

WPŁYW WIEKU DRZEW I SIEDLISKA NA WYDAJNOŚĆ I WŁAŚCIWOŚCI MAS CELULOZOWYCH SIARCZANOWYCH

CZĘŚĆ I. DREWNO SOSNOWE

Barbara Surma-Ślusarska, Włodzimierz Surewicz

Instytut Papiernictwa i Maszyn Papierniczych
Politechniki Łódzkiej

Zbadano budowę anatomiczną i skład chemiczny drewna sosnowego w wieku 10 - 53 lat, pochodzącego z czterech siedlisk krajowych. Oceniono wpływ wieku drzew i siedliska na budowę i skład chemiczny drewna oraz na jego przydatność do wyrobu mas celulozowych siarczanowych.

WPROWADZENIE

O jakości drewna, z punktu widzenia jego przydatności do wyrobu mas celulozowych, decydują: skład chemiczny, budowa anatomiczna i stopień wadliwości. Z literatury przedmiotu i badań własnych wynika, że skład chemiczny drewna wywiera wpływ głównie na wydajność masy celulozowej, natomiast budowa anatomiczna — na jej właściwości użytkowe [2, 3, 4, 11, 15].

Przyczyny różnic w składzie chemicznym i budowie anatomicznej surowców drzewnych są wielorakie. Charakterystyka drewna zależy przede wszystkim od jego rodzaju (iglaste, liściaste), a w ramach rodzaju — od gatunku. Wpływ na skład chemiczny i anatomiczną strukturę drewna wywierają również klimatyczne i glebowe warunki wzrostu drzewa. Wspomniane różnice mogą być ponadto związane z wiekiem i częścią drzewa (pień, gałęzie).

Odmienny skład chemiczny i budowa anatomiczna gatunków iglastych i liściastych brane są pod uwagę przy kwalifikowaniu surowców do produkcji mas celulozowych. W praktyce przemysłowej z reguły nie uwzględnia się natomiast wpływu czynników związanych z siedliskiem (brak rejonizacji dostaw). Zbyt mało uwagi przywiązuje się również do

wieku drewna i stopnia wadliwości jego struktury. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy jest pogłębiający się deficyt typowej papierówki i konieczność przerobu drewna coraz niższych klas wiekowych. Średnica pnia drewna przerabianego obecnie przez krajowe celulozownie mieści się w przedziale 5 - 16 cm. Jest to więc drewno nisko- i średniowymiarowe.

Użycie do przerobu drewna cienkiego i wadliwego wpływa ujemnie na przebieg procesu wytwarzania masy celulozowej, jej wydajność i właściwości użytkowe. W Instytucie Papiernictwa i Maszyn Papierniczych Politechniki Łódzkiej wykonano obszerne badania dotyczące tego problemu. Najważniejsze wyniki tych badań przedstawiamy w trzech publikacjach. Niniejsza — pierwsza z nich dotyczy drewna sosnowego. W następnej zostaną omówione wyniki badań dotyczących drewna bukowego. Trzecia publikacja tego cyklu będzie poświęcona współzależnościom pomiędzy cechami surowców drzewnych i otrzymywanych z nich mas celulozowych. Badania nad wpływem wadliwości drewna sosnowego i bukowego na jego przydatność do wyrobu mas celulozowych stanowią temat odrębnej rozprawy.

OBIEKT I METODYKA BADAŃ

Do badań użyto 12 prób zdrowego drewna sosnowego, które pozyskano z 4 siedlisk krajowych. Dane dotyczące położenia geograficznego i jakości tych siedlisk przytoczono w tabeli 1.

Z każdego siedliska pochodziły 3 próby, różniące się średnicą pnia. Użyte do badań surowce scharakteryzowano pod względem budowy anatomicznej i składu chemicznego.

Gęstość, słoistość i zawartość drewna późnego oznaczano wg ogólnie stosowanych metod [10]. Wiek pni drzew przyjęto jako równy średniej liczbie przyrostów rocznych drewna.

Szerokość komórek i grubość ścianki komórkowej wyznaczono metodą mikroskopową, posługując się mikroskopem optycznym, wyposażonym w okular z podziałką. Do badań przygotowano dwa rodzaje preparatów mikroskopowych:

- a) z drewna pierwotnego — tnąc odpowiednio przygotowaną próbkę za pomocą brzojownicy anatomicznej w kierunku poprzecznym do osi pnia;
- b) z drewna zmacerowanego.

Do maceracji użyto roztworu zawierającego 10 g $KClO_3$ w 100 ml HNO_3 (1 : 1). Czas trwania operacji wynosił 12 godzin, temperatura 60°C.

Długość włókien oznaczono za pomocą aparatu typu RHDW-1 skonstruowanego w Instytucie Papiernictwa i Maszyn Papierniczych PŁ [14].

Tabela 1

Charakterystyka siedlisk, z których pochodziły próbki
drewna sosnowego użytego do badań
Characteristic of habitats

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Region kraju Region of the country Województwo Province	Nadleśnictwo Forest inspectorate Leśnictwo District Oddział Section	Bonitacja drzewostanu Quality of the stand
T	północny northern koszalińskie	Szczecinek Turowo 315b	II
R	środkowo-zachodni central-western bydgoskie	Żołędowo Reptowo 38g	II
P	południowy southern opolskie	Prószków Przysiecz 180d	II/III
N	południowo- wschodni south-eastern nowosądeckie	Nawojowa 227b	Ia/I

Zakres pomiarowy aparatu wynosi 0 - 4 mm i jest podzielony na 15 klas. Do pomiarów przygotowano preparaty drewna zmacerowanego. Ogółem dla każdego surowca mierzono ok. 1 000 włókien, po czym obliczano liczbę i wagowo średnią długość włókien [16].

Udział objętościowy różnego rodzaju komórek w badanych surowcach wyznaczono posługując się mikroskopem wyposażonym w okular z podziałką. Mierzono wielkość obszarów zajmowanych przez różne rodzaje komórek na przekroju poprzecznym drewna i obliczano ich udziały procentowe. Jako wartości reprezentatywne dla danego surowca przyjmowano średnie z 20 analizowanych pól widzenia.

Udział wagowy komórek obliczono z wartości ich udziałów objętościowych i zawartości błon komórkowych.

Liczbę włókien na 1 mm² powierzchni przekroju poprzecznego drewna obliczono na podstawie ich udziałów objętościowych i wymiarów poprzecznych.

Zawartość celulozy, pentozanów, popiołu i substancji ekstrakcyjnych oznaczono zgodnie z ogólnie przyjętymi metodami [10]. Zawartość ligniny, z uwzględnieniem frakcji rozpuszczalnych w kwasach, oznaczono wg metodyki opracowanej w IPiMP PŁ [12].

Drewno w postaci zrębków o wymiarach 25(±1)×16(±2)×3(±1) mm roztwarzano metodą siarczanową w 1-litrowych autoklawach, ogrzewanych w obrotowej łaźni powietrznej. Warunki roztwarzania były następujące:

- wsad b.s. zrębków do autoklawu: 160 g
- ilość alkaliów czynnych jako NaOH: 20% w stosunku do masy b.s. drewna
- siarczkowość ługu: $25(\pm 1)\%$
- moduł cieczy: 3,8
- krzywa czasowo-temperaturowa:
 $20^{\circ}\text{C} \xrightarrow{120 \text{ min}} 172^{\circ}\text{C} \xrightarrow{120 \text{ min}} 172^{\circ}\text{C}$

Starannie wymyte masy celulozowe, po oznaczeniu ich wydajności mielono w młynku Jokro do smarności 30° i 50° SR.

Stopień roztworzenia i właściwości wytrzymałościowe mas celulozowych oznaczono wg ogólnie stosowanych metod [10].

Liczbę włókien w jednostce wagowej mas celulozowych ustalono, posługując się preparatami mikroskopowymi sporządzonymi ze ściśle określonej naważki masy celulozowej. Pomiarów dokonano za pomocą aparatu do oznaczania długości włókien.

Jednostkowy wskaźnik masy włókien obliczono na podstawie udziału i łącznej długości tych komórek, zawartych w jednostce wagowej mas celulozowych.

WYNIKI BADAŃ* I DYSKUSJA

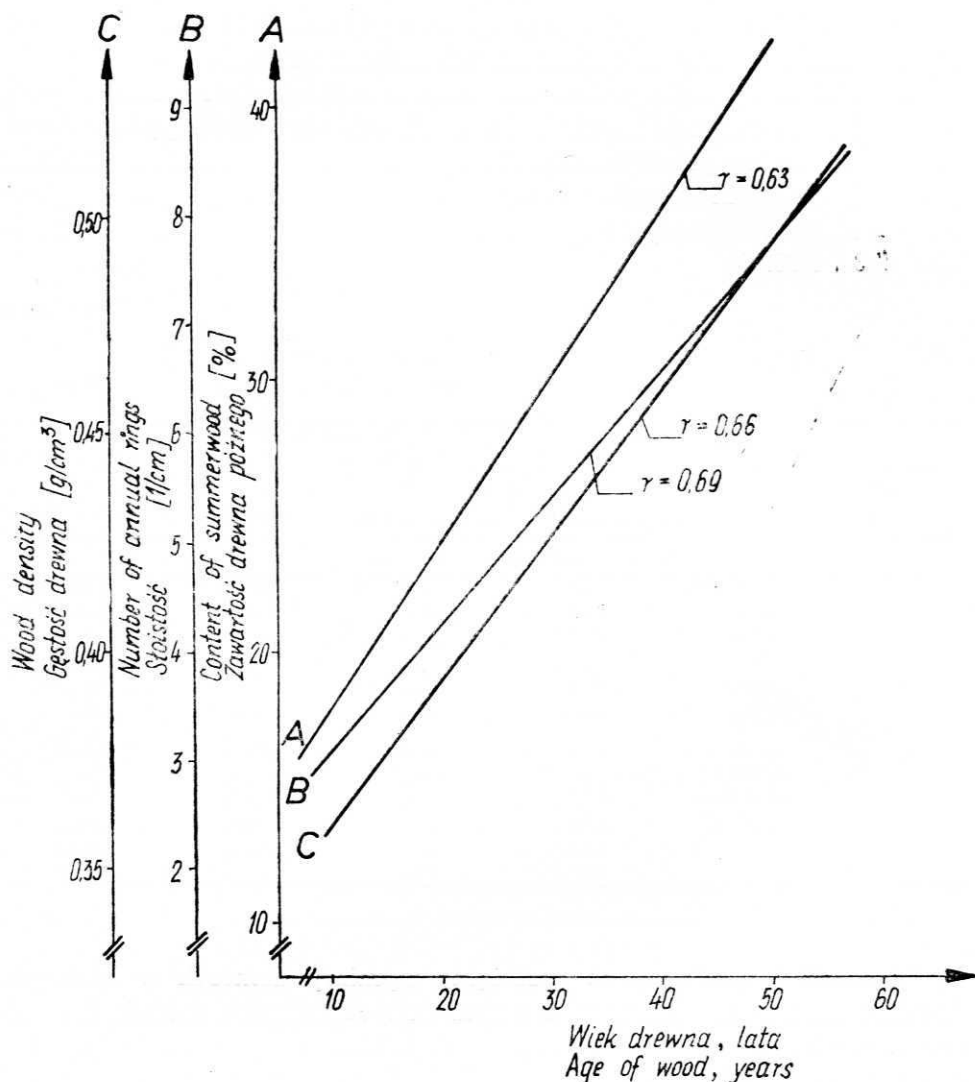
WPLYW WIEKU DRZEW I JAKOŚCI SIEDLISKA NA BUDOWĘ ANATOMICZNĄ I SKŁAD CHEMICZNY DREWNA

Tabela 2

Wiek, słoistość, zawartość drewna późnego i gęstość surowców sosnowych
 Age, number of annual rings, content of summerwood and density of pine wood

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Średnica pnia Stem diameter cm	Wiek drewna lata Age of wood years	Słoistość Number of annual rings 1/cm	Zawartość drewna późnego, % obj. Content of summer wood % by volume	Gęstość drewna Wood density g/cm ³
T	5,2	13	5,0	20	0,41
	8,0	23	5,8	30	0,45
	13,6	40	5,9	40	0,48
R	7,0	17	4,9	23	0,40
	11,0	19	3,5	27	0,39
	16,0	35	4,4	33	0,42
P	8,0	22	5,5	27	0,42
	11,0	35	6,4	28	0,42
	15,5	53	6,8	30	0,43
N	5,5	10	3,6	18	0,36
	10,5	15	2,9	20	0,35
	14,0	24	3,4	40	0,41

* W części prac doświadczalnych uczestniczył dyplomant Mariusz Witczak.



Rys. 1 Zależności pomiędzy niektórymi cechami drewna sosnowego a jego wiekiem
A — udział drewna późnego, B — słoistość, C — gęstość drewna

Fig. 1. Correlations between some features of pine wood and its age
A — content of summerwood, B — number of annual rings, C — density of wood

Dane dotyczące budowy anatomicznej badanych prób drewna sosnowego przytoczono w tabelach 2 - 6.

Jak wynika z danych tabeli 2, największą gęstość 0,41 - 0,48 g/cm³ wykazywało drewno, pochodzące z północnego regionu kraju, z siedliska średniej jakości (T). Najmniejszą gęstością 0,35 - 0,41 g/cm³ odznaczało się drewno I bonitacji, pochodzące z południowo-wschodniej Polski, z sie-

dliska położonego w województwie nowosądeckim (N). Drewno z tego regionu kraju wykazywało zarazem najmniejszą słoistość.

Niezależnie od rodzaju siedliska wraz z wiekiem drzew zwiększa się udział drewna późnego i słoistość, a w wyniku tego także gęstość drewna. Zależności te przedstawiono na rysunku 1. Prostoliniowe korelacje pomiędzy udziałem drewna późnego i słoistością a względną masą właściwą drewna charakteryzowały się współczynnikiem korelacji, odpowiednio: 0,73 i 0,75.

Tabela 3

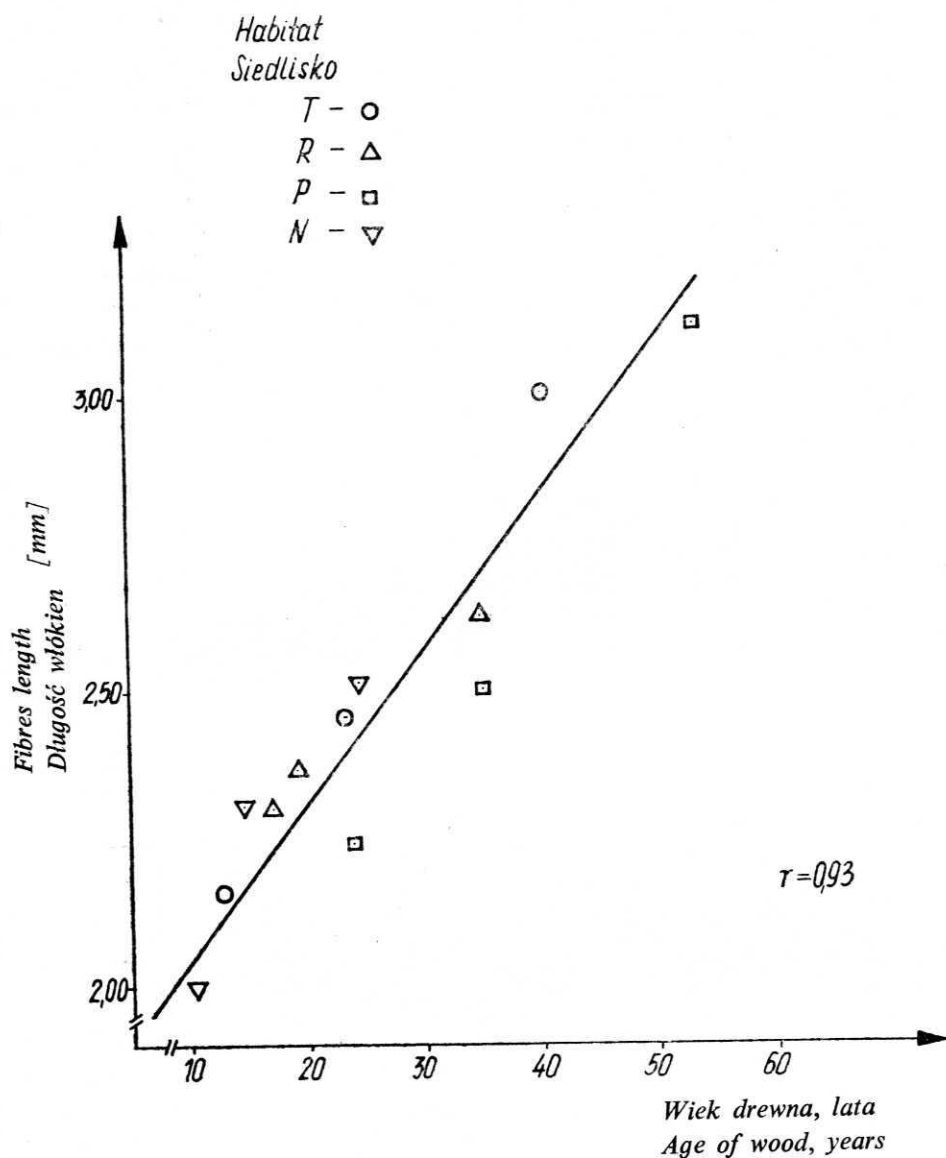
Przeciętne wymiary komórek w drewnie sosnowym (po maceracji)
Average dimensions of pine wood cells (after maceration)

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Wiek/średnica pnia lata/cm Age/stem diameter years/cm	Wymiary cewek Dimension of tracheids, mm			
		długość length		szerokość* width	grubość ścianki* cell wall thickness
		liczbowo średnia average by number	wagowo średnia average by weight		
T	13/5,2	1,93	2,16	0,0300	0,0043
	23/8,0	2,29	2,46	0,0355	0,0045
	40/13,6	2,75	3,01	0,0359	0,0053
R	17/7,0	2,05	2,30	0,0333	0,0042
	19/11,0	2,08	2,37	0,0348	0,0046
	35/16,0	2,36	2,63	0,0336	0,0047
P	22/8,0	1,98	2,24	0,0312	0,0045
	35/11,0	2,35	2,50	0,0329	0,0044
	53/15,5	2,94	3,12	0,0340	0,0043
N	10/5,5	1,74	2,00	0,0339	0,0041
	15/10,5	2,11	2,30	0,0342	0,0042
	24/14,0	2,24	2,52	0,0355	0,0050

Średnia arytmetyczna ze 100 pomiarów, uwzględniająca zawartość drewna późnego

W tabeli 3 zamieszczono przeciętne wymiary komórek w badanym drewnie sosnowym. Jak wynika z tych danych, wagowo średnia długość cewek zawierała się w przedziale 2,0 - 3,1 mm, a liczbowo średnia — w przedziale 1,7 - 2,9 mm, w zależności od wieku pnia.

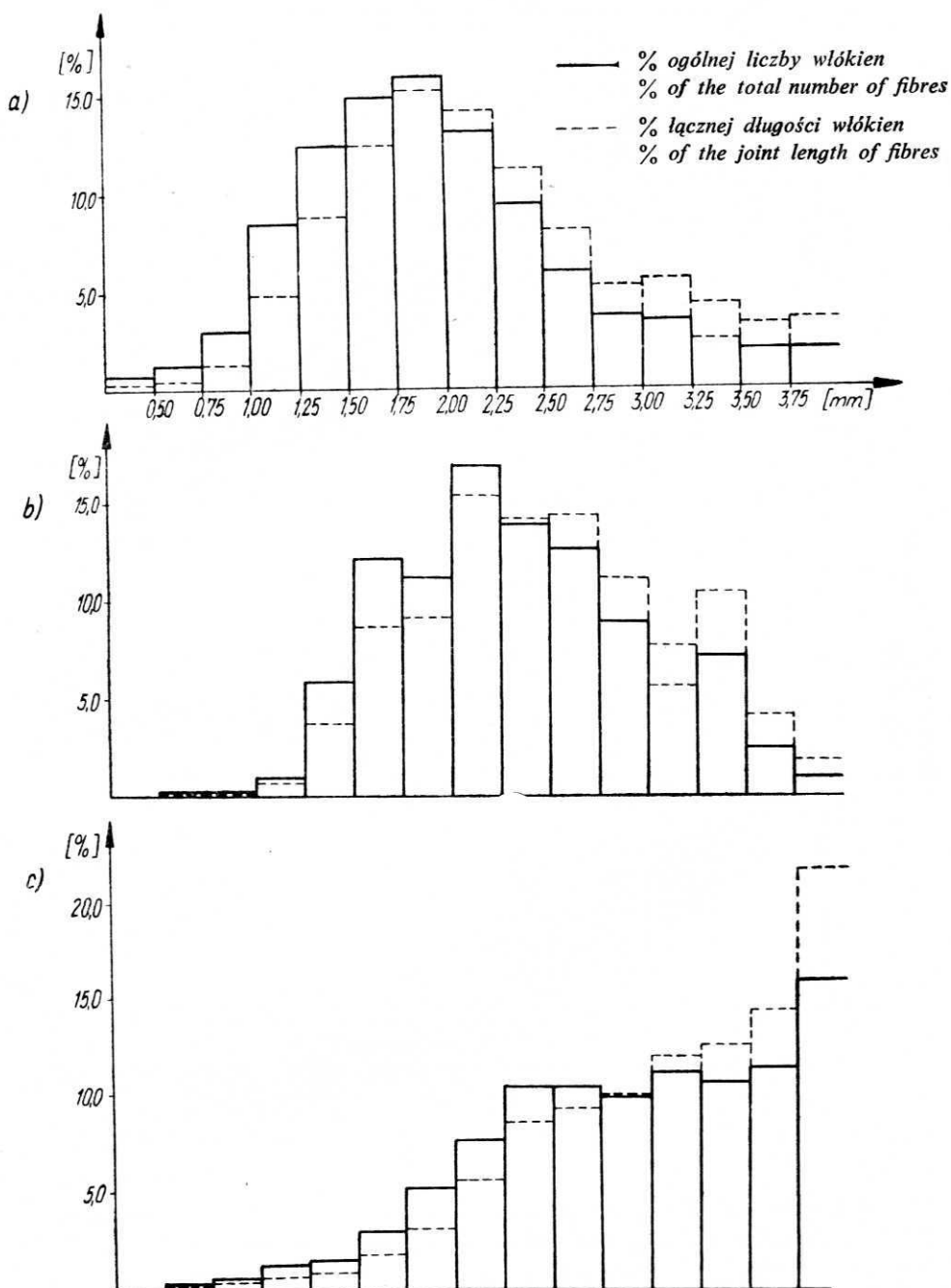
Z pomiarów wynika, że we wszystkich badanych siedliskach przeciętna długość włókien zwiększa się wraz z wiekiem drzew. Korelację tę przedstawiono na rysunku 2. Wartość współczynnika determinacji $r^2=0,86$ wskazuje, że w badanym przedziale wieku drzew, od 10 do 53 lat, długość włókien zależy aż w 86% od wieku pni sosny, a tylko w 14% od innych czynników, w tym również od siedliska. Niektórzy autorzy stwierdzili, że włókna drewna pochodzącego z siedlisk niższej jakości są z reguły dłuższe, a jednocześnie mają grubsze ścianki komórkowe i mniejszą średnicę [7, 8, 9]. W naszych badaniach nie stwierdziliśmy istotnych różnic pomiędzy długością cewek pni w tym samym wieku, pochodzących



Rys. 2. Zależność długości włókien (cewek) od wieku drewna sosnowego
Fig. 2. Correlation between the length of tracheids and the age of pine wood

z różnych siedlisk, natomiast różnice w wymiarach poprzecznych włókien potwierdzają wspomniane wyżej obserwacje.

Na rysunku 3 przedstawiono przykładowo rozkłady długości włókien występujących w drewnie sosnowym, pochodzącym z województwa opolskiego.



Rys. 3. Histogramy rozkładu długości włókien drewna sosnowego, pochodzącego z leśnictwa Przysiecz (woj. opolskie)
a — 22 lata, b — 35 lat, c — 53 lata

Fig. 3. Tracheids length distribution in pine wood from forest district Przysiecz
a — 22 years; b — 35 years; c — 53 years

Tabela 4

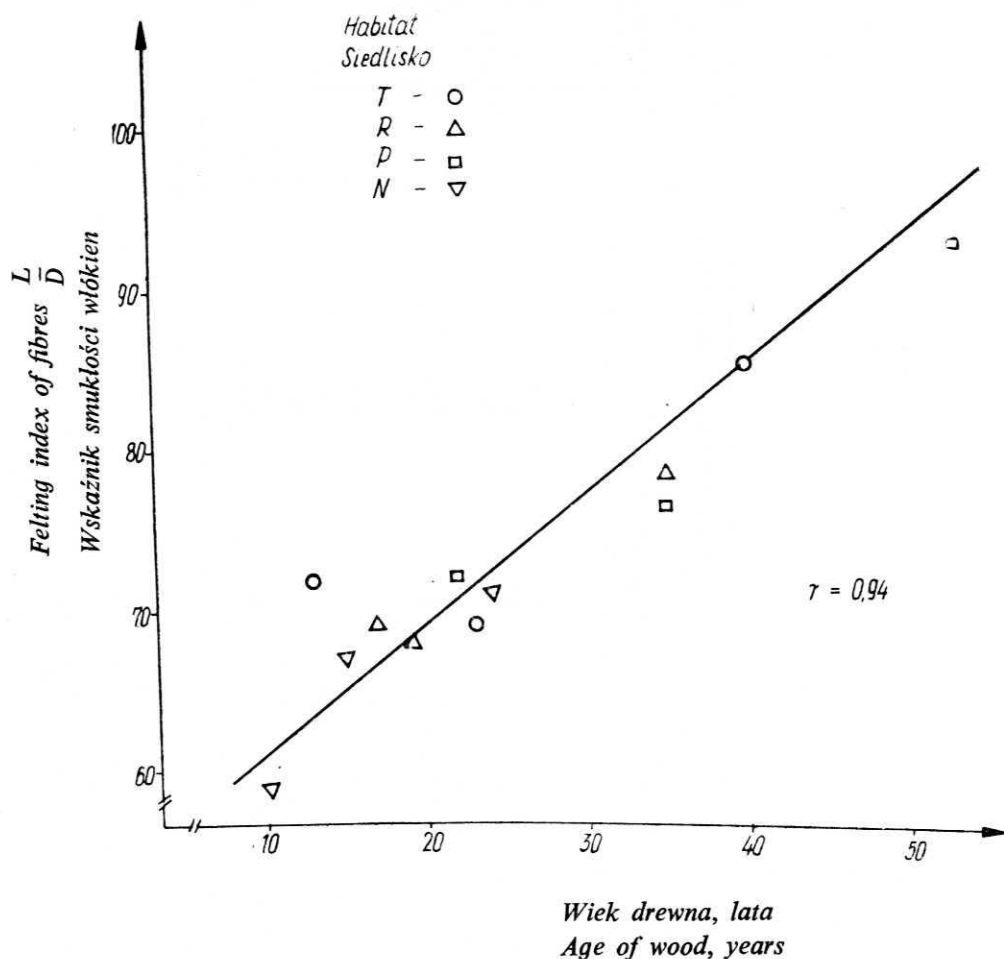
Wskaźniki struktury komórek włóknistych drewna sosnowego (po maceracji)
Indices of pine wood fibres structure (after maceration)

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Wiek/średnica pnia lata/cm Age/stem diameter years/cm	Wskaźnik smukłości Felting index L/D	Wskaźnik giętkości Flexibility index d/D	Wskaźnik sztywności wg Runkla Runkel rigidity index $2G/d$	Wskaźnik Mühlstepha Mühlsteph index $D^2 - d^2$ μm	Wskaźnik zwartości Solids index $D^2 - d^2$ μm
T	13/5,2	72	0,71	0,40	0,49	0,20
	23/8,0	69	0,75	0,34	0,44	0,23
	40/13,6	85	0,71	0,42	0,50	0,22
R	17/7,0	69	0,75	0,34	0,44	0,21
	19/11,0	68	0,74	0,36	0,46	0,23
	35/16,0	78	0,72	0,39	0,48	0,21
P	22/8,0	72	0,71	0,41	0,49	0,21
	35/11,0	76	0,73	0,37	0,46	0,20
	53/15,5	92	0,75	0,34	0,44	0,16
N	10/5,5	59	0,76	0,32	0,43	0,24
	15/10,5	67	0,75	0,33	0,43	0,22
	24/14,0	71	0,72	0,39	0,48	0,24

L – długość włókna (wagowo średnia), D – szerokość włókna, d – szerokość lumenu włókna, G – grubość ścianki komórkowej
 L – fibre length (average by weight), D – fibre width, d – fibre lumen width, G – fibre wall thickness

Odpowiednio do dwóch średnich długości włókien, liczbowej i wagowej zbadano dwa rozkłady tego wymiaru. Pierwszy z nich przedstawia udział włókien o danej długości w ogólnej liczbie włókien, drugi zaś — udział długości włókien z danego przedziału w łącznej długości wszystkich włókien.

Analiza danych dotyczących rozkładów długości włókien wszystkich badanych prób drewna prowadzi do wniosku, że zasadniczy wpływ na tę charakterystykę wywiera wiek drzew. W przedziale od 10 do 53 lat wpływ tego czynnika jest znacznie większy od wpływu warunków wzro-



Rys. 4. Zależność smukłości włókien od wieku drewna sosnowego

Fig. 4. Correlation between the felting index of tracheids and the age of pine wood

stu drzewa. Wraz z wiekiem drzew wyraźnie wzrasta udział włókien dłuższych.

W tabeli 4 zamieszczono wartości wskaźników struktury włókien. Jak wynika z tych danych, smukłość cewek zwiększa się przede wszystkim wraz z wiekiem drzew (rys. 4). Z porównania wartości tego wskaźnika dla włókien drzew w podobnym wieku, pochodzących z różnych siedlisk wynika, że na ogół nieco bardziej smukłe są włókna sosny pochodzącej z siedlisk niższej jakości (P, T).

Wartości wskaźników giętkości i sztywności włókien wszystkich badanych prób drewna sosnowego były zbliżone i kształtowały się na poziomach: wskaźnik giętkości 0,7 - 0,8, wskaźnik sztywności wg Runkla 0,3 - 0,4. Zaobserwowano, że wyższe wartości wskaźnika giętkości wykazują z reguły włókna drewna młodszego.

Tabela 5

Udział poszczególnych rodzajów komórek w drewnie sosnowym
Content of various kinds of cells in pine wood

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Wiek/srednica pnia lata/cm Age/stem diameter years/cm	Cewki Tracheids, %		Komórki miękiszowe Parenchyma cells, %	
		obj. by volume	wag. by weight	obj. by volume	wag. by weight
T	13/5,2	93,7	96,4	6,3	3,6
	23/8,0	94,6	96,9	5,4	3,1
	40/13,6	94,1	97,0	5,9	3,0
R	17/7,0	94,5	96,8	5,5	3,2
	19/11,0	93,0	95,7	7,0	4,3
	35/16,0	92,5	95,7	7,5	4,3
P	22/8,0	93,3	96,2	6,7	3,8
	35/11,0	93,3	96,0	6,7	4,0
	53/15,5	94,0	96,3	6,0	3,7
N	10/5,5	93,7	96,0	6,3	4,0
	15/10,5	92,4	94,7	7,6	5,3
	24/14,0	94,0	96,3	6,0	3,7

Wskaźnik Mühlstepha, będący miarą tendencji włókien do spłaszczania się w ważnych dla papiernictwa procesach prasowania i suszenia, zmieniał się w przedziale od 0,43 do 0,50 i z reguły był większy dla włókien drzew starszych. Świadczy to o ich mniejszej tendencji do spłśniania się, w porównaniu z włóknami drzew młodszych.

Tabela 5 zawiera dane obrazujące udział poszczególnych rodzajów komórek w drewnie sosnowym. Jak wynika z tych danych, włókna (cewki) stanowiły 92 - 95% objętości drewna. Odpowiadało to udziałowi wagi wolumenu tych komórek od 95 do 97%. Pozostałą część tkanki drzewnej wypełniały komórki miękiszowe. Nie stwierdzono, aby zmiany udziałów poszczególnych rodzajów komórek w analizowanych surowcach układa-

Tabela 6

 Charakterystyka przekroju poprzecznego drewna sosnowego
 Characteristic of the cross — section of pine wood

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Wiek/średnica pnia lata/cm Age/stem diameter years/cm	Liczba włókien na 1 mm ² po- wierzchni przekroju poprzecznego drewna Number of fibres per 1 mm ² of wood cross-section	Udział błony komórkowej w po- wierzchni przekroju poprzecznego włókien Part of the cell wall in the cross-section of fibres %	Udział błon komórkowych w po- wierzchni przekroju poprzecznego drewna Part of the cell wall in the cross-section of wood %
T	13/5,2	1523	45	44
	23/8,0	1080	44	43
	40/13,6	1018	50	49
R	17/7,0	1336	44	43
	19/11,0	1013	42	41
	35/16,0	1085	45	44
P	22/8,0	1261	45	44
	35/11,0	1141	43	42
	53/15,5	1066	42	41
N	10/5,5	1285	40	39
	15/10,5	1027	37	36
	24/14,0	947	42	41

Tabela 7

Skład chemiczny badanego drewna sosnowego
Chemical composition of the investigated pine wood

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Wiek/srednica pnia Age/stem diameter years/cm	Zawartość składników, % b.s. drewna Content of components, % o.d. wood							Substancje rozpuszczalne w: Substances soluble in:			
		Celuloza wg Seiferta Cellulose (Seifert)	Lignina Lignin		Pentozany Pentosans	Popiół Ash	gorącej wodzie hot water	acetonie acetone	1%NaOH	5%NaOH		
			wg Jayme'a Knolle'a acid in- soluble	rozpuszczal- na w kwa- sach acidsoluble								
T	13/5,2	40,7	30,0	0,9	12,3	0,52	3,7	2,1	13,5	17,5		
	23/8,0	41,2	28,1	0,8	9,0	0,66	5,9	3,5	16,0	19,1		
	40/13,6	43,3	28,9	1,0	8,8	0,64	5,2	2,7	13,9	18,4		
R	17/7,0	41,3	30,6	0,5	12,4	0,33	1,6	1,3	10,4	13,9		
	19/11,0	42,9	30,8	0,4	8,6	0,54	3,7	2,5	15,0	16,4		
	35/16,0	41,7	30,6	0,4	7,8	0,48	3,5	1,7	15,0	17,3		
P	22/8,0	39,0	30,0	1,0	9,3	0,26	5,0	3,6	21,2	23,7		
	35/11,0	40,6	28,4	0,9	8,5	0,34	2,8	6,7	13,2	17,6		
	53/15,5	41,4	29,8	0,9	8,4	0,89	5,9	6,4	18,4	22,4		
N	10/5,5	42,1	28,8	0,3	11,8	0,33	3,5	1,3	12,5	14,6		
	15/10,5	42,8	28,6	0,5	9,7	0,32	4,0	1,5	14,3	16,4		
	24/14,0	42,8	29,4	0,3	7,3	0,31	3,2	3,1	13,3	16,9		

ły się w sposób prawidłowy, w zależności od wieku drzew i jakości siedliska.

W tabeli 6 podano charakterystykę przekroju poprzecznego drewna sosnowego. Z danych tych wynika, że liczba włókien przypadających na 1 mm² powierzchni przekroju poprzecznego drewna, zawierająca się w przedziale od 900 do 1500, wyraźnie zmniejsza się wraz z wiekiem drzew i wzrostem poprzecznych wymiarów włókien. Porównanie tego wskaźnika dla drewna w tym samym wieku, pochodzącego z różnych siedlisk wykazuje, że jest on z reguły mniejszy w przypadku drewna pozyskanego z siedlisk wyższej jakości. Jest to związane z większą szerokością włókien tych surowców (tab. 6, tab. 3).

Udział błon komórkowych stanowił od 36 do 49% powierzchni przekroju poprzecznego drewna. Z porównania danych tabeli 2 i 6 wynika, że wartości tego wskaźnika na ogół zmniejszają się proporcjonalnie do spadku względnej masy właściwej surowców.

Tabela 7 prezentuje wyniki oznaczeń składników chemicznych w badanym drewnie sosnowym. Jak wynika z tych danych, ukierunkowaną zależność od wieku drzew wykazują dwa wskaźniki: zawartość pentozanów (wpływ ujemny) i zawartość substancji ekstrakcyjnych (wpływ dodatni).

W ramach tych samych siedlisk, wraz z wiekiem drzew na ogół zwiększa się nieznacznie zawartość celulozy, a obniża udział pentozanów. Wpływ wieku drewna sosnowego na zawartość w nim ligniny jest niewielki. Zawartość związków rozpuszczalnych w gorącej wodzie i w rozcieńczonych roztworach wodorotlenku sodowego nie wykazuje regularnej zależności od wieku drzew.

Drewno pochodzące z siedlisk jakościowo lepszych zawiera na ogół nieco więcej celulozy, natomiast mniej ligniny i substancji ekstrakcyjnych, w porównaniu z drewnem w tym samym wieku, pochodzącym z siedlisk niższej jakości.

OCENA PRZYDATNOŚCI DREWNA NIŻSZYCH KLAS WIEKU DO WYROBU MAS CELULOZOWYCH SIARCZANOWYCH

W tabelach 8, 9 i 10 zestawiono dane dotyczące wydajności i właściwości mas celulozowych siarczanowych niebielonych, wytworzonych z badanych surowców sosnowych.

Przy praktycznie jednakowym stopniu roztworzenia (28 - 30 jednostek 1.kappa, masy łatwobielne) wydajność netto mas celulozowych była zróżnicowana w zakresie 3% od 44,4 do 47,5% (tab. 8).

W przypadku drewna pozyskanego z dwóch siedlisk średniej jakości (T, R), położonych w województwach koszalińskim i bydgoskim, wyższą wydajność wykazywały masy celulozowe uzyskane z pni drzew starszych,

Tabela 8

Wydajność i stopień roztworzenia mas celulozowych siarczanowych
Yield and pulping degree of kraft pulps

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Wiek/średnica pnia lata/cm Age/stem diameter years/cm	Wydajność masy przesortowanej Screened pulp yield %	Stopień roztworzenia masy-liczba kappa kappa number
T	13/5,2	45,0	28,5
	23/8,0	47,0	29,1
	40/13,6	47,5	28,9
R	17/7,0	44,8	28,3
	19/11,0	46,2	28,8
	35/16,0	46,4	28,9
P	22/8,0	44,4	28,0
	35/11,0	45,3	27,6
	53/15,5	44,7	27,7
N	10/5,5	46,3	29,9
	15/10,5	46,7	28,9
	24/14,0	44,9	28,1

o większej średnicy i gęstości. W odniesieniu do drewna pochodzącego z Opolskiego (P), tendencja ta nie była już tak wyraźna, natomiast wydajność mas celulozowych z drewna pozyskanego w województwie nowosądeckim, z siedliska jakościowo najlepszego (N), była nawet większa w przypadku drewna młodszego.

Tabela 9

Liczba włókien oraz jednostkowe wskaźniki ich masy w masach celulozowych
Number of fibres in pulps and their coarseness

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Wiek/średnica pnia lata/cm Age/stem diameter years/cm	Liczba włókien w 1g masy celulozowej Number of fibres in 1g of pulp $\times 10^6$	¹ Przeciętny jednostkowy wskaźnik masy włókna w masie celulozowej (A) Coarseness of pulp fibres ¹ mg/100 m	² Przeciętny jednostkowy wskaźnik masy włókna w surowcu (B) Coarseness of wood fibres ² mg/100 m
T	13/5,2	3,4	15,2	33,8
	23/8,0	2,1	20,8	44,3
	40/13,6	1,4	26,0	54,7
R	17/7,0	3,1	15,7	35,0
	19/11,0	2,6	18,5	40,0
	35/16,0	2,1	20,2	43,5
P	22/8,0	3,1	16,3	36,7
	35/11,0	2,3	18,5	40,8
	53/15,5	1,6	21,3	47,7
N	10/5,5	3,7	15,5	33,5
	15/10,5	2,7	17,6	37,7
	24/14,0	1,9	23,5	52,3

¹ łącznie z frakcją drobną

¹ together with fines

² wskaźnik B obliczono na podstawie wartości A i wydajności mas celulozowych

² the coarseness of wood fibres (B) was calculated from values of pulp fibres coarseness (A) and pulp yield

Tabela 10

Właściwości wytrzymałościowe mas celulozowych siarczanowych zmielonych do 30°SR
Strength properties of kraft pulps beaten to 30°SR

Symbol siedliska Symbol of the habitat	Wiek/srednica pnia lata/cm Age/stem diameter years/cm	Masa objętościowa Sheet density g/cm ³	Samozerwalność Breaking length km	Wskaźnik przepuklenia Burst index kPam ² /g	Wskaźnik oporu przedarcia Tear index mNm ² /g	Liczba podwój- nych zgięć Double folds number	Liczba wytrzymałości Strength number × 10 ⁻¹
T	13/5,2	0,72	10,7	7,3	12,0	2070	1284
	23/8,0	0,70	11,3	7,1	12,2	1880	1379
	40/13,6	0,66	10,0	6,4	14,8	1270	1480
R	17/7,0	0,71	10,9	7,2	11,5	1250	1254
	19/11,0	0,73	10,5	7,3	11,6	1390	1218
	35/16,0	0,71	10,6	6,8	12,0	1370	1272
P	22/8,0	0,73	10,5	6,5	12,1	1230	1271
	35/11,0	0,73	10,7	6,8	12,3	1140	1316
	53/15,5	0,70	11,1	6,9	12,2	1130	1354
N	10/5,5	0,74	10,9	7,3	11,0	1520	1199
	15/10,5	0,76	10,5	7,2	12,0	2470	1260
	24/14,0	0,69	9,8	6,5	13,2	1290	1294

Wyniki niniejszej pracy, jak również wyniki naszych wcześniejszych badań [15], wskazują, że wydajność masy celulozowej zależy przede wszystkim od składu chemicznego drewna. Ponieważ wraz z wiekiem drzew zwiększa się na ogół zawartość w drewnie celulozy, upatrujemy w tym główną przyczynę większej wydajności mas celulozowych z grubizny, w porównaniu z masami wytworzonymi z cienizny, pochodzącej z tego samego siedliska.

W tabeli 9 podano liczbę włókien w jednostce wagowej mas celulozowych oraz jednostkowe wskaźniki ich ciężaru. Jak wynika z tych danych, liczba włókien w 1g masy celulozowej zawierała się w szerokim przedziale od 1,4 do 3,7 mln i zmniejszała się ona bardzo istotnie ze wzrostem średnicy i wieku drzew. Natomiast jednostkowe wskaźniki ciężaru włókien w masach celulozowych (tab. 9, wartość A) oraz w surowcu (tab. 9, wartość B) były z reguły większe w przypadku drewna starszego o większej masie właściwej. Jest to związane przede wszystkim z większymi wymiarami komórek włóknistych tego drewna.

W tabeli 10 podano gęstość i podstawowe właściwości wytrzymałościowe mas celulozowych o smarności 30°SR wytworzonych w znormalizowanych warunkach z badanych prób drewna sosnowego. Z badań wynika, że na ogół większą gęstością charakteryzowały się masy celulozowe wytworzone z drewna młodszego.

Samozerwalność mas celulozowych wykazywała zróżnicowanie w przedziale 15⁰%, a przepuklenie — w zakresie 12⁰%. Zwraca uwagę fakt, że masy wytworzone z cienizny (średnica pnia 5-8 cm, wiek 10-20 lat) nie ustępowały pod względem wytrzymałości statycznej masom z drewna pni starszych o średnicy 11-16 cm, a nawet niekiedy je przewyższały. Nie stwierdzono również, aby masy te wykazywały mniejszą odporność na zginanie. Natomiast wskaźnik oporu przedarcia wzrastał wyraźnie wraz z wiekiem drzew (tab. 10).

Syntetyczną ocenę właściwości wytrzymałościowych mas celulozowych daje tzw. liczba wytrzymałości, stanowiąca iloczyn dwóch najważniejszych jej wskaźników: samozerwalności i oporu przedarcia. Jak wynika z danych tabeli 10, wartości tego wskaźnika z reguły zwiększały się wraz z wiekiem drzew. Różnice pomiędzy liczbą wytrzymałości mas uzyskanych z cienizny (średnica pnia 5-8 cm, wiek 10-20 lat) i mas wytworzonych z drewna papierówki (o średnicy 14-16 cm, wiek 35-50 lat) wynosiły od 3 do 14⁰% i wynikały głównie z mniejszej wartości oporu przedarcia mas z cienizny.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że z drewna młodych pni sosnowych, w wieku 10-20 lat, można uzyskiwać masy celulozowe siarczanowe niebielone o dobrych właściwościach wytrzymałościowych, szczególnie statycznych.

Jednak w przypadkach gdy od mas celulozowych wymaga się możliwie wysokiego oporu przedarcia, co ma miejsce w odniesieniu do mas przerabianych na papier workowy, wyraźną preferencję uzyskuje drewno starsze, o większej średnicy i dłuższych włóknach. Stwierdzenia te są zgodne ze spostrzeżeniami niektórych innych autorów [1, 5, 6, 13].

WNIOSKI

Wyniki niniejszych badań prowadzą do następujących stwierdzeń i wniosków:

1. Wraz z wiekiem drzew z reguły wzrastają: udział drewna późnego, słoistość, gęstość drewna oraz wymiary włókien, przede wszystkim ich długość i smukłość. Zwiększa się także zawartość w drewnie substancji ekstrakcyjnych, obniża natomiast udział pentozanów.

2. Drewno sosnowe pochodzące z siedlisk jakościowo lepszych charakteryzuje się z reguły większą średnicą pnia, a równocześnie mniejszą słoistością i gęstością oraz większymi poprzecznymi wymiarami włókien, w porównaniu z drewnem w tym samym wieku, pochodzącym z siedlisk niższej jakości. Ponadto, drewno z siedlisk jakościowo lepszych zawiera na ogół więcej celulozy, a mniej ligniny i substancji ekstrakcyjnych.

3. Podatność na roztwarzanie metodą siarczanową drewna cienkich pni sosnowych, o średnicy 5-8 cm, w wieku 10-20 lat, nie różni się istotnie od podatności drewna drzew o średnicy 11-16 cm, w wieku 35-50 lat.

4. Przy przerobie drewna o małej średnicy należy liczyć się z obniżeniem wydajności masy z jednostki objętości warnika, z powodu mniejszej gęstości tego drewna oraz jego mniej korzystnego składu chemicznego. Z tego punktu widzenia najbardziej opłacalny jest przerób drewna drzew w wieku powyżej 20 lat (o średnicy ponad 8 cm), pozyskanego z północnych rejonów kraju.

5. Masy celulozowe siarczanowe łatwobielne wytworzone ze zdrowej cienizny sosnowej wykazują właściwości wytrzymałościowe statyczne oraz liczbę podwójnych zgięć na tym samym poziomie co masy z drewna o średnicy 11-16 cm. Wartości oporu przedarcia mas z cienizny są o 10-20% względnych mniejsze. Ma to odczuwalny ujemny wpływ przy produkcji mas przeznaczonych na papier workowy.

6. Przy przerobie cienizny sosnowej należy liczyć się z możliwością pogorszenia warunków odwadniania i mycia mas celulozowych, z uwagi na mniejsze wymiary włókien. Skład morfologiczny drewna cienizny jest natomiast korzystny z punktu widzenia optycznych właściwości mas celulozowych.

LITERATURA

1. Bejgelman A. W. (Бейгельман А. В.), Гасинец А. М., Антошина Т. Н., Мехнин Г. А.: Переработка низкокачественной древесины, лесосечных отходов и щепы из целого дерева на волокнистые полуфабрикаты. Целлюлоза, бумага и картон. Экспрессинформация 1982, в 26, с. 1-14.
2. van Buijtenen J. P., Bruce J., Zobel B. J., Joranson P. N.: Variation of some wood and pulp properties in an even-aged loblolly pine stand. Tappi 1961, t. 44, s. 141-143.
3. Dinwoodie J. M.: The relationship between fibre morphology and paper properties; A review of literature. Tappi 1965, t. 48, s. 440-447.
4. Dinwoodie J. M.: The influence of anatomical and chemical characteristics of softwood fibers on the properties of sulfate pulp: Tappi 1966, t. 49, s. 57-67.
5. Farkaš J.: Vplyv kvality základnej drevnej suroviny na kvalitu a vlastnosti sulfatovej buničiny. Papier a celuloza 1978, t. 33, s. V9-V14.
6. Farkaš J.: Möglichkeiten der Verarbeitung von Nadelholzhackschnitzeln. Zellstoff Papier 1981, t. 30, s. 245-247.
7. Grzeźczyński T., Spława-Neyman S.: Właściwości przyobwodowej tkanki drewna sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) w zależności od wieku drzew i bonitacji siedliska. Prace Instytutu Technologii Drewna 1980, t. 27, s. 3-17.
8. Hejnowicz A.: Badania nad zmiennością cech anatomicznych drewna *Picea abies* (L.) Karst. Arboretum Kórnickie 1969, t. 14, s. 89-132.
9. Laurow Z.: Zmienność niektórych cech drewna sosnowego w zależności od pochodzenia. Prz. papiern. 1973, t. 29, s. 351-353.
10. Modrzejewski K., Olszewski J., Rutkowski J.: Metody badań w przemyśle celulozowo-papierniczym, skrypt PŁ, Łódź 1977.
11. du Plooy A. B. J.: The relationship between wood and pulp properties of *E. grandis* (Hill ex-Maiden) grown in South Africa. Appita 1980, t. 33, s. 257-264.
12. Płonka A., Surewicz W., Wandelt P.: Die Bestimmung des Gesamt-ligningehaltes in Faserstoffen. Zellstoff Papier 1974, t. 23, s. 327-332.
13. Poller S., Storkan O.: Untersuchungen zur Eignung von Ast- und Zopfholz sowie dünnen Durchforstungsholz der Kiefer für die Sulfatzellstoffherzeugung. Zellstoff Papier 1981, t. 30, s. 198-200.
14. Przybysz K.: Nowoczesna metoda określania długości i składu frakcyjnego włókien celulozowych. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 1976, z. 185, s. 211-218.
15. Surma-Ślusarska B., Surewicz W.: The effect of chemical composition and anatomical structure of wood on the yield and properties of kraft pulps. Cellulose Chem. Technol. 1981, t. 15, s. 77-97.
16. Unger E., Unger E. W.: Ein Beitrag zur schnellen Bestimmung der mittleren Faserlänge und der Faserlängenverteilung von Papierstoffen. Zellstoff Papier 1963, t. 12, s. 4-10 (Teil I), s. 40-45 (Teil II).

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА ДЕРЕВА И МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ НА ВЫХОД
И СВОЙСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

ЧАСТЬ I. СОСНОВАЯ ДРЕВЕСИНА

Резюме

Исследовано влияние возраста дерева в пределе од 10 до 53 лет (диаметр ствола в пределе 5-16 см) и местопроизрастания на анатомическое строение, химический состав и морфологию волокон сосновой древесины. Современную оценку влияния изменчивой характеристики древесины на её пригодность для производства сульфатной целлюлозы.

Констатируется, что выход целлюлозы из тонкомерной древесины ($\phi=5-8$ см) меньше, чем целлюлозы из древесины среднего размера ($\phi=11-16$ см). Разрывная длина, сопротивление продавливанию и число двойных перегибов целлюлозы из здоровой тонкомерной древесины на том же самом уровне как целлюлозы из типического целлюлозного сырья. Однако сопротивление раздиранию целлюлозы из тонкомерной древесины как правило меньше на 10-20 процентов.

THE EFFECT OF THE AGE OF WOOD AND OF THE HABITAT ON THE
YIELD AND PROPERTIES OF KRAFT PULPS

PART I. PINE WOOD

Summary

The effect of the age of wood in the range from 10 to 53 years (stem diameter in the range 5-16 cm) and of the habitat on the anatomical structure, chemical composition and the morphology of fibres of pine wood was investigated. The effect of a variable characteristic of wood on its suitability for the production of kraft pulps was estimated.

It was stated that the yield of pulps from thin wood ($\phi=5-8$ cm) is lower than that of pulps from wood of higher diameter (11-16 cm). The tensile strength, bursting strength and double folds number of kraft pulps produced from thin and from typical pulpwood are on the same level, (however) the tear index of pulps obtained from thin woods is by 10 to 20% lower.

Adres autorów:

Dr Barbara Surma-Ślusarska
Prof. dr Włodzimierz Surewicz
Politechnika Łódzka
Instytut Papiernictwa
i Maszyn Papierniczych
90-924 Łódź, ul. Żwirki 36