

Forstauderkeimtrij. 22.

Beretning Nr. 122.

W. O. HISEY:

CELLULOSE AF EUROPÆISK BØG
(PULPING CHARACTERISTICS OF
EUROPEAN BEECH).

(Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, XIV).
MCMXXXVII

CELLULOSE AF EUROPÆISK BØG

AF

W. O. HISEY

Med Forord af S. O. HEIBERG

I 1934 henvendte Professor S. O. HEIBERG, Syracuse, sig til Forsøgsvæsenet med Forslag om en Undersøgelse af dansk Bøgs Anvendelighed til Cellulosefremstilling. Arbejdet skulde udføres i New York State College of Forestrys Cellulose- og Papirlaboratorier uden Udgift for os. Vi sendte en dansk Bøgekævle fra Forsøgsvæsenet derover, og Resultaterne af Undersøgelsen var, som det fremgaar af det efterfølgende, særdeles tilfredsstillende. Efter dette skulde Cellulosefremstilling af Bøg være teknisk mulig lige saa godt her som i Tyskland og Czekoslovakiet. Vedrørende Anvendelsen maa foruden til Fyldmasse i Papir ses paa, at Bøgecellulose er udmærket egnet til Fremstilling f. Eks. af Kunstbomuld, hvortil der nu bliver oprettet en dansk Fabrik. Det er sandsynligt, at det hjemlige Forbrug vil kunne aftage en saadan Fabriks Produktion, i Nødsfald maatte man arbejde delvis med Naaletræ. Det væsentligste Spørgsmaal, der maa oplyses, er om der kan opnaas en saadan Pris for Cellulosetræet, at det kan betale sig for Skovene at aflægge det, hvor man maa tænke paa, at Bøgetræets højere Vægtfylde vil betinge et betydeligt større Celluloseudbytte pr. Rumenhed end Gran, og om der kan fremskaffes tilstrækkeligt Træ af den egnede Middelkvalitet.

C. H. B.

Danmark indfører normalt for ca. 5.000.000 Kr. Cellulose. Dette kommer væsentligst fra Fennoskandinavien, som allerede udfører betydelig mere til Danmark, end det tager igen. Samtidig producerer Danmark ca. 664.000 m³ Bøgetræ (AARESTRUP FREDERIKSEN 1935), hvoraf vel ca. 80% eller 531.000 m³ afsættes til Brænde, som uden væsentlig Forædling eller Transport gaar lige i Ildstederne, og som derfor kun giver forholdsvis faa Mennesker Beskæftigelse. Desuden konkurrerer Brændet med Kul, der nemt kan faas fra Lande, som det vilde være i Danmarks Interesse at have yderligere Vareomsætning med.

Da Løvtræ og deriblandt ogsaa Bøg (*Fagus grandifolia* Ehrh.) i de forenede Stater i stort Omfang anvendes til Papirfabrikation, ligger den Tanke nær at undersøge, om den danske Bøg ogsaa skulde kunne bruges til et lignende Formaal. Kan en dansk Bøgecelluloseindustri føres til Virkelighed, vil den jo give flere Mennesker Arbejde, skabe bedre Afsætning for dansk Bøgetræ og fordelagtigere Omsætninger med Udlandet.

Undersøgelsen blev foretaget i Løbet af Vinteren 1934—35 af Mr. W. O. HISEY, som i en Aarrække har arbejdet baade videnskabeligt og praktisk med den amerikanske Cellulose- og Papirindustri. Det haandgribelige Resultat, den færdige Cellulose fremstillet af dansk Bøg, kan desværre ikke vedlægges denne Beretning, men den kan beses ved Henvendelse til Statens forstlige Forsøgsvæsen, Springforbi.

Undersøgelsen viser, at dansk Bøgetræ egner sig udmærket til bleget Cellulose, som kan anvendes som Fyldcellulose ved Fremstillingen af Trykpapir, særlig det som bruges til Bøger og Tidsskrifter. Vedtavernes korte Længde gør Bøgecellulosen uegnet til at blive brugt ublandet til dette Formaal, men tilsat en passende Mængde Grancellulose kan man fremstille fortrinligt Bogpapir.

Under amerikanske Forhold regner man ikke, at det betaler sig at opstille en Cellulosefabrik til en mindre daglig Produktion end ca. 50—60 ton. Dette svarer til et dagligt Forbrug af 300—360 rm Træ eller med 300 Arbejdsdage om Aaret 90.000—108.000 rm, hvilket er ca. $\frac{1}{6}$ af Danmarks aarlige Bøgehugst. Alene i Præstø og Sorø Amt er Bøgetilvæksten omtrent det dobbelte. Skulde man saa ønske en Del af Aaret at lade Fabrikken producere Grancellulose enten af dansk eller af importeret Gran, vil Bøgeforbruget yderligere synke, saa det synes rimeligt, at Danmarks Skove vil kunne tilfredsstille Bøgeleverancerne til en saadan Fabrik.

Desuden er der ikke ringe Udsigt til, at man kan fremstille andre Papirvarer end Trykpapir, hvor Kravet til Papirets Styrke ikke kommer i første Række. Det maa ogsaa undersøges, hvilke Kvaliteter Bøgetræ, der kan bruges, for at Fremstillingen kan betale sig. Sigtningen, som Fabrikken foretager, kan vel nok fjerne en Del af de værste Fejl ved Træet, men hvor langt ned i Kvalitet kan man gaa? Formodentlig vil det blive de bedre Kvaliteter Brænde, som vil blive forlangt.

Der er mange flere produktionsmæssige og afsætningsmæssige Forhold, som bør undersøges, inden Sagen tør føres ud i Virkeligheden; men det forekommer mig, at den fortjener at blive belyst. I Tider med stor Arbejdsløshed og daarlige Omsætningsforhold med Udlandet er det værd at undersøge særlig de Muligheder, hvorved Danmarks egne Raaprodukter kan tjene til højere Forædling, og derigennem afhjælpe Arbejdsløsheden og forbedre Landets internationale Handelsbalance.

Rapport over Undersøgelsen.

Den europæiske Bøg har en vid Udbredelse i Europa, hvor den hovedsagelig anvendes til Brænde, Møbler, Smørdritler, Gulve og Jernbanesveller. Professor S. O. HEIBERG (New York State College of Forestry) blev imidlertid interesseret i Bøgens mulige Anvendelse som Cellulose i Danmark. Den danske Stats forstlige Forsøgsvæsen sendte dernæst en Kævle til New York State College of Forestry's Laboratorier, for at man der kunde foretage en indledende Undersøgelse af Bøgens Egenskaber som Papirmasse.

Den europæiske Bøg har et temmelig tæt Ved, dets gennemsnitlige Vægtfylde er 0.70 i ovntør Tilstand (JANKA 1915). Dette svarer til en omtrentlig Vægtfylde paa 0.60, beregnet i Relation til Friskvolumen, hvilket vil sige at 1 cubic foot grønt Træ efter Tørring vejer 37.5 lbs.¹⁾ idet der er korrigeret for ca. 16% Svind grundet paa Tørring. Sammenlignende Værdier for visse almindelige amerikanske Træarter er givet i den følgende Tabel (U. S. Department of Agriculture 1927):

	Vægtfylde (Tørt Træ beregnet paa Træets Rumfang i grøn Tilstand)	Vægt, lbs. pr. cubic foot (Tørt Træ beregnet paa Træets Rumfang i grøn Tilstand)
Gran (forskellige Arter)	0.31—0.38	19—24
Fyr (forskellige Arter)	0.36—0.55	22—34
Asp (<i>Populus deltoides</i>)	0.36	22—23
Bøg (<i>Fagus grandifolia</i>)	0.54	34
Sukkerløn (<i>Acersaccharum</i>)	0.56	35

Disse Tal tyder paa, at den europæiske Bøg, hvis den udnyttes til Papirmasse, vil give et forholdsvis højt Udbytte sammenlignet med de almindeligt anvendte amerikanske Træarter.

Det eksperimentelle Arbejde:

Med det Formaal at bestemme den europæiske Bøgs Egenskaber som Cellulose, blev den kogt i Laboratoriedigestorer under Forhold, som nærmer sig den Praksis, hvor Formaalet er en Cellulose, som let kan bleges. Tallene fra disse Kogninger

¹⁾ Da Forsøgene i dette Arbejde er udførte efter de almindelige amerikanske Metoder og derfor bør sammenlignes med andre lignende amerikanske Forsøg, er kun enkelte Maal omregnede til Metersystemet.

er resumeret nedenfor. Alle Kvantiteter er beregnet paa den tilsvarende Vægt af ovntørt Træ som blev anvendt.

Behandling ved Natriumhydroxydprocessen:

Natriumhydroxyd (NaOH) anvendt — 25% af Mængden af tørt Træ.

Koncentrationen af Natriumhydroxyd 50 g pr. l.

Forholdet mellem Vædsken og Vægten af Træet: 5 : 1.

Kogningstid: 5 Timer.

Maximumtemperatur: 170° C.

Tid anvendt til at bringe Temperaturen op til 170°: 1¹/₄ Time.

Temperaturen vedligeholdet 3³/₄ Time ved 170°.

Udbytte af Cellulose 46.2% tør Vægt af Masse, beregnet paa tør Vægt af Træ.

Sigtningssaffald: 0.05% af Træets Vægt.

Behandling ved Sulfatprocessen:

Natriumhydroxyd (NaOH) 18% af Træets Vægt.

Natriumsulfid (Na₂S) 7% af Træets Vægt.

Koncentration af alle Kemikalier 62.4 g pr. l.

Forhold af Vædske til Træets Vægt: 4 : 1.

Kogningstid: 5 Timer.

Maximumtemperatur: 170°.

Tid anvendt til at bringe Temperaturen op til 170°: 1 Time.

Temperaturen vedligeholdet 4 Timer ved 170°.

Udbytte af Cellulose: 47.4% tør Vægt af Masse, beregnet paa tør Vægt af Træ.

Sigtningssaffald: 0.3% af Træets Vægt.

Netto Celluloseudbytte 47.1%.

Behandling ved Sulfitmetoden:

Analyse af Svovlsyrning:

Total Svovldioxyd 5.06%.

Fri Svovldioxyd 3.79%.

Bunden Svovldioxyd 1.27%.

Forhold af anvendt Vædske til Træets Vægt: 6 : 1.

Maximumtemperatur: 142°.

Kogningstid: 14 Timer.

Temperaturskema:

Temperaturstigning: 28° C—110° C 4 Timer.

110° C—130° C 3 Timer.

130° C—142° C 3 Timer.

Hvorefter en Temperatur paa 142° C blev vedligeholdt i 4 Timer.

Udbytte af Cellulose: 42.0% tør Masse beregnet paa tør Vægt af Træ.

Sigtningssaffald: 0.4% beregnet paa tørt Træ.

Netto Udbytte: 41.6%.

Celluloserne, som blev fremstillede ved de ovenstaaende Fremgangsmaader, blev prøvet for Blegningsevne ved en Koncentration paa 33%, en Temperatur paa 38° C og i en Tid paa 4 Timer. Under disse Betingelser og ved at bruge Kalciumhypoklorit til Blegningsvædske til een Blegning fandtes, at disse Celluloser krævede følgende Mængder Klor til at fremkalde en god Farve.

Hydroxydcellulose 4.2% Klor.

Sulfatcellulose 3.5% Klor.

Sulfitcellulose 3.7% Klor.

Farven af den Hydroxydcellulose, som blev fremstillet ved denne Proces, var lig den, man finder hos en god Handelskvalitet af Hydroxydcellulose, men ikke saa klar som Farven af Sulfit eller Sulfatcellulose. (Celluloseprøver vedlagte Manuskriptet kan beses ved Henvendelse til det forstlige Forsøgsvæsen i Springforbi).

Den europæiske Bøg vil derfor behandlet efter enhver af de almindeligt anvendte kemiske Processer give en Cellulose, som let kan bleges. Vægtudbyttet af saadanne Masser er lig det, man normalt opnaar af andre Træarter, behandlet paa lignende Maader. Derimod baseret paa den Cellulose, man faar fra en »cord of wood«¹⁾ vil Sammenligningen grundet paa den store Vægt pr. Rumenhed i høj Grad være i den europæiske Bøgs Favør. Dette fremgaar tydeligt af Tabellen S. 184.

Efter saaledes at have paavist at man kan producere et godt Udbytte af let blegelig Papirmasse af europæisk Bøg, bliver de mulige Anvendelser af denne Masse det næste Spørgsmaal. Et af de vigtigste Punkter set fra Anvendelsens Stand-

¹⁾ 1 cord = 128 cubic foot = 3.63 rm.

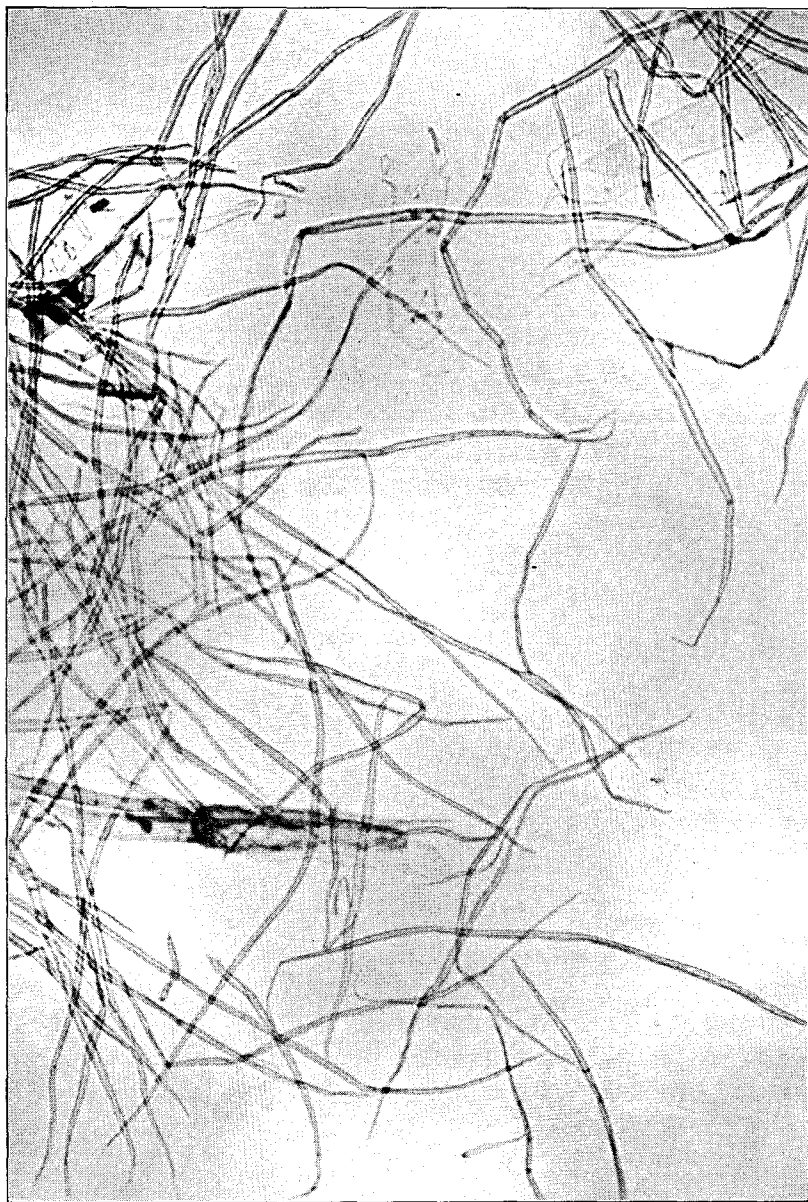


Fig. 1. Cellulose af europæisk Bøg. *European Beech Sulphite Pulp.*
Forstørrelse (Magnification) 70 \times .



Fig. 2. Amerikansk Løvtræ-Hydroxycellulose, Handelsvare.
Hardwood Soda Pulp. Forstørrelse (Magnification) 70 ×.

punkt er Længden af Taverne, idet Styrken staar i et nært ligefremt Forhold til Længden af de enkelte Taver. Maalinger af Tavernes Længde blev derfor foretaget paa Cellulosen af den europæiske Bøg, og deres gennemsnitlige Længde blev maalt til 0.90 mm, medens 82 % af Taverne havde Længder som laa mellem 0.73 og 1.06 mm. Bøgens Taver er saaledes typiske for de korttavede Løvtræer, og Anvendelsen af saadanne Taver maa blive indskrænket til samme almindelige Typer Produkter, til hvilke de amerikanske Løvtrætaver nu bliver brugt. Den almindelige Handelsvare fremstillet ved Hydroxydprocessen, som blev anvendt til Sammenligning med den euro-

Træ	Tørt Træ pr. cubic foot grønt Rumfang	Tørt Træ pr. cord (Fastmassetal V 0.71 el. 90 cu.ft. Fastmasse pr. cord)	Omtrentlig Udbytte af tør Cellulose pr. cord
Europæisk Bøg.	37.5 lbs.	3380 lbs.	1550 lbs. (Soda)
Europæisk Bøg.	» »	» »	1590 » (Sulfat)
Europæisk Bøg.	» »	» »	1420 » (Sulfit)
Gran	22 »	1980 »	900 » (Sulfit)
Asp	23 »	2070 »	940 » (Soda)
Amerikansk Bøg	34 »	3060 »	1370 » (Soda)

pæiske Bøgecellulose, blev ogsaa maalt, og dens gennemsnitlige Tavelængde var 0.73 mm, medens 80 % af Taverne laa mellem 0.56 og 0.90 mm. De almindelige Naaletræer, som bruges til den Slags Papirmasse, hvor især Styrken er vigtig, har Taver paa 3—4 mm's Længde.

De hosstaaende Mikrofotografier viser de relative Størrelser af Taverne fra Cellulose af europæisk Bøg, amerikansk Gran (Sulfitproces) og amerikansk Løvtræ (Hydroxydproces). Man ser nemt Ligheden mellem den europæiske Bøg og det amerikanske Løvtræ, ligesom Forskellen mellem Bøgen og Granen. Hydroxydcellulosen fremstillet af amerikansk Løvtræ finder udstrakt Anvendelse som »Fyldmasse« i Papir, som bruges til trykte Bøger og Magasiner, hvor Blødheden, Opaciteten og den glatte Overflade, som følger med Løvtræets korte Taver, er af Værdi. Papirmasse produceret af europæisk Bøg skulde derfor være værdifuldt til lignende Papirprodukter.

Som et sidste Skridt i Undersøgelsen blev Prøver af den

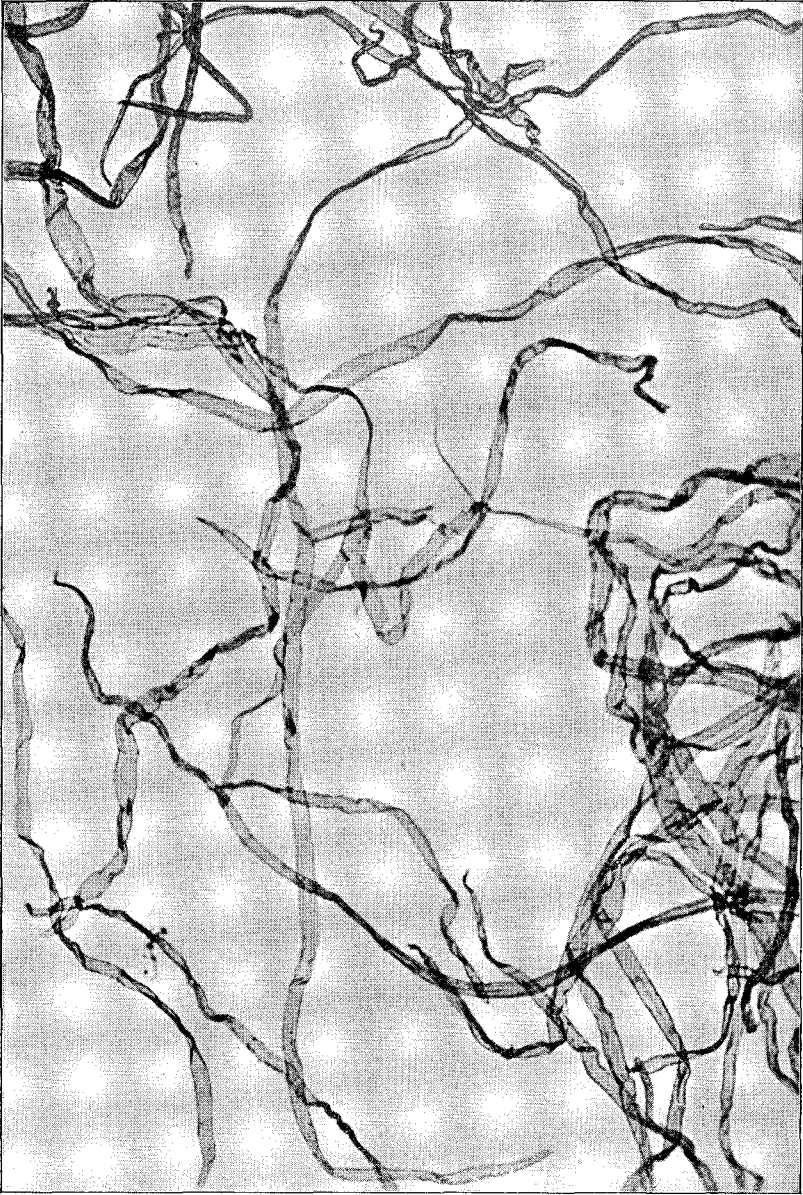


Fig. 3. Gran-Sulfitcellulose. *Spruce Sulphite Pulp*.
Forstørrelse (Magnification) 70 \times .

blegede Forsøgscellulose blandet med 50 % (Vægtforhold) af bleget Gran Sulfitcellulose og behandlet i Laboratoriets eksperimentelle Stamper i Overensstemmelse med den foreløbige Standardfremgangsmaade, som er anvist af »Technical Association of the Pulp and Paper Industry« (T.A.P.P.I. 1932). Prøver blev taget fra Stamperen med regelmæssige Mellemrum, lavet til Blade og prøvet for forskellige Egenskaber, saaledes som det fremgaar af hosstaaende Tabel. Dette blev gjort for at sammenligne den eksperimentelle europæiske Bøgecellulose med almindelig amerikansk Løvtræ-Hydroxydcellulose som forefindes i Handelen. Undersøger man Tallene i Tabellen, ser man, at europæisk Cellulose i enhver Henseende staar Maal med Løvtræcellulosen. Bøge-Sulfatcellulosens »fyldende« Egenskab er især gode, medens Bøge-Sulfitcellulosen fylder mindre end Handels-Løvtræcellulosen. Den europæiske Bøgecellulose er betydelig stærkere end den amerikanske Handelsvare; denne Egenskab er bemærkelsesværdig baade med Hensyn til »Brudstyrken« og »Strukturstyrken«. Opacitetsegenskaberne er gode, men da disse Egenskaber er paavirket af baade Fyldeevne og Farve, saa ser man, at fra dette Standpunkt er den lyseste Masse (Bøgesulfitten) den daarligste, og den fyldigste Masse (Bøgesulfaten) den bedste.

Resummerer vi, ser vi, at denne foreløbige Undersøgelse har vist, at europæisk Bøgetræ egner sig til Produktion af en bleget Cellulose, som kan anvendes til Fyldmasse i Trykpapir. Anvendelsen af saadan Cellulose vil findes blandt de Typer Papir, til hvilke Løvtræ-Hydroxydcellulose nu benyttes i de forenede Stater, og Esparto-Cellulose i England; blandt disse Typer maa særlig nævnes Bog- og Tidsskriftpapir af god Kvalitet.

Medens Eksistensen af den tekniske Mulighed herved maa anses at være bevist, ligger Betragtninger angaaende den økonomiske Mulighed uden for Rammen for denne Beretning. Nogle Ord herom bør dog maaske nævnes.

Den mindste Cellulosefabrik, som vel kan anses at ville betale sig i denne Forbindelse, er en som har en Produktion af ca. 60—75 ton¹⁾ Cellulose om Dagen. En saadan Fabrik vil kræve en daglig Tilførsel paa 80—100 cords (296—370 rm). Skulde denne Mængde Bøg ikke kunde faas til en rimelig Pris, eller skulde de danske Papirmøller ikke være i Stand til at

¹⁾ En ton (short ton) = 907.3 kg.

Europæisk Bøgecellulose.

Resumé af fysiske Prøver.

(Summary of physical tests, European beech pulps).

50% bleget Gran-Sulfitcellulose og 50% Cellulose stødt i Forsøgsstamper. 50% Bleached Sulphite and 50% Pulp Noted-Beaten in Experimental Beater.								
Min. i Stamper Time in Beater Minutes	Vægt Basis Weight lbs. pr. Ris (Ream) 25" × 38" = 500	Tykkelse i Tommer Thickness Average in inches	Brudstyrke Bursting Strength		Strukturstyrke Tearing Strength		Opacitet Opacity Contrast Ratio	Freeness (Green Tester) c. c.
			lbs. pr. sq. inch.	Factor = lbs. per sq. inch. : Basis Weight	grammes	Factor = grammes : Basis Weight		
50% bleget Løvtræ-Hydroxydcellulose og 50% bleget Gran-Sulfitcellulose. 50% Bleached Hardwood Soda Pulp and 50% Bleached Spruce Sulphite.								
5	53.9	0.00413	17.7	0.329	74.7	1.39	0.863	565
20	52.3	0.00380	35.0	0.669	46.7	0.89	0.840	390
35	51.2	0.00352	40.8	0.798	44.6	0.87	0.802	220
50	50.5	0.00330	42.3	0.838	38.7	0.76	0.759	105
65	47.8	0.00320	42.0	0.878	27.3	0.57	0.703	55
50% bleget europæisk Bøge-Hydroxydcellulose og 50% bleget Gran-Sulfitcellulose. 50% Bleached European Beech Soda Pulp and 50% Bleached Spruce Sulphite.								
5	54.5	0.00442	22.3	0.409	96.6	1.77	0.867	620
20	53.6	0.00373	46.1	0.860	68.2	1.27	0.790	450
35	50.8	0.00345	49.6	0.978	64.0	1.26	0.743	300
50	49.6	0.00325	56.6	1.140	60.0	1.21	0.703	155
65	51.3	0.00320	58.2	1.133	55.3	1.08	0.664	90
50% bleget europæisk Bøge-Sulfatcellulose og 50% bleget Gran-Sulfitcellulose. 50% Bleached European Beech Sulphate Pulp and 50% Bleached Spruce Sulphite.								
5	55.4	0.00533	16.4	0.296	78.0	1.41	0.883	590
20	54.5	0.00429	36.4	0.668	64.7	1.19	0.853	450
35	52.2	0.00380	41.9	0.804	53.3	1.02	0.784	295
50	50.5	0.00353	48.7	0.964	44.0	0.87	0.748	110
65	53.4	0.00350	51.6	0.967	46.0	0.86	0.738	82
50% bleget europæisk Bøge-Sulfitcellulose og 50% bleget Gran-Sulfitcellulose. 50% Bleached European Beech Sulphite Pulp and 50% Bleached Spruce Sulphite.								
5	52.9	0.00400	19.8	0.374	78.0	1.47	0.840	585
20	50.2	0.00339	41.2	0.822	52.0	1.04	0.743	320
35	49.3	0.00324	47.6	0.965	51.3	1.04	0.698	240
50	48.6	0.00304	47.2	0.973	48.0	0.99	0.650	95
65	45.6	0.00286	51.3	1.125	45.7	1.00	0.573	45

aftage hele Produktionen, saa kan Fabrikken bygges saaledes, at den dels kan arbejde med Bøg og dels med Gran. Dette vil særlig være fordelagtigt i Danmark, som importerer en væsentlig Del Gran-Sulfitcellulose. Desuden skal jo den korttavede Bøgecellulose blandes med en langtavet Cellulose til Papirfabrikationen, saa de to Cellulose typer vil supplere hinanden.

I amerikansk Praksis anvender man fra 20 til 80 % af den korttavede Løvtræ-Cellulose til Indblanding ved Fabrikation af Trykpapir. Procenten afhænger af de Egenskaber, man ønsker af Papiret. I Almindelighed bruger man til Bogpapir 50 % korttavet Løvtræ-Cellulose og 50 % langtavet Naaletræ-Cellulose. Hvis man derfor i Danmark har Brug for 60 ton om Dagen af en saadan Cellulose, og hvis Træet kan fremskaffes, saa synes der at være god Mulighed for Oprettelsen af en saadan Fabrik.

LITTERATUR

- FREDERIKSEN, J. AARESTRUP, 1935 — Hugst og Tilvækst i de danske Skove. Dansk Skovforenings Tdskr. Bd. 20.
- JANKA, 1915 — Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs—Wien, pp. 72—73.
- T. A. P. P. I. 1932 Standards — T 200 M — Technical Association of the Pulp and Paper Industry, New York, N. Y.
- U. S. Department of Agriculture 1927. Bulletin 556, Washington D. C. as reported in the »Manufacture of Pulp and Paper«, Vol. III, sec. 1, page 33. (Mc. Gran-Hill, N. Y.)

PULPING CHARACTERISTICS OF EUROPEAN BEECH

European Beech (*Fagus sylvatica L.*) is a species widely distributed in European countries, and one which has been chiefly used for firewood, boxes, furniture and fuel. Professor S. O. HEIBERG, of the New York State College of Forestry, became interested in this species as a potential source of pulp in Denmark, where a surplus supply of this wood was reported to be available. Accordingly, arrangements were made with the Danish Forest Experiment Station of Copenhagen, Denmark, for a log to be cut and sent to the laboratories of the New York State College of Forestry for preliminary examination as a source of pulp.

European Beech is a rather dense wood, having an average specific gravity of 0.70, oven dry (JANKA 1915). This corresponds to a specific gravity of approximately 0.60, or approximately 37.5 pounds per cubic foot of dry wood on the green volume basis, after correcting for approximately 16% shrinkage on drying.

Comparative values for certain common types of American woods are given in the tabulation on page 13 (U. S. Dep. of Agric. 1927).

	Specific Gravity (Dry wood on green volume)	Weight per cu. ft. (Dry wood on green volume)
Spruce (<i>Various species</i>).....	0.31 to 0.38	19 to 24
Pine (<i>Various species</i>).....	0.36 to 0.55	22 to 34
Poplar (<i>Populus deltoides</i>)....	0.36	22 to 23
Beech (<i>Fagus grandifolia</i>)....	0.54	34
Sugar Maple (<i>Acer saccharum</i>).	0.56	35

These data indicate that the European beech, when pulped, should give a relatively high yield of pulp per cord, in comparison with the commonly used American species.

Experimental Pulping Work:

In order to determine the pulping characteristics of European beech, it was cooked in laboratory digesters under conditions closely approximating commercial practice for the production of an easy bleaching pulp. One cook was made by each of the three principle chemical process by which wood is reduced to pulp. Data on these cooks is summarized in the following tabulations, all quantities being expressed on the basis of the equivalent oven-dry weight of wood used.

Digestion by the Soda Process:

Caustic Soda (NaOH) used — 25% on dry wood.

Concentration of caustic soda — 50 gm. per liter.

Ratio of liquor to wood weight — 5:1.

Time of digestion — 5 hours.

Maximum Temperature — 170° C.

Time to bring temperature up to 170° — 1¼ hrs.

Time Temperature maintained at 170° — 3¾ hrs.

Pulp Yield — 46.2% — dry weight of pulp based on dry weight of wood.

Screenings — 0.05% of wood weight.

Digestion by the Sulphate Process:

Chemical used:

Caustic Soda (NaOH) — 18% of wood weight.

Sodium Sulphide (Na₂S) — 7% of wood weight.

Concentration of total chemical — 62.4 gm. per liter.

Ratio of liquor to wood weight — 4:1.

Time of digestion — 5 hours.

Maximum temperature — 170° C.

Time to bring temperature to 170° C — 1 hour.

Time temperature maintained at 170° C. — 4 hours.

Pulp yield — 47.4% — dry pulp based on dry wood used.

Screenings — 0.3% of wood weight.

Net pulp yield — 47.1%.

Digestion by the Sulphite Process:

Analysis of Sulphite Acid.

Total Sulphur Dioxide — 5.06%.

Free Sulphur Dioxide — 3.79%.

Combined Sulphur Dioxide — 1.27%.

Ratio of liquor used to wood weight — 6:1.

Maximum temperature — 142°C.

Time of digestion — 14 hours.

Temperature schedule:

Temperature rise — 28°C to 110°C — 4 hours.

110°C to 130°C — 3 hours.

130°C to 142°C — 3 hours.

Maintained at 142°C for four hours.

Pulp yield — 42.0% based on dry wood.

Screenings — 0.4% based on dry wood.

Net Yield — 41.6% based on dry wood.

The pulps produced by the above cooking procedures were tested for bleachability, at a concentration of 3%₀, a temperature of 38° C, and for a time of 4 hours. Under these conditions, and using a calcium hypochlorite bleach liquor in a single bleach, it was found that these pulps required the following quantities of chlorine for the production of a good color.

Soda pulp 4.2%₀ of chlorine.Sulphate pulp 3.5%₀ of chlorine.Sulphite pulp 3.7%₀ of chlorine.

The color of the soda pulp produced under these conditions was comparable with that of a good grade of commercial soda pulp, but not as bright as the color of the sulphite nor the sulphate pulps.

European beech, therefore, will give an easy-bleaching pulp by any of the normally used chemical processes, such pulp being obtained in a weight-yield comparable with that normally experienced in the pulping of other species of wood. On the basis of pulp obtained from a cord of wood, the comparison is greatly in favor of the European beech, due to its high weight per unit of volume. This is clearly shown in the following tabulation:

Wood	Dry wood per cu. ft. green volume	Wt. Dry Wood per cord (90 cu. ft. solid wood)	Approximate yield of dry pulp per cord
European Beech..	37.5 lbs.	3380 lbs.	1550 lbs. (Soda)
European Beech..			1590 lbs. (Sulphate)
European Beech..			1420 lbs. (Sulphite)
Spruce.....	22 lbs.	1980 lbs.	900 lbs. (Sulphite)
Poplar.....	23 lbs.	2070 lbs.	940 lbs. (Soda)
American Beech..	34 lbs.	3060 lbs.	1370 lbs. (Soda)

Having thus demonstrated that a good yield of easy-bleaching pulp can be obtained from European beech, the possible uses of such a pulp come into question. One of the fundamental factors, from the standpoint of the uses of the pulp, is the fiber length, since strength characteristics and the length of the individual fibers are closely related. Fiber length measurements were therefore made on the pulp from European beech and it was found that the average length was 0.90 mm., and 82% of the fibers had lengths between 0.73 and 1.06 mm. The fibers of the beech wood are thus typical of the short-fibered hardwoods, and the uses for such a fiber will be confined to the same general type of products for which the hardwood fibers are now used. The commercial soda pulp which was used as a basis of comparison for the European beech pulp was also measured, and was found to have an average fiber length of 0.73 mm., 80% of the fibers falling between 0.56 and 0.90 mm. Typical softwoods such as are used in the manufacture of the commercial pulps for papers in which strength is essential have fiber lengths of the order of 3 to 4 mm.

The accompanying microphotographs show the relative fiberdimension of European beech sulphite pulp, an American spruce sulphite pulp, and an American hardwood soda pulp. The close relationship between the soda pulp and the European beech pulp can be seen readily, and the dissimilarity between these and the spruce sulphite is likewise apparent. The hardwood soda pulp finds its great field of usefulness as a filler fiber in papers used for the printing of books and magazines, where the softness, opacity and smooth surface imparted by the short fibers of the hardwood pulp are desirable. Pulp from European beech would be desirable for the same general class of paper products.

As a final step in the investigation, samples of the bleached experimental pulps were blended with 50% by weight of a bleached spruce sulphite pulp and beaten in the laboratory experimental beater, according to the tentative standard procedure of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry (T.A.P.P.I. Standards — T 200 M — 1932). Samples were removed from the beater at regular intervals and made into sheets and tested for the properties noted on the accompanying tabulation (page 11). This was done in order to compare the experimental pulps from European Beech with commercial hardwood soda pulp. Examination of the data in the table will show that the European Beech pulps compare very favorably with the commercial soda pulp, in all respects. The bulking characteristics of the beech sulphate pulp is particularly good, although the beech sulphite pulp bulks a little less than the commercial soda pulp. The European Beech pulps are all distinctly stronger than the commercial soda pulp, this characteristic being noticeable for both the bursting strength and the tearing strength. Opacity characteristics are favorable, but since this factor is influenced by both bulk and color, it is found that the whitest pulp, (the beech sulphite) is poorest and the highest bulking pulp (the beech sulphate) is the best from this standpoint.

In summary, this preliminary investigation has shown that the

wood of the European beech tree is well suited for the production of a bleached pulp for use in the manufacture of filler pulp for printing papers. The field of usefulness of such a pulp will be found to be in those grades of paper for which hardwood soda pulp is now used in the United States and esparto pulp in England; namely, high grade book or magazine papers. Consideration of the economic feasibility of such use of the European beech for pulp is beyond the scope of this report, but of the technical feasibility there appears to be no doubt.

The minimum economic size for a pulp mill would be one having an output of approximately 60 to 75 tons of pulp per day. Such a mill would require a continuous supply of 80 to 100 cords of wood per day. If this quantity of European beech is not obtainable at an attractive price, or if the paper mills of Denmark could not absorb the entire output of short-fibered beech pulp, it would be entirely feasible to construct a pulp mill to operate partly on the beech wood and partly on spruce. This might be particularly attractive in a country such as Denmark into which a great deal of spruce sulphite pulp is imported. Also, since the short-fibered beech pulp would be mixed with a longer-fibered pulp in the actual manufacture of printing papers, the two types of pulp would be supplementary. According to American practice, the short-fibered hardwood pulps are used in proportions ranging from 20% to 80% of the fiber furnish in the manufacture of printing papers, the actual proportion depending on the properties desired in the paper. As an overall average for the grades normally made in a book paper mill a figure of 50% of short-fibered hardwood pulp and 50% of the long-fibered soft wood pulp is probably representative. European beech pulp would probably be used in about this same proportion.

Consequently, if there is a demand in Denmark for a total of 60 tons per day of both types of pulp and if the wood supply is available, it would appear that there might be a good possibility for such a mill in Denmark.

INDHOLD AF BD. XI—XIV, H. 2.

Bd. XI. Nr. 96. C. H. BORNEBUSCH: The Fauna of Forest Soil (Skovbundens Dyreverden), S. 1. — Nr. 98. A. OPPERMANN og C. H. BORNEBUSCH: Nørholm Skov og Hede (La forêt et la lande de Nørholm), S. 257. — Nr. 99. Hedeskovenes Foryngelse I—II (Verjüngung der Heidewälder I—II), S. 361. — Nr. 100. A. OPPERMANN: Lawsoniens Vækst i Danmark (Chamaecyparis Lawsoniana Parl. in Denmark), S. 377. — Nr. 101. A. OPPERMANN: Bøgekvas (Reisholz der Rotbuche), S. 395.

Bd. XII. Nr. 104. A. OPPERMANN: Egens Træformer og Racer (Les configurations et races du chêne).

Bd. XIII, H. 1: Nr. 102. C. H. BORNEBUSCH: Dybtgaaende Jordbundsundersøgelser, Hedeskovenes Foryngelse III (Tiefgehende Bodenuntersuchungen), S. 1. — Nr. 103. A. OPPERMANN: Nordmannsgranens Vækst i Danmark (Abies Nordmanniana in Dänemark), S. 51. **H. 2:** Nr. 105. C. H. BORNEBUSCH: Skovbundsfloraen i Mølleskoven (The flora in »Mølleskoven«), S. 57. — Nr. 106. FR. WEIS: Beplantningsforsøg paa et afføgent Sande (Boisement d'un terrain du sable mouvant éventé), S. 63. — Nr. 107. C. H. BORNEBUSCH: Et Udhugningsforsøg i Rødgran (Ein Durchforstungsversuch in Fichte), S. 117. — Nr. 108. MATH. THOMSEN: Sprøjtemidler til Bekæmpelse af Chermes paa Ædelgran (Spritzmitteln gegen Chermes auf Weisstannen), S. 215. **H. 3:** Nr. 109. C. H. BORNEBUSCH og FOLKE HOLM: Kultur paa trametesinficeret Bund med forskellige Træarter (Replanting of areas infected with Polyporus annosus), S. 225. — Nr. 110. C. MUHLE LARSEN: To gamle fynske Egeprøveflader (Zwei alte Eichenprobeflächen auf Fünen), S. 265. **H. 4:** Nr. 111. E. C. L. LØFTING: Bjergfyrbevoksninger paa Hedebund og deres Foryngelse, Hedeskovenes Foryngelse IV (Mountain pine plantations in Jutland and their conversion into forests of more valuable tree-species), S. 305. **H. 5:** Nr. 112. C. H. BORNEBUSCH: Proveniensforsøg med Rødgran (Ein Provenienzversuch mit Fichte), S. 325. — Nr. 113. FOLKE HOLM: Abies grandis i Danmark (Abies grandis in Denmark), S. 379. — Nr. 114. C. H. BORNEBUSCH: Forsøgsvæsenets Ordning og Ledelse, IX, S. 409.

Bd. XIV, H. 1: Nr. 115. E. C. LØFTING: Bevaring af stormfældet Gran (Aufbewahrung von sturmgeschlagenem Fichtenholz), S. 1. — Nr. 116. POUL LARSEN: Regenererende Kulsyre-assimilation hos Askegrene (Regenerierende Kohlensäureassimi-

lation bei Eschenästen), S. 13. — Nr. 117. C. H. BORNEBUSCH: Thuja som dansk Skovtræ (Thuja plicata as a Danish Forest Tree), S. 53. H. 2: Nr. 118. C. H. BORNEBUSCH: Sommerplantning af Naaletræer (Sommerpflanzung von Nadelhölzern), S. 97. — Nr. 119. E. C. L. LØFTING: Rodfordærverangrebnes Betydning for Sitkagrans Anvendelighed i Klitter og Heder, Hedeskovenes Foryngelse V (The significance of the attacks of Polyporus annosus to the suitability of the Sitka spruce for Dunes and Heaths), S. 133. — Nr. 120. C. H. BORNEBUSCH: Stormskaden paa Udhugningsforsøget i Hastrup Plantage (Sturmschaden in dem Hastruper Durchforstungsversuch), S. 161. — Nr. 121. C. H. BORNEBUSCH: Iagttagelser over Rødgranens Naalefald (Chute d'aiguilles naturelle d'epicea), S. 173. — Nr. 122. W. O. HISEY: Cellulose af europæisk Bøg (Pulping Characteristics of European Beech), S. 177. — Nr. 123. FOLKE HOLM: Bøgeracer (Races de hêtre), S. 193.

DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

THE DANISH EXPERIMENTAL FORESTRY SERVICE
STATION DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE L'ÉTAT DANOIS
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

udgives ved den forstlige Forsøgskommission under Redaktion af Dr. phil. C. H. BORNEBUSCH, i Hæfter sædvanlig paa 5—10 Ark, der udsendes fra Statens forstlige Forsøgsvæsen, Møllevangen pr. Springforbi. Cirka 25 Ark (400 Sider) udgør et Bind. Prisen pr. Bind er 5 Kr., der tages ved Postgiro samtidig med Udsendelsen af 1ste Hæfte.

Fortegnelse over Indholdet af Bd. I—X, 1905—1930, Beretninger Nr. 1—95 og Nr. 97, findes i Slutningen af 10de Bind og tilsendes gratis ved Henvendelse til Forsøgsvæsenet.

Fortegnelse over Indholdet af Bd. XI—XIV, H. 2 begynder paa Omslagets indvendige Side.
