107,6	36,3	1,3	3,7
	12		360	1812	0,1328	13644	20,6	27,1	75,0	54,4	263,9	40,0	114,2	37,5	2,5	7,1
	13		370	1812	0,1266	14312	20,6	27,6	78,6	58,0	281,7	43,6	124,7	39,3	4,3	12,3



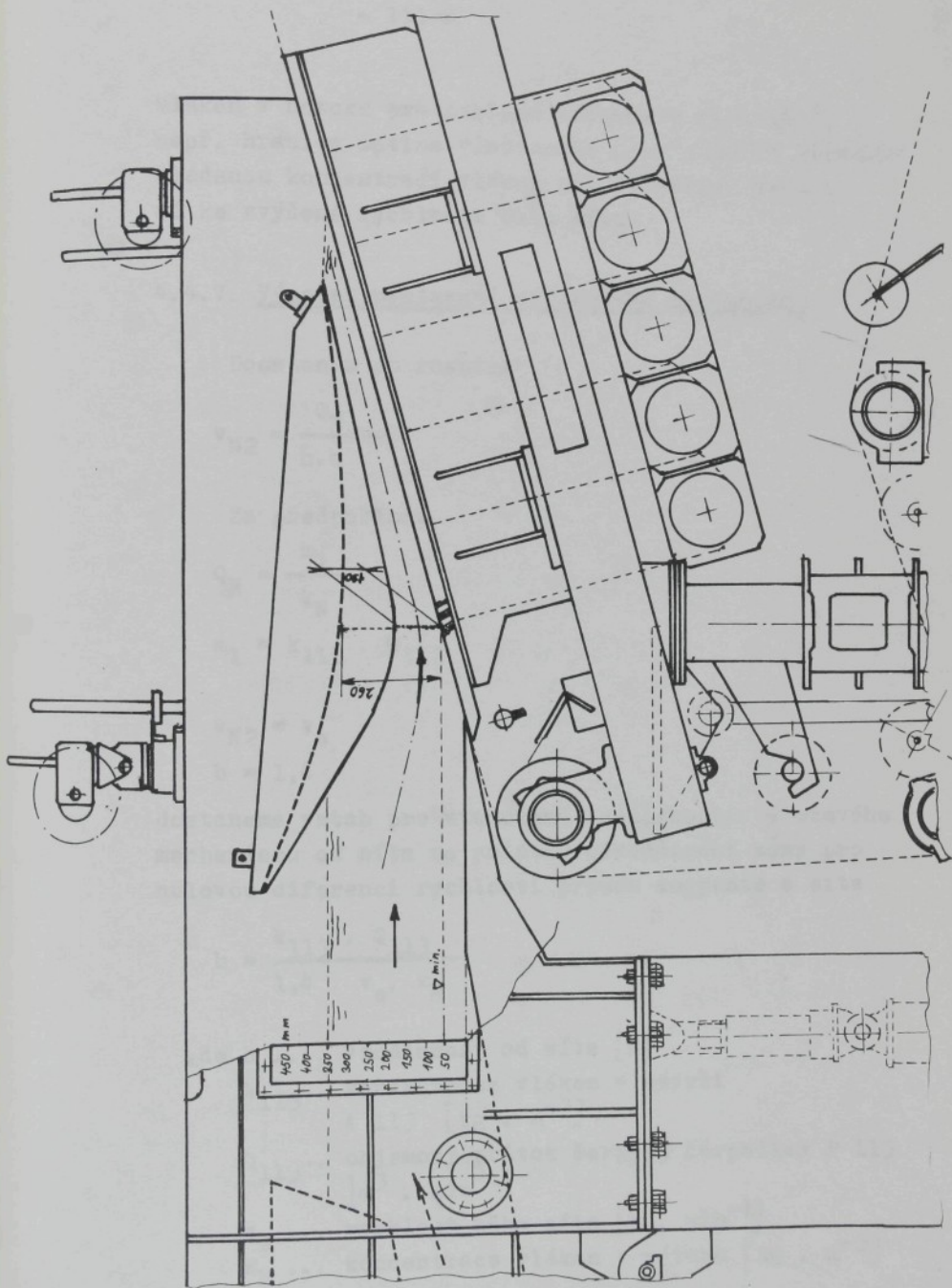
Obr.č. 32 Difference rychlosti proudu suspenze a běhu síta
v závislosti na výšce hladiny v nátku - serie 5

Tabulka P 25 : Podmínky v nátoku

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
serie č.	zkušeb. č.		H [mm]	m _l [g.min ⁻¹]	k _u [g.l ⁻¹]	Q _N [l.min ⁻¹]	v _s [m.min ⁻¹]	v _{N1} [m.min ⁻¹]	v _{N2} [m.min ⁻¹]	Δv _{N2} [m.min ⁻¹]	Δv(26,7) [%]	Δv(35) [m.min ⁻¹]	Δv(35) [%]	v _{N2} [m.min ⁻¹]	Δv(35) [m.min ⁻¹]	Δv(35) [%]
				er.prů- měr		5,6	er.prů- měr	7:P1 h=130	7:P2 h=130	10-8 h=130	h=130	10-(35) h=130	h=130	7:P3 h=260	15-(35) h=260	h=260
1			266	1650	0,1888	8739	26,7	23,5	48,0	21,3	79,8	13,0	37,2	24,0	-11,0	-31,4
2			206	1650	0,2254	7320	26,7	25,4	40,2	13,5	50,6	5,2	14,9	25,4	-9,5	-27,4
3			156	1650	0,2265	7284	26,7	33,4	40,0	13,3	49,9	5,0	14,3	33,4	-1,6	-4,6
4			266	1650	0,1972	8367	26,7	22,5	46,0	19,3	72,2	11,0	31,3	23,0	-12,0	-34,3
5			272	1650	0,1424	11587	26,7	30,4	63,7	37,0	138,4	28,7	81,9	31,8	-3,2	-9,1
6			281	1650	0,1216	13569	26,7	34,5	74,6	47,1	179,2	39,6	113,0	37,2	2,3	6,6
7			281	1650	0,1138	14499	26,7	35,6	79,7	53,0	198,4	44,7	127,6	39,8	4,8	13,7
8			295	1650	0,0987	16717	26,7	40,5	91,9	65,2	244,0	56,9	162,4	45,9	10,9	31,1
9			305	1650	0,0965	17098	26,7	40,0	93,9	67,2	251,8	58,9	168,4	47,0	12,0	34,3
10			309	1650	0,0876	18835	26,7	43,5	103,5	76,8	287,6	68,5	195,7	51,7	16,7	47,7



Obr. č. 33 Diference rychlostí proudu suspenze a běhu síta
v závislosti na výšce hladiny v nátoku - serie 6



Obr. č. 34 Navržená úprava výtokového mechanismu

vláken v nátoku pro zvolené difference rychlosti, např. hranice optima vlastností nebo odečíst předpokládanou koncentraci vláken při diferenci vztažené ke zvýšené rychlosti běhu síta.

4.4.7. Výpočet nastavení výtokového mechanismu

Dosažením do rovnice

$$v_{N2} = \frac{Q_N}{h \cdot b}$$

Za předpokladu

$$Q_N = \frac{m_1}{k_N}$$

$$m_1 = k_{113} \cdot Q_{113}$$

$$v_{N2} = v_s$$

$$b = 1,4$$

dostaneme vztah pro stanovení vzdálenosti výtokového mechanismu od síta na počátku odvodňovací zóny pro nulovou diferenci rychlosti proudu suspenze a síta

$$h = \frac{k_{113} \cdot Q_{113}}{1,4 \cdot v_s \cdot k_N}$$

kde h vzdálenost od síta [m]

k_{113} .. koncentrace vláken v nádrži
A 113 [kg . m⁻³]

Q_{113} .. objemový průtok čerpaný čerpadlem B 113
[m³ . min⁻¹]

v_s ... rychlost běhu síta [m . min⁻¹]

k_N ... koncentrace vláken v nátoku [kg . m⁻³]

Úpravou obdržíme vztah pro stanovení rychlosti běhu síta při dané vzdálenosti výtokového mechanismu od síta

$$v_s = \frac{k_{113} \cdot Q_{113}}{1,4 \cdot h \cdot k_N}$$

Možností výpočtu hodnoty nastavení výtokového mechanismu byla získána metoda pro objektivní řízení procesu tvorby rouna v nátoku papírenského stroje se šikmým sítem. Veličiny použité při výpočtu jsou snadno regulovatelné a měřitelné pomocí kontinuálních snímačů (průtok látky, koncentrace vláken, rychlost síta).

4.4.8. Využití poznatků pro řízení procesu

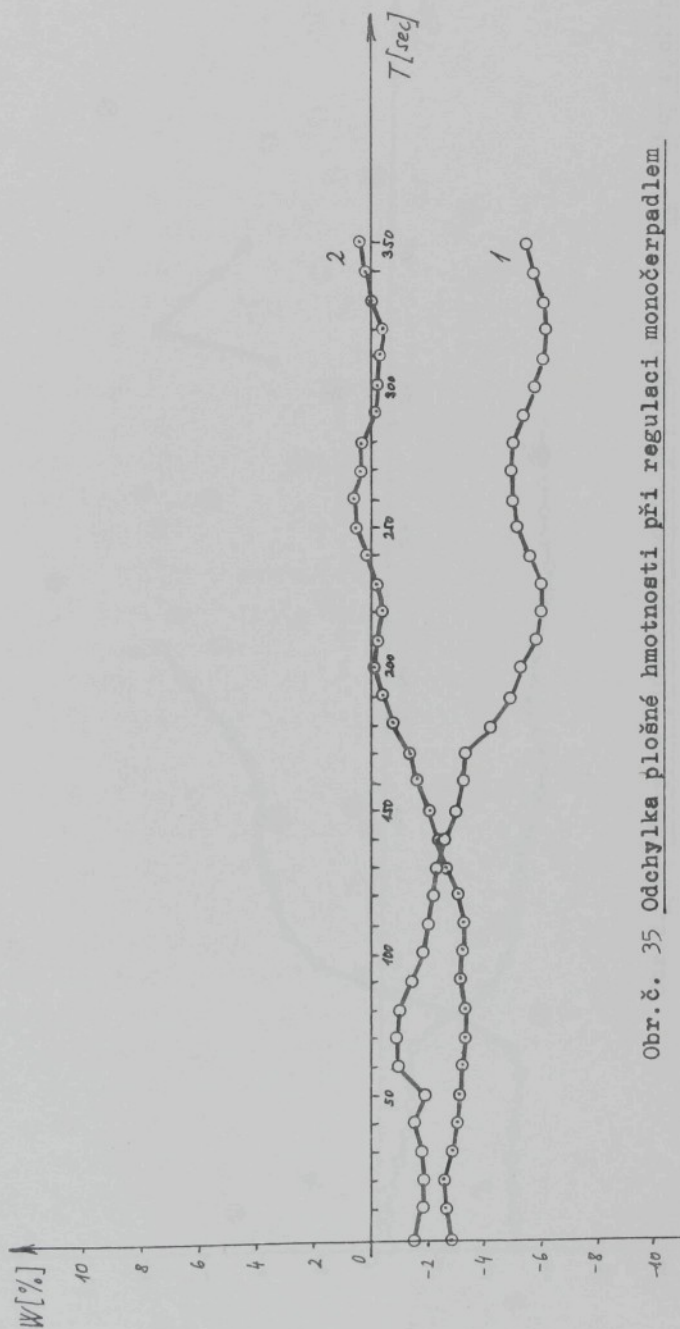
Papírenský stroj v IRAPA poloprovoze ve Štětí je vybaven řídicím počítačovým systémem. V prostoru lisové partie je instalován měřicí přístroj LIPPKE pro snímání odchylek plošné hmotnosti. Počítač mimo dalších funkcí v závislosti na velikosti odchylky ovládá rychlost běhu stroje. Při konstantním přítoku vlákně suspenze se změnou rychlosti běhu ovládá plošná hmotnost výrobku dle žádané hodnoty.

Z výsledků uvedených v předcházejících kapitolách je zřejmé, že tento systém není vhodný pro papírenský stroj se šikmým sítem, neboť proces je závislý na poměru rychlosti proudu suspenze vláken a běhu síta. Byl proto navržen systém řízení s využitím ovládání otáček látkového čerpadla P 113 počítačem v závislosti na měřené odchylce plošné hmotnosti.

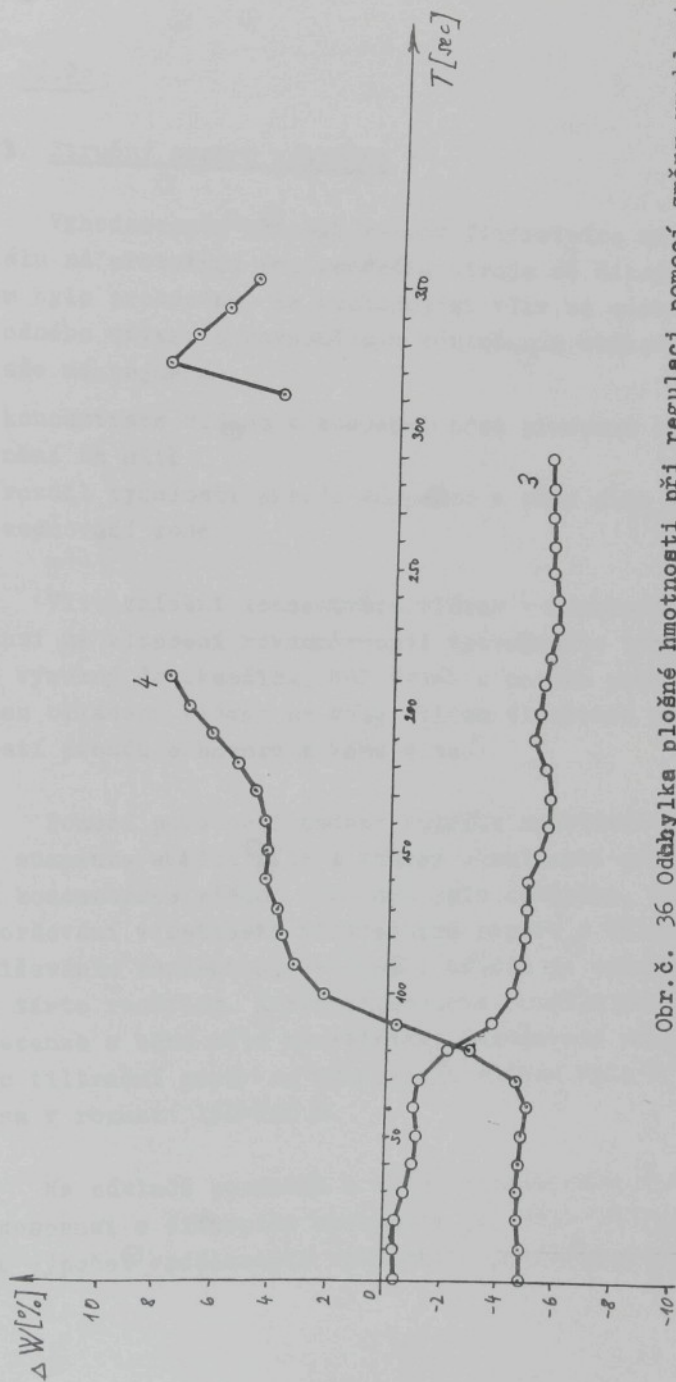
Naměřené hodnoty odchylek při zkouškách řízení šikmého síta s ovládáním rychlosti a ovládáním čerpadla jsou uvedeny v tabulce č. 26 a znázorněny na obr. č. 35-36. Změny rychlosti běhu síta se projeví na snímání odchylky s časovým zpožděním odpovídajícím dráze listu papíru od nátoky ke snímači. Změna plošné hmotnosti má výrazný trend náběhu regulace, docházelo však k poruchám doprovázeným kolísáním plošné hmotnosti. Regulace plošné hmotnosti pomocí otáček monočerpadla má pozvolnější náběh. Pro řízení plošné hmotnosti byl pro šikmé síto navržen systém řízení pomocí otáček látkového monočerpadla P 113.

Tabulka č. 26 : Odchylka plošné hmotnosti v závislosti na čase

T [sec]	Odchylka ΔW [%] - měřena přístrojem Lippke			
-	Změna otáček monočerpada P_{113} skokem v čase 0. ($v_s = 19,4$) [m.min ⁻¹]		Změna rychlosti běhu síta skokem v čase 0. ($v_{113} = \text{konst.}$) [ot.min ⁻¹]	
-	1	2	3	4
-	210 $\rightarrow$ 200 [ot.min ⁻¹]	206 $\rightarrow$ 216 [ot.min ⁻¹]	19,5 $\rightarrow$ 20,7 [m.min ⁻¹]	20,7 $\rightarrow$ 17,5 [m.min ⁻¹]
0	- 1,63	- 2,80	- 0,45	- 4,92
10	- 1,95	- 2,69	- 0,47	- 4,90
20	- 1,97	- 2,60	- 0,56	- 4,78
30	- 1,80	- 2,86	- 0,78	- 4,69
40	- 1,59	- 3,10	- 0,99	- 4,77
50	- 1,96	- 3,22	- 1,12	- 4,94
60	- 0,99	- 3,30	- 1,16	- 5,10
70	- 0,88	- 3,37	- 1,73	- 4,77
80	- 1,06	- 3,31	- 2,78	- 2,98
90	- 1,46	- 3,19	- 3,81	- 0,30
100	- 1,83	- 3,27	- 4,51	2,17
110	- 2,08	- 3,26	- 4,81	3,30
120	- 2,23	- 3,09	- 4,98	3,74
130	- 2,40	- 2,72	- 5,04	3,90
140	- 2,69	- 2,48	- 5,11	4,16
150	- 2,99	- 2,12	- 5,46	4,34
160	- 3,32	- 1,68	- 5,72	4,43
170	- 3,68	- 1,21	- 5,86	4,69
180	- 4,32	- 0,80	- 5,62	5,41
190	- 4,90	- 0,50	- 5,23	6,30
200	- 5,40	- 0,20	- 5,39	7,16
210	- 5,87	- 0,28	- 5,25	7,80
220	- 6,11	- 0,45	- 5,69	DESINFORMACE
230	- 6,07	- 0,24	- 5,98	"
240	- 5,72	0,19	- 6,00	"
250	- 5,20	0,55	- 5,87	"
260	- 5,07	0,61	- 5,68	"
270	- 5,13	0,36	- 5,65	"
280	- 5,19	0,10	- 5,63	"
290	- 5,44	- 0,10	- 5,55	"
300	- 5,83	- 0,18	DESINFORMACE	DESINFORMACE
310	- 6,10	- 0,21	"	4,00
320	- 6,28	- 0,21	"	8,05
330	- 6,09	0,00	"	7,11
340	- 5,78	0,20	"	6,03
350	- 5,52	0,29	"	5,02



Obr. č. 35 Odchylka plošné hmotnosti při regulaci monočerpadlem



Obr. č. 36 Odchylnka plošné hmotnosti při regulaci pomocí změny rychlosti běhu síta

5. ZÁVĚR

5.1. Stručný souhrn výsledků

Vyhodnocením zkoušek výroby filtračního materiálu na prototypu papírenského stroje se šikmým sítem bylo prokázáno, že rozhodující vliv na získání plošného útvaru s rovnoměrným rozložením vláken v ploše má zejména

- koncentrace vláken v suspenzi před procesem odvodnění na síť
- rozdíl rychlostí proudu suspenze a běhu síta v odvodňovací zóně

Vliv snížení koncentrace vláken v nátokové suspenzi na zlepšení rovnoměrnosti vytvořeného listu je výrazný do okamžiku, kdy dojde k poruše procesu ukládání vláken na síť vlivem difference rychlostí proudu suspenze a běhu síta.

Pomocí porovnání hodnot rozdílu rychlostí proudu suspenze a běhu síta s trendy vlastností při změně koncentrace vláken v nátoku bylo dokázáno, že zhoršování vlastností filtračního papíru s dalším snižováním koncentrace vláken v nátoku je způsobeno tímto rozdílem. Kritická hodnota rozdílu proudu suspenze a běhu síta na počátku odvodňovací zóny pro filtrační papír ze sisalových vláken byla zjištěna v rozmezí 150-220 %.

Na základě poznatků o vlivu koncentrace vláken v suspenzi a difference rychlostí byl odvozen vztah pro výpočet vzdálenosti výtokového mechanismu od sí-

ta na počátku odvodňovací zóny. Tím byla získána metoda jak ovlivňovat proces tvorby rouna v ná-
toku papírenského stroje se šikmým sítem.

Pro použití dlouhých textilních vláken při výrobě netkaných textilií naplavováním je zvláš-
tě důležitá možnost ovlivňování tvorby listu, neboť
chování dlouhých vláken při ukládání na síť je
citlivější na poruchy dynamiky v porovnání s buni-
činovými vlákny. Z tohoto hlediska byl učiněn
výrazný krok při přípravě realizace výroby netka-
ných textilií papírenskou technologií.

Dále byla odzkoušena metoda řízení plošné
hmotnosti počítačem pomocí ovládání otáček mono-
čerpadla. Podklady pro realizaci systému byly zís-
kány využitím výsledků této práce.

5.2. Přínosy pro praxi

Od 1.1.1988 byl prototyp papírenského stroje
se šikmým sítem uveden do trvalého provozu. Výro-
ba filtračních papírů pro filtraci vzduchu, pa-
liv a oleje v motorových jednotkách byla převedena
na tento stroj z papírenského stroje s podélným
sítem. Převedení výroby bylo umožněno zvýšením
provozní spolehlivosti stroje s objasněním vlivu
hlavních provozně-technických parametrů na proces
tvorby listu na papírenském stroji se šikmým sí-
tem. Byla zvýšena rychlost běhu síta z max. 25 m.min⁻¹
na 38 m.min⁻¹, což zároveň přineslo zvýšení objemu
výroby. Dále byla projednána s dodavatelem stroj-
ního zařízení n.p. PAPCEL Litovel dodávka uprave-

ného výtokového mechanismu, dle návrhu z výsledků této práce. Poznatky využije n.p. PAPCEL při konstrukci dalších zařízení tohoto typu.

Uvedení tvářecí jednotky se šikmým sítem do trvalého provozu bylo umožněno dále připojením na systém řízení stroje počítačem. Podklady pro řízení plošné hmotnosti byly získány v rámci této práce.

Převedení výroby filtračních papírů přineslo zlepšení kvality. Filtrační materiály vyráběné na papírenském stroji se šikmým sítem se vyznačují zvýšením pevnosti, snížením velikosti maximálních a středních pórů a zrovnoměrněním rozložení vláken v ploše.

5.3. Směry dalšího studia v problematice

Předkládaná práce přispěla k objasnění provozních potíží při výrobě filtračních materiálů na papírenském stroji se šikmým sítem. Navrženým způsobem je možné vypočítat nastavení průtočného profilu pro dosažení rovnoměrného ukládání vláken při minimálním rozdílu rychlostí proudu suspenze a běhu síta na počátku odvodňovací zóny.

V další fázi prací bude studována možnost regulace odvodňovacího profilu v jednotlivých odvodňovacích skříních a její vliv na rovnoměrnost ukládání vláken.

V závěru roku 1988 bude uveden do provozu rekonstruovaný papírenský stroj se šikmým sítem pro výrobu filtračních papírů v SEPAP n.p., závod 02 Bělá pod Bezdězem. S cílem dalšího zlepšení vlastností filtračních materiálů bude stroj vybaven nátokem umožňujícím výrobu dvouvrstevných filtračních papírů. V návaznosti na výsledky této práce bude navržena technologie výroby dvouvrstevných materiálů z hlediska dosažení nárůstu dalších kvalitativních parametrů filtračních materiálů.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

α	sklon síta
A	čelní plocha filtru
b	šířka nátoku
b_p	šířka zkušebního proužku
c_p	koncentrace zkušebního aerosolu před filtrem
c_z	koncentrace zkušebního aerosolu za filtrem
c_w	minimální koncentrace vláken
CRC	regulátor konsistence
CIR	indikace konsistence
d_{50}	střední průměr pórů
d_{max}	maximální průměr pórů
η	viskozita media
E	účinnost filtrace
F	zatížení
γ	úhel smáčení
g	tíhové zrychlení
h	vzdálenost výtokového mechanismu od síta na po- čátku odvodňovací zóny
H	výška hladiny v nátoku
HIC	ručně ovládané regulační prvky s indikací
k_N	koncentrace vláken v nátoku
k_{113}	koncentrace vláken v nádrži A 113
K	materiálová konstanta, permeabilita filtru
KP	koefficient průniku
l_t	tržná délka
l_{tp}	tržná délka podél
l_{tn}	tržná délka napříč
L	délka vlákna
L/D	štíhlostní poměr vlákna
LIA	ukazatel výšky hladiny se signálem
LIRC	regulátor výšky hladiny
m_1	látkové množství vstupující do nátoku
m_2	látkové množství opouštějící stroj

M	výkon zařízení na tvorbu rouna
M _{1m}	výkon zařízení na 1 metr pracovní šíře
M ₁	látkové složení
n	počet částic prošlých filtrem
n _o	počet vstupujících částic
n _z	počet zachycených částic
p	tlakový spád
p ₁	průměr naměřených hodnot tlaku
p ₂	hydrostatický tlak smáčecí kapaliny
Δ p ₅₀	tlak, při kterém je propustnost vzduchu 50 %
Δ p _{max}	tlak, odpovídající maximálním pórům
P ₁	průřez v místě s volnou hladinou
P ₂	průřez na začátku tvářecí zóny při h=130 mm
P ₃	průřez na začátku tvářecí zóny při h=260 mm
P _r	průnik filtru
Q	objemový průtok media
Q _{1m}	průtok suspenze vláken na 1 m pracovní šíře
Q _N	průtok suspenze vláken v nátoku
Q ₁₁₃	průtok za čerpadlem P 113
Q _{1-Q5}	průtok odvodňovacími skříněmi
Q	objemová hmotnost
r	otáčky čerpadla
r ₁₁₃	otáčky čerpadla P 113
G	povrchové napětí smáčecí kapaliny
S	délka odvodňovací zóny
SM	stupeň mletí
t	tloušťka materiálu
T	čas
T _t	jemnost vláken v jednotkách tex
T _d	jemnost vláken v jednotkách den
TR	čas rozvláknění
TM	čas mletí
v	čelní rychlost filtrovaného media
v _{N1}	rychlost proudu suspenze v nátoku

v_{N2}	rychlost proudu suspenze na počátku odvodňovací zóny
v_s	rychlost síta
Δv	rozdíl rychlostí proudu suspenze a síta
$v_1 - v_5$	rychlost proudu v odvodňovacích skříních
V	propustnost vzduchu
W	plošná hmotnost
$\Delta v (20,6)$	rozdíl rychlostí proudu suspenze a síta při rychlosti 20,6 m.min ⁻¹
$\Delta v (35)$	rozdíl rychlostí proudu suspenze a síta při rychlosti 35 m.min ⁻¹

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek č.1 - Schema zařízení pro řezání kabelu systémem Eastmen-Kodak
- Obrázek č.2 - Řez monočerpadlem firmy NETZSCH
- Obrázek č.3 - Schema zařízení pro zpracování dlouhých vláken dle patentu z roku 1846
- Obrázek č.4 - Rotoformer firmy SANDY HILL
- Obrázek č.5 - Hydroformer firmy VOITH
- Obrázek č.6 - Deltaformer firmy SANDY HILL
- Obrázek č.7 - Schema dvojvrstvého nátoku
- Obrázek č.8 - Systém oběhu vody s otevřenou nádrží
- Obrázek č.9 - Systém oběhu vody s uzavřenou nádrží
- Obrázek č.10 - Závislost $\frac{1tp}{1tn}$ na diferenci rychlosti proudu suspenze a síta za různých podmínek
- Obrázek č.11 - Systém nanášení pojiv
- Obrázek č.12 - Produkční kapacity papírenských strojů se šikmým sítem instalovaných firmou VOITH
- Obrázek č.13 - Stanovení středního průměru pórů
- Obrázek č.14 - Sítová část s nátokem
- Obrázek č.15 - Nátok šikmého síta a poloha výtokového mechanismu
- Obrázek č.16 - Schema přípravny pro šikmé síto
- Obrázek č.17 - Schema uspořádání podélné a šikmé síto
- Obrázek č.18 - Pracovní charakteristika monočerpadla NETZSCH NE 80 B
- Obrázek č.19 - Bilanční schema vodního okruhu šikmého síta (příklad)
- Obrázek č.20 - Schema provozně-technických parametrů v nátoku
- Obrázek č.21 - Trendy rozvoje filtračních vlastností buničiny Bahiacel v závislosti na době mletí

- Obrázek č.22 - Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 1
- Obrázek č.23 - Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 2
- Obrázek č.24 - Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 3
- Obrázek č.25 - Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 4
- Obrázek č.26 - Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 5
- Obrázek č.27 - Trendy změn filtračních parametrů v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 6
- Obrázek č.28 - Diference rychlostí proudu suspenze a běhu síta v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 1
- Obrázek č.29 - Diference rychlostí proudu suspenze a běhu síta v závislosti na výšce hla-
diny v náto-ku - serie 2
- Obrázek č.30 - Diference rychlostí proudu suspenze a běhu síta v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 3
- Obrázek č.31 - Diference rychlostí proudu suspenze a běhu síta v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 4
- Obrázek č.32 - Diference rychlostí proudu suspenze a běhu síta v závislosti na výšce hladiny v náto-
ku - serie 5

- Obrázek č. 33 - Diference rychlosti proudu suspenze a
běhu síta v závislosti na výšce hladiny
v nátoku - serie 6
- Obrázek č. 34 - Navržená úprava výtokového mechanismu
- Obrázek č. 35 - Odchylka plošné hmotnosti při regula-
ci monočerpadlem
- Obrázek č. 36 - Odchylka plošné hmotnosti při regulaci
pomocí změny rychlosti běhu síta
- Obrázky č. 37-52 - Příloha. Analýza délek vláken bu-
ničiny BAHIACEL změřené přístrojem
KAJAANI FS-100

SEZNAM TABULEK

- Tabulka č.1 - Přehled vláken vyráběných pro papírenské zpracování
- Tabulka č.2 - Parametry výrobnosti zařízení
- Tabulka č.3 - Pracovní šíře a produkty strojů VOITH
- Tabulka č.4 - Laboratorní vyhodnocení vlastností celulózy Bahiacel z hlediska filtračních parametrů
- Tabulka č.5 - Porovnání hodnot filtračních parametrů -
- laboratoř, podélné síto, šikmé síto
- Tabulka č.6 - Průměrné délky vláken Bahiacel
- Tabulka č.7 - Plánované hodnoty W a v_s
- Tabulka č.8 - Látková bilance - serie 1
- Tabulka č.9 - Látková bilance - serie 2
- Tabulka č.10 - Látková bilance - serie 3
- Tabulka č.11 - Látková bilance - serie 4
- Tabulka č.12 - Látková bilance - serie 5
- Tabulka č.13 - Látková bilance - serie 6
- Tabulka č.14 - Hodnoty filtračních parametrů - serie 1
- Tabulka č.15 - Hodnoty filtračních parametrů - serie 2
- Tabulka č.16 - Hodnoty filtračních parametrů - serie 3
- Tabulka č.17 - Hodnoty filtračních parametrů - serie 4
- Tabulka č.18 - Hodnoty filtračních parametrů - serie 5
- Tabulka č.19 - Hodnoty filtračních parametrů - serie 6
- Tabulka č.20 - Podmínky v nátoku - serie 1
- Tabulka č.21 - Podmínky v nátoku - serie 2
- Tabulka č.22 - Podmínky v nátoku - serie 3
- Tabulka č.23 - Podmínky v nátoku - serie 4
- Tabulka č.24 - Podmínky v nátoku - serie 5
- Tabulka č.25 - Podmínky v nátoku - serie 6
- Tabulka č.26 - Odchylka plošné hmotnosti v závislosti na čase

LITERATURA

1. HOLLIDAY T.: Wet Lay Nonwovens: What Are They?
Nonwovens Industry, 18, 1987, č. 10,
s. 10
2. CASEY J.P.: Pulp and Paper Chemistry and Chemical
Technology, Vol. II, New York, 1980,
s. 1129
3. SCHMIDT S.: Über die Herstellung von Vliesen
auf nassem Wege. Wochenblatt für
Papierfabrikation, 1969, č. 23/24,
s. 1015
4. ANON.: Schuller erstellt breiteste Voith -
- Hydroformer. AVR, 6, 1977, č.4,
s. 96
5. ANON.: The 1987 International Buyers' Guide
of the Nonwovens Industry, Section
III: Roll Goods. Nonwovens Industry,
18, 1987, č. 7, s. 120
6. DÖRRIES, Dören: Auf 35 Voith - Hydroformern werden
heute Nassvliese hergestellt - den
36. Hydroformer liefert Dörries, 1982
7. C.H. DEXTER, Windsor Locks: Dexter Annual Report,
1977
8. VOITH GmbH, Heidenheim: Hydroformer - Ausführungen,
1979
9. NEUE BRUDERHAUS GmbH, Reutlingen: Papiermaschinen -
- bis 1950 geliefert 117 Stück, 1985
10. FRESER A.F.: Applications of Nonwoven Materials
in the Aerospace Industry. Nonwovens
Industry, 13, 1982, č. 12, s. 20

11. PFEFFERLE J. a kol.: Papíry s přídavkem neceluló-
zových vláken. [Výzkumná zprá-
va]. IRAPA Štětí, 1985
12. SCHOLZ B., LASSCHUIT I.: Process Considerations of
the Hydroformer Wet End Sys-
tem. In: TAPPI 1981 Nonwoven
Fibers & Binders Seminar.
Myrtle Beach, 1981
13. LÍBAL J. - PFEFFERLE J.: Dimensionless Quality
Criterion for Filter Papers.
In.: 4 th World Filtration
Congress. Ostende, 1986,
part. III., s. 7.1
14. ALBRECHT W.: Vliesstoffe - ihre Möglich-
keiten und Grenzen. Chemie-
fasern / Textil - Industrie,
24, 1974, č. 8, s. 643
15. STARR J.R.: Nonwoven Textiles Progres
Report. American Dyestuff
Reporter, 1979, č. 3. s. 45
16. LASSCHUIT I.: Über die Bedeutung des Nass-
vliesverfahrens, AVR, 6,
1977, č. 12, s. 12
17. SALAMON M. - HAGEBAUM H.J. - WANDEL M.: Synthesefa-
sern für Herstellung von Vlies-
stoffen auf nassem Wege. Che-
miefasern / Textil - Industrie,
24, 1974, č. 8, s. 639
18. ANON.: Craneglas Nonwovens Substitu-
tes for Asbestos, Nonwovens
Industry, 14, 1983, č. 3, s. 6

19. SCHEFFEL N.B.: Glass, Ceramic and Quartz Fibers for the Paper Industry. TAPPI, 58, 1975, č. 5, s. 56
20. SCHÖFFMANN E.A.: Das Schrägsieb - eine Spezialmaschine wird universell einsetzbar. In.: Frühjahrs - Fachtagung, Graz, 1980
21. SCHMIDT S.: Wie entwickelte sich die Vliesstoffherstellung auf nassem Wege im Verlauf des vergangenen Jahres? Wochenblatt für Papierfabrikation, 98, 1970, č. 23/24, s. 1045
22. GÖTTSCHING L. - BAUMGARTEN H.L. - PÁV J.: Untersuchungen an einer neuen Schrägsieb - Versuchsanlage zur Herstellung von Nassvliesstoffen. Wochenblatt für Papierfabrikation, 100, 1972, č. 11/12, s. 403
23. GÖTTSCHING L. - BAUMGARTEN H.L. - PÁV J.: Inbetriebnahme einer Nassvlies - Versuchsanlage. In.: Man - made Polymers in Papermaking. Helsinki, 1972
24. LUNENSCHLOSS J. - ALBRECHT W.: Vliesstoffe. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1982, 398 s.
25. JÜRDER H.: Textilien auf Vliesbasis (Nonwovens) Kepler Verlag KG, Heusenstamm, 1977, 200 s.
26. KRČMA R.: Technologie II, část I. Netkané textilie. VŠST Liberec, 1980, 135 s.
27. KINN L.L. - MATE Z.: Fiber Length - Fiber Surface Area Relationships In Wet Laid Polyester Nonwovens. Nonwovens Industry, 17, 1986, č. 10, s. 88

28. CARLSON L.: Medical/Hospital Nonwovens a Recovering Market. Nonwovens Industry, 18, 1987, č. 10, s. 26
29. CHAMPAULT G.: From Reluctance to Trust. One Hospital's 12 Year (1975-87) Experience With Nonwovens in the Operating Theater. Nonwovens Industry, 18, 1987, č. 10, s. 40
30. PIETTE J.: Ekonomická situace a perspektivy týkající se netkaných materiálů v USA. Institut zahraničního obchodu v Paříži. (1972)
31. PFEFFERLE J.: Příprava a zpracování suspenzí extrémně dlouhých vláken. In.: Inovace ve výrobě technických papírů, Roudnice n.L., 1986, s. 102
32. LÍBAL J. - SLÍPKA K.: Vývoj filtračních papírů v IRAPĚ Štětí, In.: Inovace ve výrobě technických papírů. Roudnice n. L., 1986, s. 84
33. RODMAN C.A. - HOMONOFF E.C.: Nonwovens in filtration and separation, Nonwovens Industry, 16, 1985, č. 10, s. 16
34. RODMAN C.A. - HOMONOFF E.C.: A Novel Approach to Automotive Filtration. In.: Paper Synthetics Conference, Chicago, 1981, s. 97
35. DU PONT, Wilmington: Du Pont introduces DACRON 257 for superior wetformed nonwovens. Nonwovens Industry, 15, 1984, č. 5, s. 9

36. ALBRECHT W.: Objemné textilie vyrobené mokrým způsobem. In.: XI. mezinárodní kolokvium o netkaných textiliích, BRNO, 1972
37. PAT. NSR 1 060 245
38. PAT. Švýcarsko 356 662
39. KOLLÁR I. - JANČAŘÍK V. - KACAFÍREK S. - PFEFFERLE J.:
Možnost uplatnění vláken z HEC při výrobě netkaných textilií a pro speciální použití. Chemická vlákna, 26, č. 1/2, 1976
40. LEINEWEBER: Health Aspects of Fibrous Glass. In.: Paper syntetics Conference, Chicago, 1981
41. KRČMA R.: Netkané textilie I. VŠST Liberec, 1971
42. LÍBAL J.: Studium intrakcí ve vodné suspenzi vláken s přídavnými látkami. [Kandidátská ~~diploma~~ disertační práce], VŠCHT Pardubice, 1984
43. ANON.: A Guide to Fibers for Nonwovens. Nonwovens Industry, 18, 1987 č. 6, s. 26 - 45
44. VULCASCOT, Wien: Manville Tempstran Fibers for the Paper Industry. 1986
45. PEREPELKIN K.E. - DERGAČEV V.S. - SMIRNOV V.S. -
- BERMAN J.M.: Physikalisch - mechanische Eigenschaften der Polyvinyl - alkoholfasern VINOL und deren Veränderung. In.: Man - made Polymers in Papermaking. Helsinki, 1972

46. KURARAY Co. Osaka: Kuralon - PVA vlákna pro papír a netkané textilie. [1975]
47. ČS. AO 211 970: PFEFFERLE J. - KACAFÍREK S. - KOVÁŘOVÁ A.: Anorganický vláknitý materiál pro izolace za extrémně vysokých nebo nízkých teplot. 1983
48. LÍBAL J. - PFEFFERLE J.: Bezrozměrný koeficient kvality filtračních papírů. Papír a celulóza, 41, 1986, č. 9, s. 169
49. KRČMA R.: Teorie netkaných textilií. VŠST Liberec, 1977
50. PAT. USA 3 035 965
51. WAHREN D.: Flocculation phenomena in wet processing. In.: Man - made Polymers in Papermaking. Helsinki, 1972
52. BAUERFEIND H.: Použití čerpadel Mohno v papírenském průmyslu. Papír a celulóza, 42, 1987, č. 9, s. 225
53. NETZSCH GmbH, Waldkreiburg: Mohnopumpen in der Papier und Zellstoffindustrie, 1986
54. VUILLAUME A.: Technika Perfojet pro hydraulickou perforaci netkaných textilií vyrobených mokrým a suchým způsobem. In.: XIX. kolokvium o netkaných textiliích, BRNO, 1985
55. C.H. DEXTER, Windsor Locks: C.H. Dexter "Hydraspun" Blending Wet Forming and Water Jet Technology. Nonwovens Industry, 18, 1987, č. 3, s. 66

56. BIRD MICREX DIVISION, South Walpole: Soft Wear.
Get desired softness with our
Micrex/Microcreper. Nonwovens
Industry, 18, 1987, č. 3, s. 77
57. CLUPAK INC. New York: Clupak's nonwovens ... they
won't stand up to yours. Non-
wovens Industry, 18, 1987,
č. 3, s. 79
58. SCHOLZ B.: Mokrý způsob výroby netkaných
textilií a jeho možnosti využití
In.: XI. mezinárodní kolokvium
o netkaných textiliích, BRNO,
1972
59. LÍBAL J. - SLÍPKA K.: Vývoj filtračních papírů v
IRAPĚ Štětí. In.: Inovace ve vý-
robě technických papírů, Roud-
nice n.L., 1986
60. ČSN 50 0310 (1982)
61. ČSN 50 0311 (1983)
62. ČSN 50 0340 (1982)
63. SOUČEK M.: Zkoušení papíru. SNTL, PRAHA, 1977
338 s.
64. ON 50 0403 (1976)
65. ON 50 0401 (1976)
66. ON 50 0402 (1976)
67. SUCHITRA Z.: Posuzování filtračních papírů.
In.: Filtrace, Jihlava, 1981
68. ON 12 50 14 (1977)
69. NĚMEC Z. - NASADIL R. - ZIMMERMANN M. - PFEFFERLE J.:
Nová linka se šikmým sítem na vý-
robu speciálních technických a
filtračních papírů v poloprovozu

IRAPA Štětí. Papír a celulóza,
41, 1986, č. 9, s. 184

70. LÍBAL J. - PFEFFERLE J. - ČECHO I.: Materiály pro fil-
traci vzduchu, olejů a paliv v
motorových jednotkách. In.:
MOTORSYMPO, Vysoké Tatry, 1986
71. KAJAANI ELECTRONICS LTD, Kajaani: KAJAANI FS-100 op-
tical fibre length analyzer, 1986

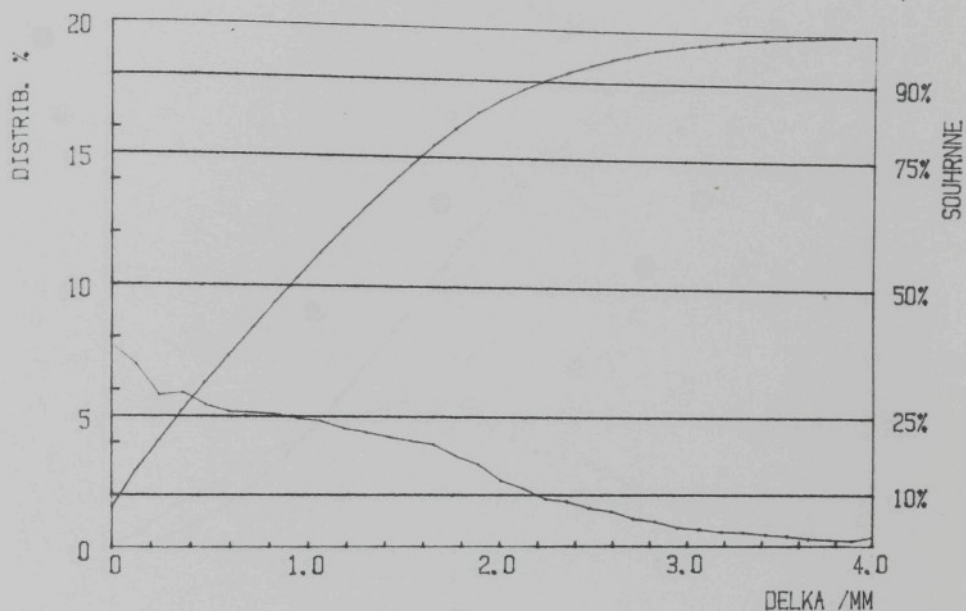
PŘÍLOHA

1. Obr. č. 37-52 Analýza délek vláken buničiny
BAHIACEL změřené přístrojem
FS-100 KAJAANI
2. Vzorky filtračních papírů vyrobených ve zkušebních
seriích 1.-6.

VZOREK VZOREK 1

MEREND 28.3.1988

ARITMETICKE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

5396

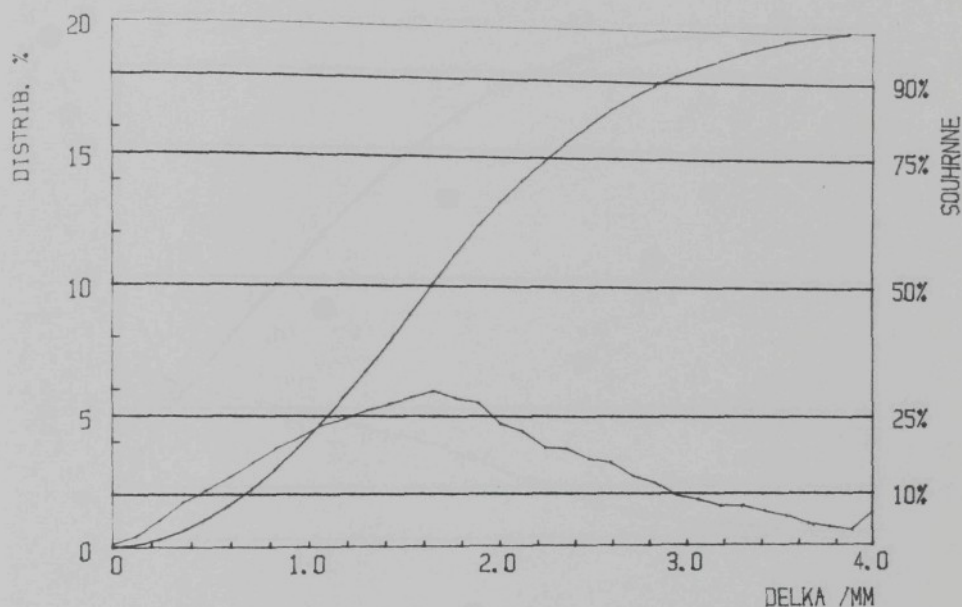
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.67	0.04
25%	1.10	0.33
50%	1.64	0.90
75%	2.26	1.58
90%	2.87	2.22
PRM	1.71	2.10
%	21.13	53.99 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 1

MERENO 28.3.1988

DELKOVE VAZENE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

5396

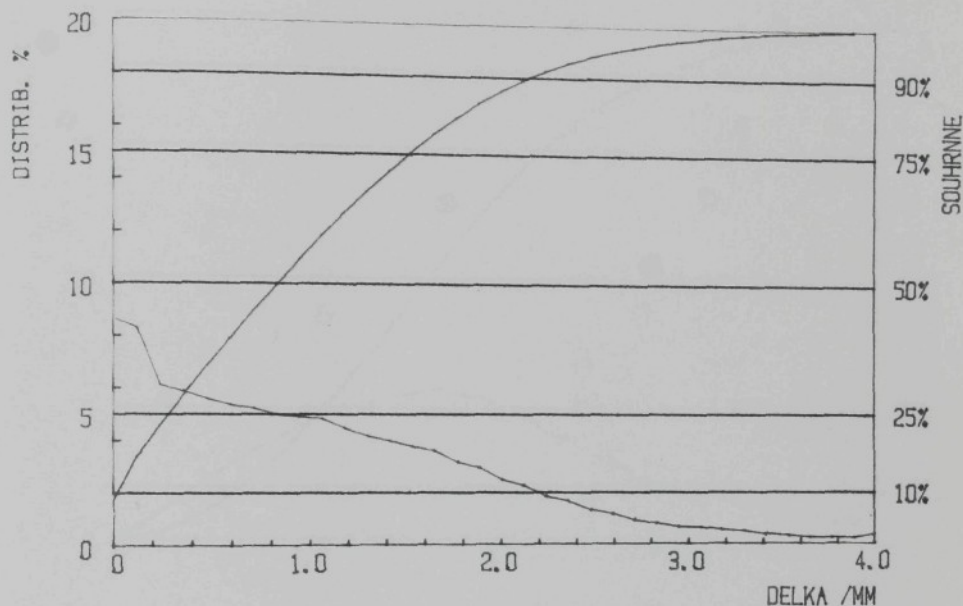
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.67	0.04
25%	1.10	0.33
50%	1.64	0.90
75%	2.26	1.58
90%	2.87	2.22
PRM	1.71	2.10
%	21.13	53.99 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 2

MERENO 28.3.1988

ARITMETICKE ROZDELENI



CHARAKTERISTIKY

CELKEM VLAKEN 5757

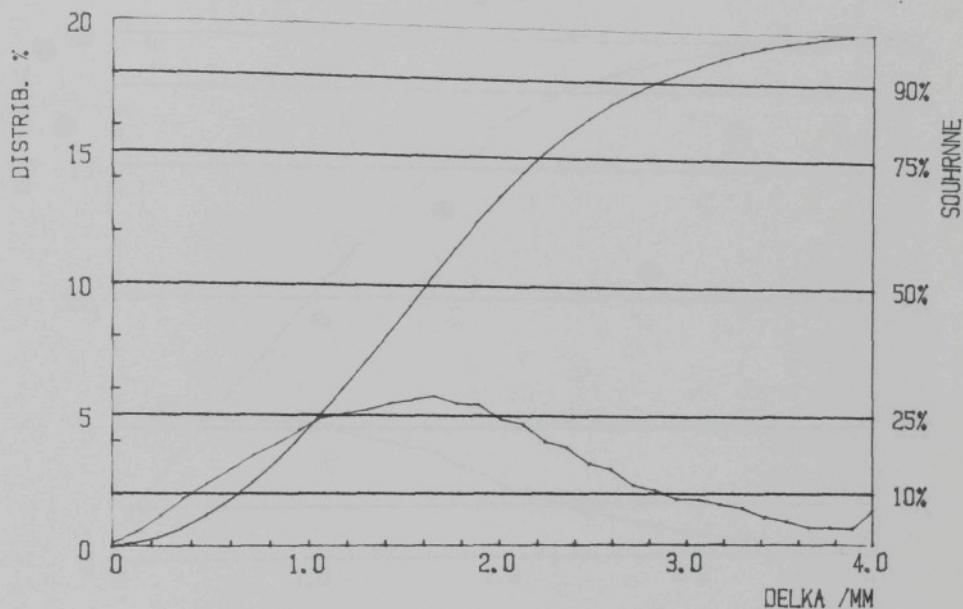
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.64	0.02
25%	1.06	0.28
50%	1.61	0.83
75%	2.21	1.52
90%	2.82	2.14
PRM	1.67	2.07
%	22.60	56.87 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 2

MERENO 28.3.1988

DELKOVE VAZENE ROZDELENI



CHARAKTERISTIKY

CELKEM VLAKEN

5757

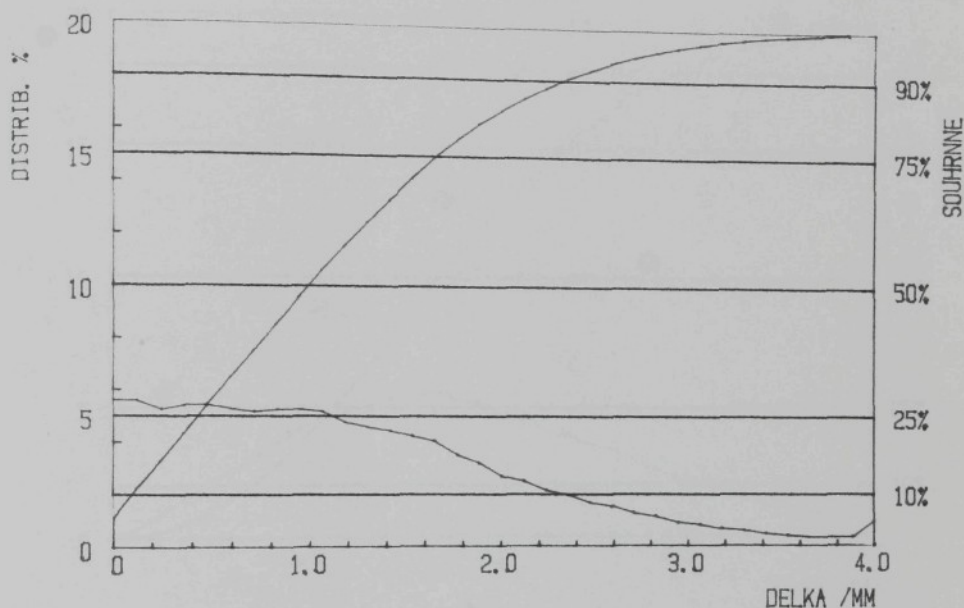
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.64	0.02
25%	1.06	0.28
50%	1.61	0.83
75%	2.21	1.52
90%	2.82	2.14
PRM	1.67	2.07
%	22.60	56.87 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 3

MERENO 28.3.1988

ARITMETICKE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

5924

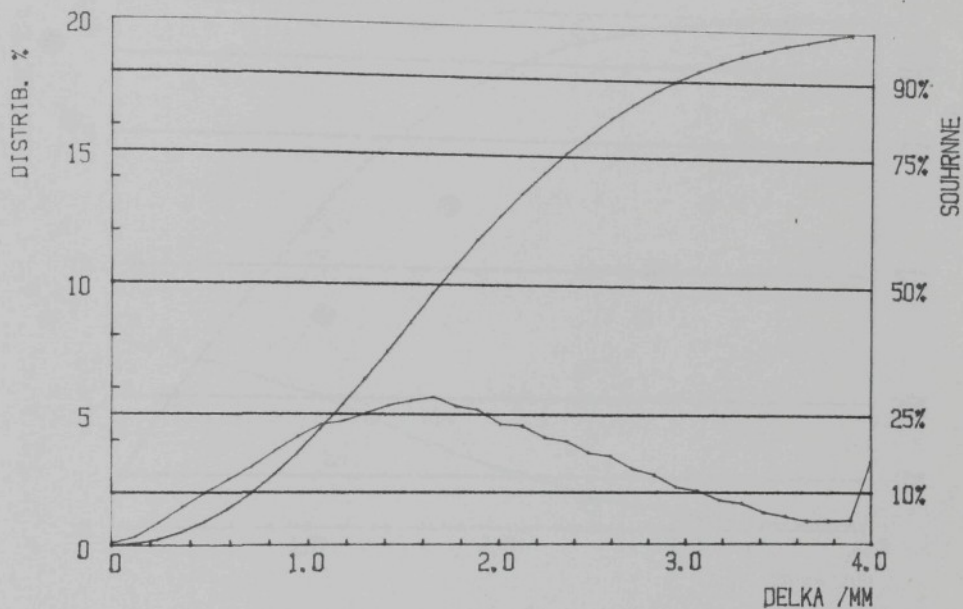
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.71	0.09
25%	1.13	0.43
50%	1.69	0.99
75%	2.33	1.66
90%	2.93	2.32
PRM	1.76	2.16
%	19.91	50.41 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 3

MERENO 28.3.1988

DELKOVE VAZENE ROZDELENI



CHARAKTERISTIKY

CELKEM VLAKEN

5924

CHARAKT.	VAZENÁ	ARITMETICKÁ
10%	0.71	0.09
25%	1.13	0.43
50%	1.69	0.99
75%	2.33	1.66
90%	2.93	2.32
PRM	1.76	2.16
%	19.91	50.41 < 1.000

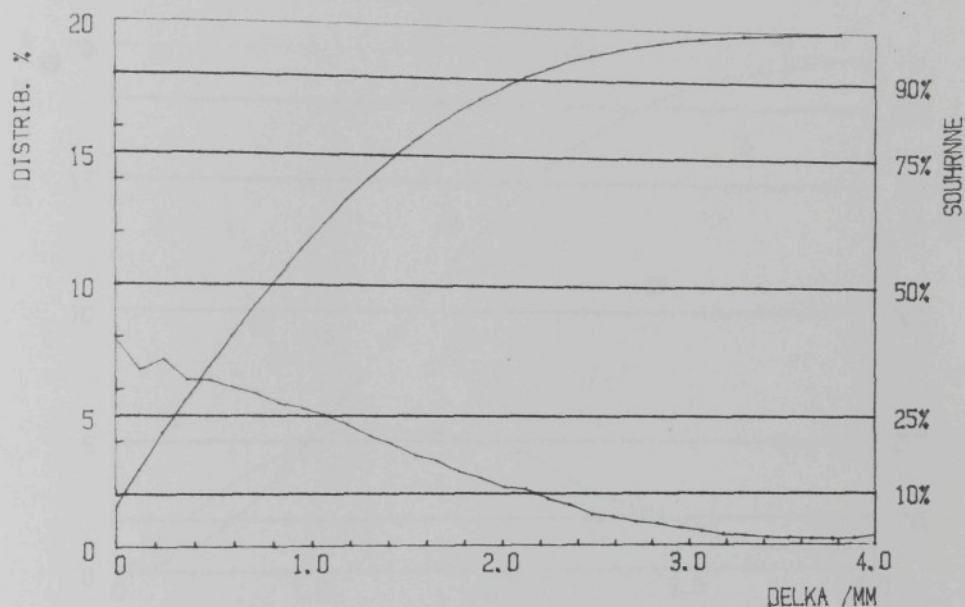
ANALYZED BY KAJAANI FS-100

Obr. č. 42

VZOREK VZOREK 4

MERENO 28.3.1988

ARITMETICKE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

7385

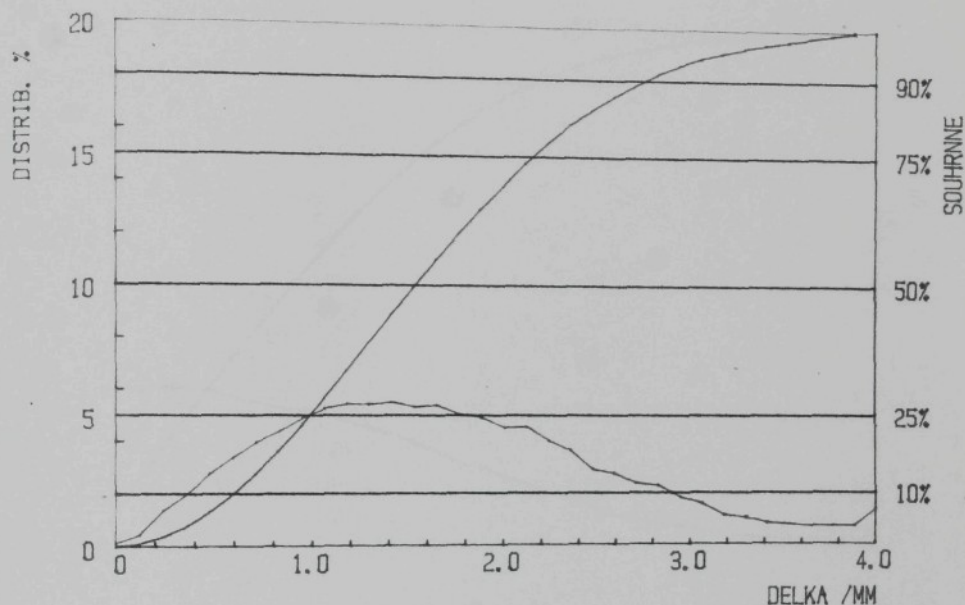
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.59	0.04
25%	0.99	0.30
50%	1.54	0.79
75%	2.16	1.44
90%	2.75	2.09
PRM	1.62	2.03
%	25.49	59.14 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 4

MERENO 28. 3. 1988

DELKOVE VAZENE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

7385

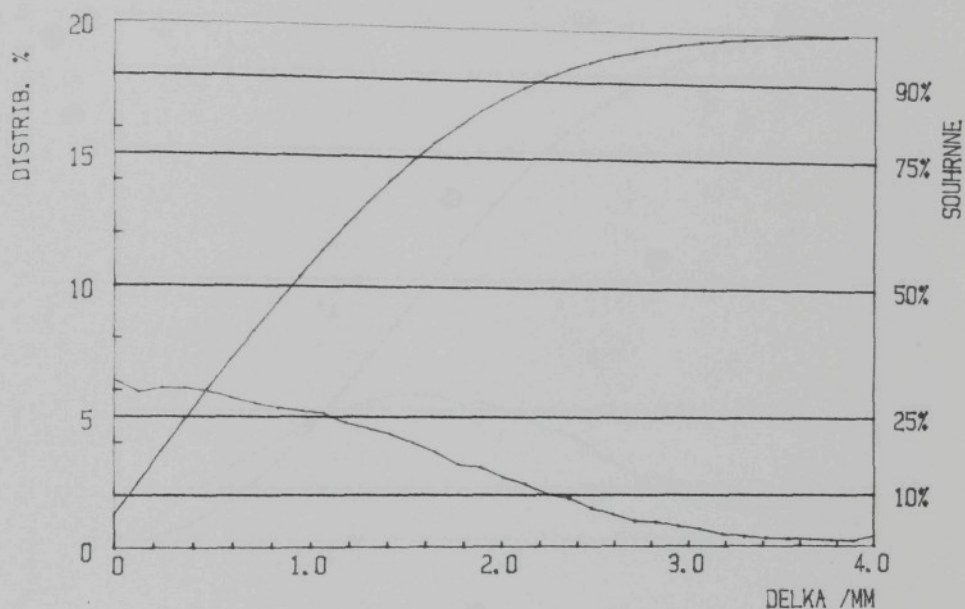
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.59	0.04
25%	0.99	0.30
50%	1.54	0.79
75%	2.16	1.44
90%	2.75	2.09
PRM	1.62	2.03
%	25.49	59.14 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 5

MERENO 28.3.1988

ARITMETICKE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN 6245

CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.64	0.07
25%	1.06	0.37
50%	1.61	0.90
75%	2.21	1.55
90%	2.78	2.19
PRM	1.67 2.05	1.11 / 0.003
%	22.49	54.30 < 1.000

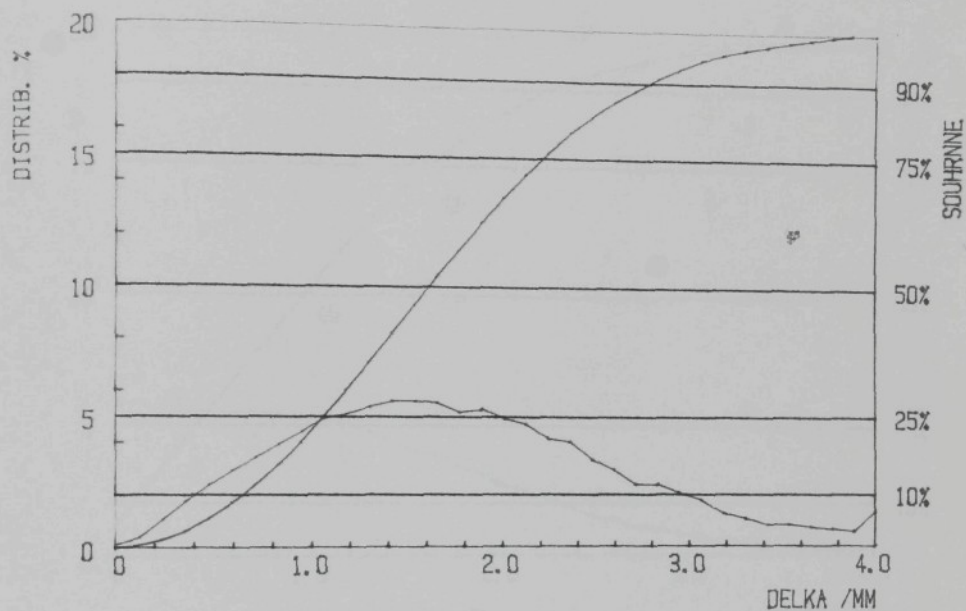
ANALYZED BY KAJAANI FS-100

Obr. č. 45

VZOREK VZOREK 5

MERENO 28.3.1988

DELKOVE VAZENE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN 6245

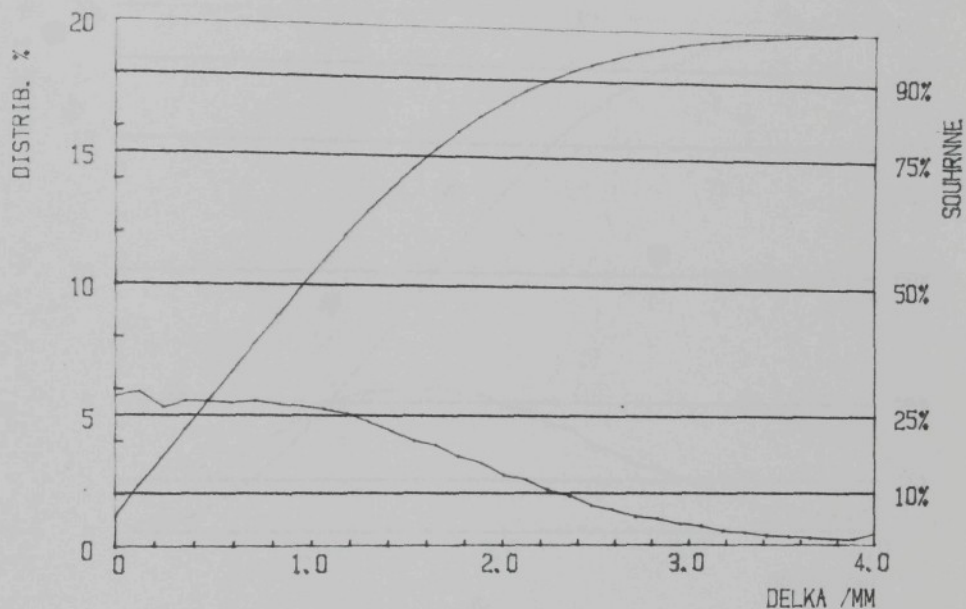
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.64	0.07
25%	1.06	0.37
50%	1.61	0.90
75%	2.21	1.55
90%	2.78	2.19
PRM	1.67 2.05	1.11 / 0.003
%	22.49	54.30 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 6

MERENO 28.3.1988

ARITMETICKE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

12044

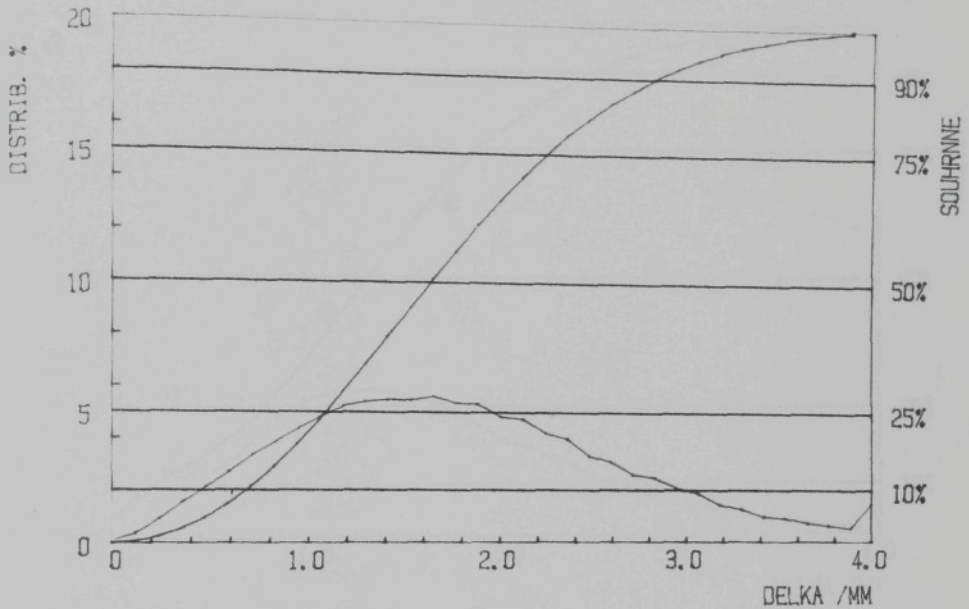
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.68	0.09
25%	1.09	0.41
50%	1.63	0.95
75%	2.24	1.60
90%	2.82	2.23
PRM	1.70	2.08
%	21.31	52.01 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 6

MEREND 28.3.1988

DELKOVE VAZENE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

12044

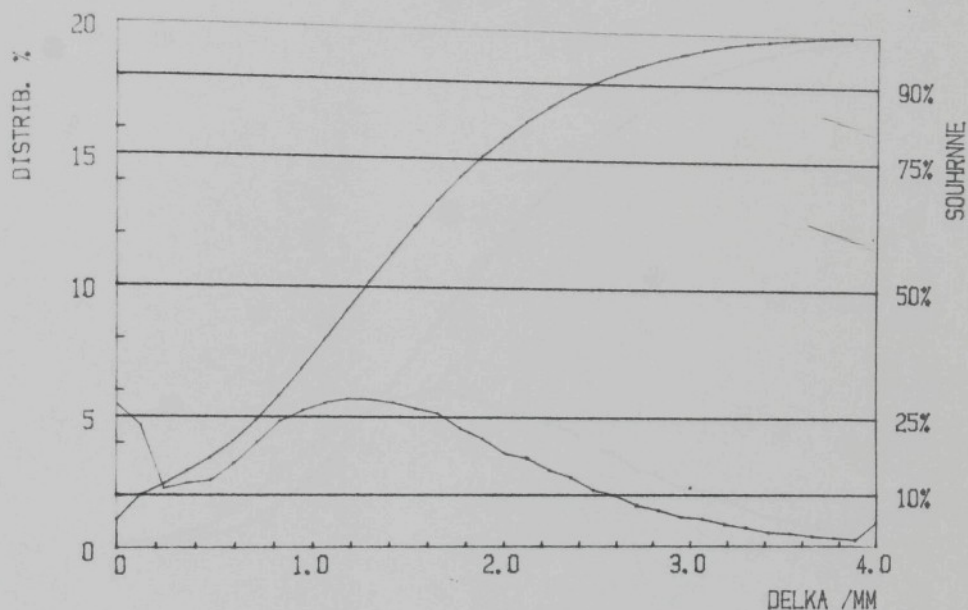
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.68	0.09
25%	1.09	0.41
50%	1.63	0.95
75%	2.24	1.60
90%	2.82	2.23
PRM	1.70	2.08
%	21.31	52.01 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 7 A

MEREND 28.3.1988

ARITMETICKE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

5486

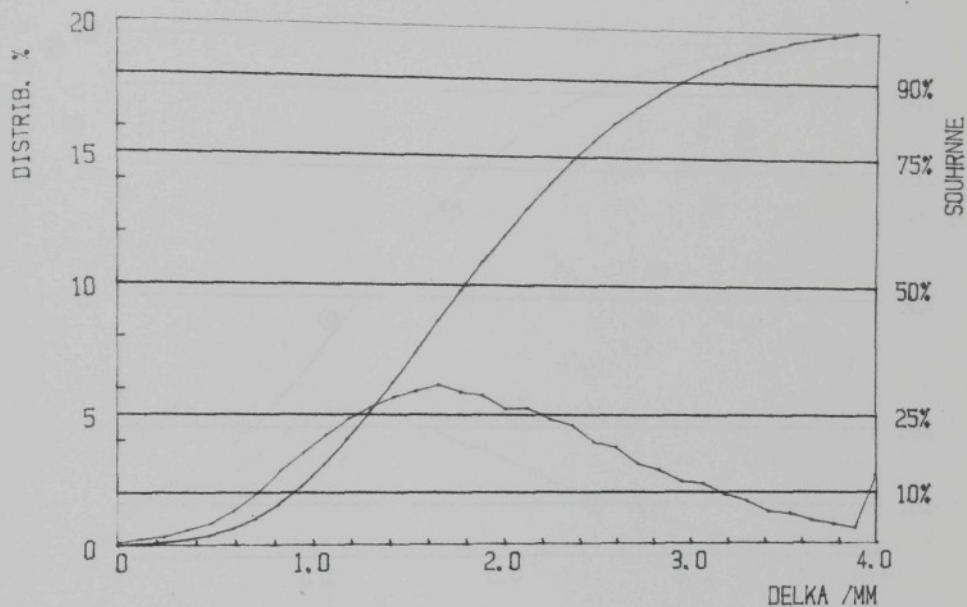
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.90	0.12
25%	1.28	0.72
50%	1.79	1.27
75%	2.38	1.87
90%	2.94	2.46
PRM	1.86	2.18
%	13.36	37.03 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 7 A

MERENO 28.3.1988

DELKOVE VAZENE ROZDELENI



****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN

5486

CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.90	0.12
25%	1.28	0.72
50%	1.79	1.27
75%	2.38	1.87
90%	2.94	2.46
PRM	1.86	2.18
%	13.36	37.03 < 1.000

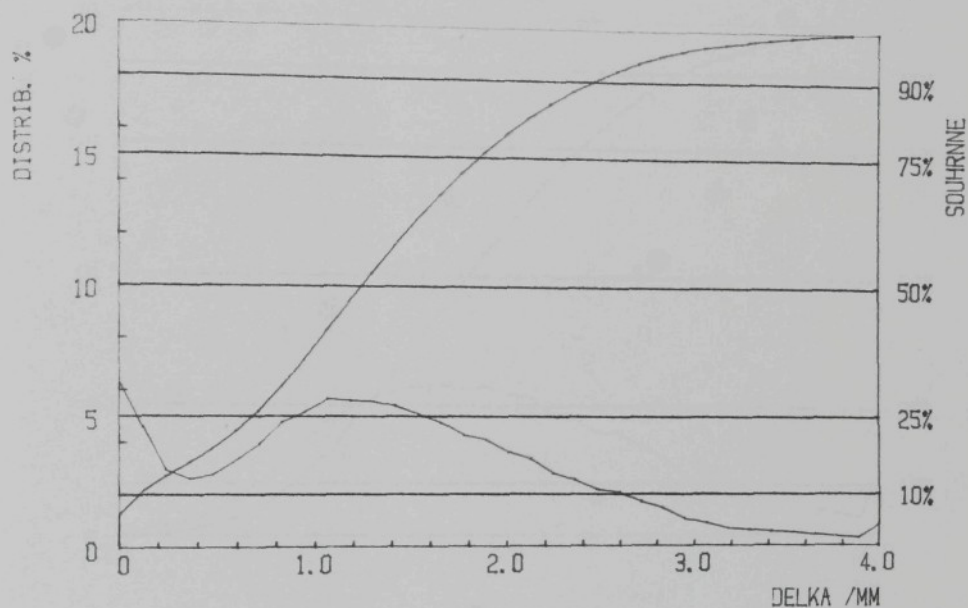
ANALYZED BY KAJAANI FS-100

Obr. č. 50

VZOREK VZOREK 7 B

MEREND 28.3.1988

ARITMETICKE ROZDELENI



CHARAKTERISTIKY

CELKEM VLAKEN

6236

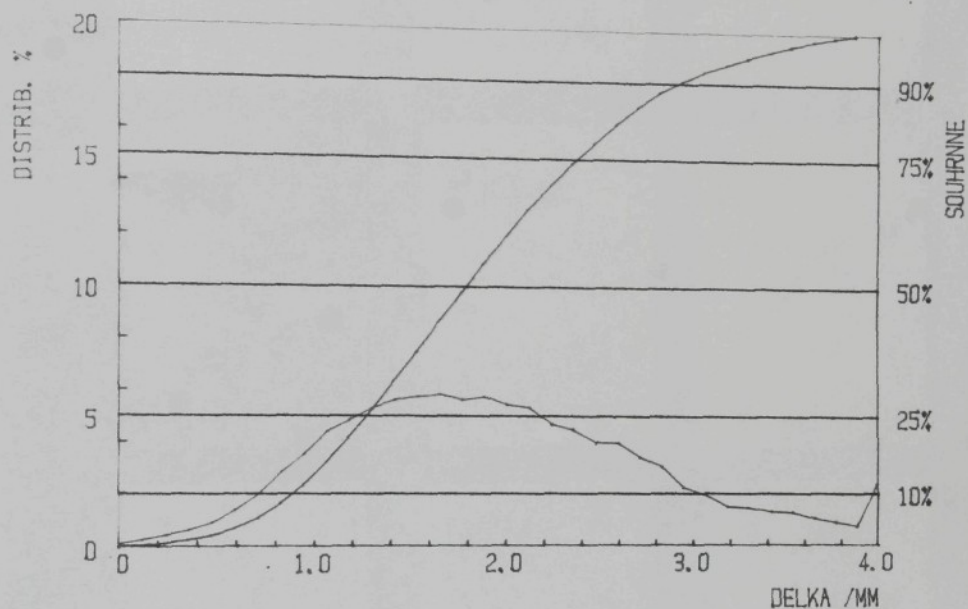
CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.89	0.10
25%	1.27	0.67
50%	1.79	1.24
75%	2.38	1.85
90%	2.92	2.46
PRM	1.85	2.18
%	13.83	38.71 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100

VZOREK VZOREK 7 B

MEREND 28.3.1988

DELKOVE VAZENE ROZDELENI

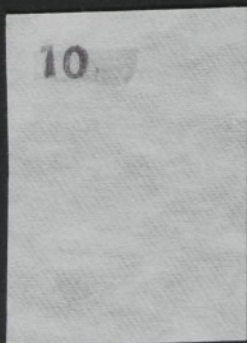
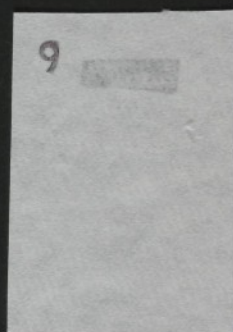
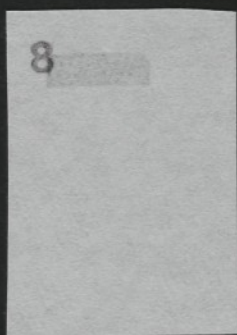
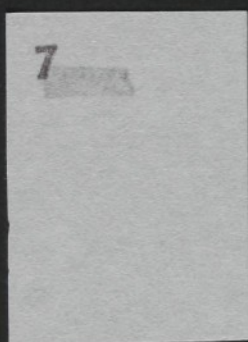
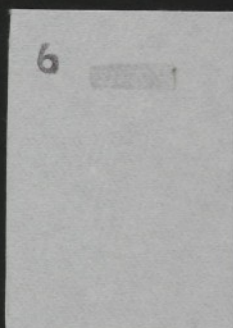
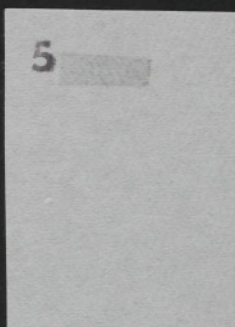
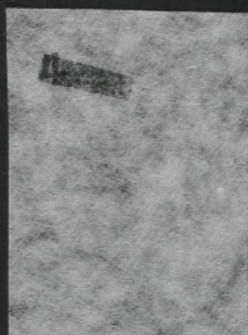
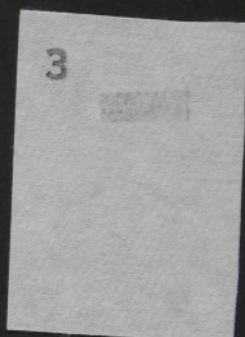
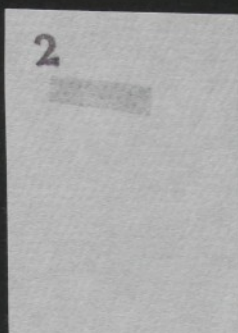
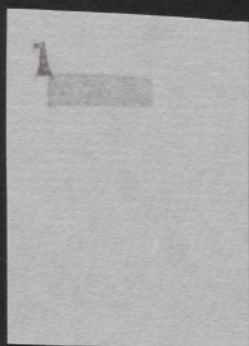


****CHARAKTERISTIKY****

CELKEM VLAKEN 6236

CHARAKT.	VAZENA	ARITMETICKA
10%	0.89	0.10
25%	1.27	0.67
50%	1.79	1.24
75%	2.38	1.85
90%	2.92	2.46
PRM	1.85	2.18
%	13.83	38.71 < 1.000

ANALYZED BY KAJAANI FS-100



Vzorky ze zkušební série 1

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

1

2

5

6

7

8

9

10

11

12

13

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10