

KOIVUTUTKIMUKSIA

VILJO KUJALA

SOME RECENT RESEARCH DATA ON BIRCHES

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1946

Helsinki 1946. Valtioneuvoston kirjapaino.

Sisällysluettelo.

	Sivu
Rauduskoivun ja hieskoivun eroittaminen	5
Kasvunopeus	13
Solujen koko ja lehtityyppi	14
Puuosan solujen koko	20
Puun ominaispaino ja vesipitoisuus	26
Lujuuskokeita	26
Loppupäätelmiä	32
Kirjallisuusluettelo	33
<i>Summary: Some recent Research data on Birches</i>	35

Koivututkimuksia.

Rauduskoivun ja hieskoivun eroittaminen.

Koivu on puulajeistamme se, jonka systemaattinen luokittelu on osoittautunut vaikeimmaksi. Linné luki puumaiset koivumme yhteen lajiin *Betula alba* L. Kansa on kuitenkin jo ikimuistoisista ajoista erottanut kaksi koivulajia: hieskoivun eli suokon ja raudus- eli vihdaskoivun. Tämänlaatuisen kahtiajaon on Ehrhart (1790) tieteellisesti täsmällistänyt erottamalla kaksi koivulajia *Betula pubescens* ja *B. verrucosa*. Näiden lisäksi on Ledebour erottanut tunturikoivun eri lajiksi *B. tortuosa*.

Sekä metsätieteen että käytännön piirissä on meillä ja muuallakin vielä oltu suurin piirtein Linnén kannalla. Vaikka hyvin tiedetäänkin, että kaksi koivulajia on olemassa, todetaan niiden suuri vaihtelevaisuus ja päätellään, että ehkä suurin osa koivuista on sekasikiöitä, joita ei voida riittävän täsmällisesti pitää erossa toisistaan. Tällä kannalla ovat olleet useimmat tutkijat (Morgenthaler, Winkler, Kivilinna ym.). Uutta epävarmuutta koivujemme lajiryhmittelyyn on aiheuttanut varsinkin ruotsalaisen Gunnarssonin koivututkimus v:ltä 1925, jossa hän väittää, että koivulajeja Pohjolassa on alkuperäisesti viisi, eikä vain kaksi. Ehrhartin lajien ja *B. tortuosan* lisäksi, jotka myöskin määritteliään entisestä eroavasti, olisi erotettava *Betula concinna* Gunnarss. ja *B. coriacea* Gunnarss. Lisäksi Gunnarssonin on sitä mieltä, että koivulajit risteytyvät erittäin suuressa määrässä keskenään, ja hänen suorittamiensa määräysten mukaan melkein kaikki Suomenkin koivut olisivat sekasikiöitä — enimmäkseen kolmen jopa varsin yleisesti neljän lajin tunnusmerkkejä omaavia.

Koivuaineistomme suuri muotorikkaus on kyllä kieltämätön tosiasia, mutta kuitenkin näyttää siltä, että tämä koskee etenkin hieskoivua — rauduskoivu on melkoisen yhtenäinen laji. On sitäpaitsi syytä varovaisesti suhtautua siihen otaksumaan, että koivujen muotokirjavyys aiheutuisi etupäässä lajiristeytymistä. On nimittäin silmään pistävää, että Gunnarsson ja muut monilajisuus- ja sekasikiöisyys-hypoteesin kannattajat ovat vetäneet koivulajeille niin ahtaat rajat, että vähäinen muutos sellaisissakin ominaisuuksissa, jotka muilla, tunnetusti

yhtenäisillä lajeilla kyllä vaihtelevat paljon, koivujen ollessa kyseessä tulkitaan poikkeuksetta toisen lajin sekotuksesta aiheutuvaksi. Näin onkin tuloksena ollut, että melkein kaikki koivut on ollut selitettävä sekasikiöiksi, puhtaiden lajien häipyessä olemattomiin tai muuttuessa teoreettisiksi konstruktioiksi, joilla ei ole vastinetta luonnossa. Kun tilastollisestikaan ei voida todeta, että esim. Gunnarssonin ilmoittamat lajioinaisuudet osoittaisivat huomattavaa taipumusta seurata toisiaan, voitaisiin luultavasti yhtä hyvillä perusteilla esittää toisenkinlaisia ominaisuuskombinaatioita »lajeina».

Koivumuotojen luokittelussa on kuitenkin lähdettävä luonnon todellisuudesta. Silloin näyttää selvimmän lajin, rauduskoivun, eroittaminen toisista ensi käden tehtävältä. Tämän koivulajin tuntomerkit onkin käsitykseni mukaan sattuvasti määritelty jo vanhemmissa kasvioissa, missä Gunnarssonin vaikutus ei vielä häiritse. Täydentäen määritelmiä kirjallisuustiedoilla ja muutamilla omillakin havainnoilla kuvaisin pääkoivulajimme lyhyesti seuraavasti.

Betula verrucosa Ehrh.

Runko nopeakasvuinen, kookas (metsikön vallitseviin puihin tavallisesti kuuluva), suora, mutta usein jonkinverran epäsäännöllisen liereä.

Oksat suoria, voimakkaita, pitkiä ja melko pystyasentoisia, niiden kärkiosat usein, varsinkin puun vanhemmalla iällä, hentoja, pitkälti riippuvia (»riippakoivu»), kaljuja. Latvus on voimakkaasti ulkonevien oksien johdosta pirteiltään epäsäännöllinen ja laaja. Taimien ja vesojen nuorimmat kasvaimet ovat runsaista pihkanystyistä karheat, mutta vanhempien puiden oksissa ei nystyjä enää sanottavasti havaita. (Nuorien vesojen karheanystyisyydestä tuntee rauduskoivun taimet helposti niiden lehdettöminäkin ollessa, millä seikalla luonnollisesti on tärkeä merkitys taimia lajiteltaessa.)

Tuohi on vanhemmissa rungon osissa ulkopinnaltaan puhtaan valkea, sisäpinnalta valkeankeltainen tai ruskeahkon keltainen (Ostwaldin värikaavassa värytyyppejä 04 ea, 08 ne ja 08 lc sekä näiden väliasteita vastaava). Nuorissa puissa ja vanhojen puiden latvaosissa tuohen väri on sitävastoin tumman ruskea. (Tuohen ulkopinnan väriä määriteltäessä on otettava huomioon, että siinä usein esiintyvä harmaa väri ei ole tuohen väri, vaan se aiheutuu mikroepifyyteistä, joita koivun tuohella meidän ilmasto-oloissamme on usein erittäin runsaasti. — Tuohen sisäpinnan väriä määrättäessä taas on huomioon otettava, että tuohi irtautuu alla olevasta kuoresta moitteettomasti vain kevätkesällä tuohi-(korkki-)jällen toiminta-aikana, myöhemmin sen solut muuttuvat paksuseinäisiksi, ja tuohi tarttuu silloin lujasti kuoreen kiinni, jonka takia tuohta kiskottaessa sen sisäpintaan helposti tarttuu aluskuoren pintakerroksen solukkoa antaen tuohelle kirjavan tai tasaisen tummahkon ruskean värin.) Varjossa kituen kasvavien rauduskoivujen kuori säilyy tavallista kauemmin ohuena ja säilyttää silloin myöskin »nuoruutensa tumman värin» sekä tulee erikoisen epifyyttirikkaaksi. Tällaisten koivujen tuohen lajinomaista väriä määriteltäessä on siis oltava kyllin varovainen, koska se voi riippua pal-



Kuva 1. Rauduskoivu (*Betula verrucosa*). Helsinki, Huopalahti; varhaiskevällä, lehdet eivät ole vielä kehittyneet.



Kuva 2. Hieskoivu (*Betula pubescens*). Tuusula, Ruotsinkylä; lehteen puhkeamassa.

jon myös olosuhteista. Kuitenkin on varmaa, että löytyy muilta ominaisuuksiltaan rauduskoivuun liittyviä koivuja, joiden tuohi on ruskeahko, väliin melkoisen tumma. Edelleen on mainittava, että rauduskoivun kuori on yleensä paksunlaista, ja rungon tyvellä on useimmiten kaarnahalkeamia. Nuorissa puissa ei kaarnaa usein vielä havaita, ja tuoreilla mailla sitä on vähemmän kuin kuivilla, halkeamia tuskin lainkaan havaittavissa.

Lehdet ovat täysikasvuisina väriltään harmahtavan vihreät, kaljut, lujaa sitkeätä solukkoa. Lavan muoto on kolmiomainen, sen levein osa on tyvipuolessa; kärki on pitkä ja kapeasuippuinen. Hammastus on useimmiten hyvin selvästi toiskertainen (harvassa isoja hampaita, joiden kuppeissa pienempiä). Suonet ovat ohuita, vain lievästi kohonevia, suoni-verkko tiheätä. Lapa rajoittuu usein jyrkkäkulmaisesti ruotiin, mutta oksien kärjissä ja latvuksen yläosassa olevat lehdet voivat kuitenkin olla varsin kapeakantaisiakin. Ruoti on pitkä ja ohut. — Rauduskoivu saa keväällä lehtensä ja kukkii noin viikkoa aikaisemmin kuin hieskoivu, sen nuoret lehdenalut ovat punertavia (sisältävät runsaasti anthocyaninia).



Kuva 3. Rauduskoivu (vas.) puhkeaa aikaisemmin lehteen kuin hieskoivu (oik.). Espoo, valko-
vuokon kukkimisaikana.

Hedelmä nokot ovat lyhyitä, mutta paksuja, ohut- ja pitkäperäisiä (vaihtelua tässä on kuitenkin paljon).

Norkkosuomen sivuliuskat ovat jyrkästi sivuille suuntautuneet, kärkiosastaan alaspäin koukistuneet, ankkurimaiset (tässäkin paljon vaihtelua).

Hedelmä on sangen leveäsiipinen, muodoltaan usein kapea, mutta tämä ominaisuus vaihtelee hyvin paljon.

Talvisilmut ovat tylppiä (!) ja kuivan hartsin peittämiä.

Kasvupaikat ovat soistumattomia kangas- ja lehtomaita; pohjoisessa se keskittyy yksinomaan kuiville kankaalle. Korpiin ja rämeille rauduskoivu ei tavallisesti mene, vaan rajoittuu jyrkästi kovalle maalle; poikkeuksena ehkä ovat ojitetut suot — varsinkin ojamaalla on niilläkin väliin runsaasti rauduskoivun taimistoa.

Rauduskoivun levenemisalue käsittää jokseenkin koko metsäalueemme Lapin koivuvyöhykettä lukuunottamatta. Petsamon suunnalla löytyy selviä rauduskoivuja Paatsjokilaaksossa ainakin Höyhenjärven seutuun asti; Enontekiössä sitä tavataan ainakin Ounastunturin korkeudelle asti.

Betula pubescens Ehrh.

Runko on pienempi kooltaan kuin rauduskoivun, kuitenkin tukkipuun koon saavuttava, ei myöskään niin suora kuin rauduskoivun, mutta mahdollisesti täytelämmän liereä.

Oksat ovat hennompia, lyhyempiä, mutkikkaampia, enemmän vaakasuorassa asennossa kuin rauduskoivun; väliin ovat alemmat oksat tyvestä alkaen alaspäin nuokkuvia, ja oksan kärkiosa voi niinkään nuokua, mutta varsinaista riippaisuutta niissä ei ole. Latvus on yleensä alemmas ulottuva, tiheämpi ja säännöllisempi piirteiltään kuin rauduskoivun. Vuosikasvaimet ovat hyvin usein karvaisia. Taimien ja nuorien tyvivesojen kasvaimet ovat karvaiset, vailla karkeitä pihkanystyjä, mistä ne lehdettöminäkin helposti tuntee. (Pihkaa erittäviä rauhasia on myöskin hieskoivun oksissa kyllä usein runsaastikin, mutta kun niiden erite on pehmeätä, päin vastoin kuin rauduskoivun, jonka hartsia on kovaa, ei rauduskoivulle ominaisia kyhmyjä synny.)

Tuohen ulkopinnan väri on väliin valkea, useimmin jonkinverran kellahko tai ruskeahko, joskus se on aivan tumman ruskea. Varsinkin kosteilla korpimaille kasvavien hieskoivujen kuori voi olla helposti kerroksittain irtautuva («helpeilevä»). Nuoruudenaikainen kuori on tässäkin ruskea tai tumman ruskea. Sisäpinnaltaan tuohi vaihtelee kellanruskeasta mustanruskeaan (Ostwaldin värityypit 08 ic, 13 le, 17 pg, 17 pi esiintyvät). Kaarnahalkeamia ei rungon tyvessä ole. Vesottuu helposti.

Lehdet ovat väriltään puhtaan vihreitä — kellervän vihreitä, pehmeäsolukkoisia, melkein aina jonkinverran karvaisia. Lavan muoto vaihtelee paljon, ollen tavallisimmin ovaali, kärkisuippu puuttuu, mutta kärki voi kuitenkin olla melko pitkäkin, useimmin se kuitenkin on lyhyt. Hammas on yksinkertainen tai vain lievästi kaksinkertainen (Lapissa esiintyvä *B. tortuosa* on useimmin epätasaisesti syvähampainen). Ruoti on lavan pituuteen verrattuna lyhyempi kuin rauduskoivulla, samalla leveämpi. Puhkeaa lehteen ja kukkii noin viikkoa myöhemmin kuin rauduskoivu; nuoret lehdenalut eivät ole punertavia.

Hedelmänorcot ovat yleensä pitempiä ja hoikempia sekä lyhytperäisempiä kuin rauduskoivun, mutta vaihtelu tässä on suurta.

Norkkosomujen sivuliuskat ovat useimmin neliömäiset, sivulle tai vinosti eteenpäin suuntautuneet.

Hedelmä on muodoltaan leveämpi, sen siivet kapeammat kuin rauduskoivulla.

Talvisilmut ovat tahmean hartsin peittämät, muodoltaan erilaisia — tavallisesti suippoja, mutta löytyy (varsinkin Pohjois-Suomessa) myöskin aivan tylppäsilmuisia hieskoivuja, joissa ei kuitenkaan liene ainakaan rauduskoivua sekoituksena.

Kasvupaikat ovat suureksi osaksi samat kuin rauduskoivun, mutta hieskoivu menee myöskin korpiin, rämeille ym. märille maille; jos tunturikoivu luetaan tähän päälajiin, on hieskoivu myöskin koivuvyöhykkeessä yksinvalitseva laji.

Levenemisalue käsittää koko Suomen.

Hieskoivu on kuitenkin, kuten alussa jo huomautettiin, paljon monimuotoisempi kuin rauduskoivu, ja poikkeamia yllä mainituista tuntomerkeistä esiintyy usein. Mahdollista on, että hieskoivun piirissä voidaan eroittaa joitakin taksonomisia alayksiköitä, sitä vastoin rauduskoivun piiristä tuskin on mahdollista niitä eroittaa. Epäilemättä rauduskoivu joskus risteytyy hieskoivun kanssa, mutta todennäköisesti melko harvoin. Syyinä tähän voi olla m. m., kasvupaikkadifferentiaatio, kukkimisen eriaikaisuus, sekä ennen kaikkea solujen ja kromosoomiston erilaisuus. Hieskoivun somaattisissa soluissa on useiden tutkijain yhtäpitävien havainto-



Kuva 4. Ruskeakuorinen »helvekoivu» (*Betula pubescens*). Helsinki, Huopalahti, saniaislehto.

jen mukaan 56, rauduskoivun vain 28 kromosoomia. Ilmeisesti tämä häiritsee hedelmöitystä ja aiheuttaa sekamuotojen sterilisyyttä. Kuitenkin on tavattu koivuja, joiden kromosoomimäärä todella on mainittujen määrien väliltä (esim. 42), ja joita siis hyvillä perusteilla voidaan pitää sekasikiöinä. Wettstein ja Propachin (1939) sekä Johnsonin (1941) kromosomitutkimukset osoittavat kuitenkin, että ulkoisten tuntomerkkien perusteella »sekamuodoiksi» tulkittujen koivujen kromosoomimäärä on useimmiten normaali (28 tai 56). Johnson onkin sitä mieltä, että näissä tapauksissa sekamuodot luultavasti eivät ole kyseessä, ja hän päättelee, että Ruotsin koivut ovat yleensä raudus- ja hieskoivuja, sekamuotoja on vain alle 1 %. Äsken ilmestyneessä tutkimuksessaan (1945) hän esittää, että kokeellisesti on erittäin vaikeata saada *B. verrucosa* ja *B. pubescens* risteytymään keskenään vähänkään. Suomessa asianlaita tuskin on toisenlainen.

Kun tiede ei vielä ole päässyt koivujen luokittelussa käytännön tarpeita tyydyttäviin tuloksiin, ovat myös käytännön miehet tarttuneet asiaan ja eroittaneet kokemuksensa nojalla koivulajeja. Sellaisia ovat m. m. metsänhoitaja Lehonkosken (1937) esittämä »kaskikoivu», »viita-koivu», »helvekoivu» ja »harmaa- eli korpikoivu». Niillä lienee käytännössä, esim. arvosteltaessa eri näköisten koivujen arvoa vaneripuina, huomattava merkitys. Sen sijaan niiden systemaattinen arvo on hämärän peitossa. Lehonkosken mukaan (1937, s. 81) niiden eroittelussa ei ole kiinni-



Kuva 5. »Harmaakoivu» (edessä vas.), lehdiltään *Betula verrucosaa*, normaalin rauduskoivun seassa. Vilppulan kokeilualue Vessari, OMT.

tetty huomiota esim. lehtimuotoihin, sen sijaan tuohi on ollut tärkeimpänä ulkonaisena tuntomerkinä.

»Kaskikoivu» muodostaa pääosan metsiemme koivuista. Sen tuohi on puhtaan valkoinen, runko on tyveltä kulmikas, lyhyehkö, vahvaoksainen, runsaasti lahoja oksia sisältävä; erittäin huono vanerikoivu.

»Viitakoivun» tuohi on kiinteä, likaisen vaalea; Cronströmin (1936, s. 48) muk. sen kuori vivahtaa vaaleankeltaiseen—vaaleanpunaiseen. Runko karsiutuu oksista hitaasti, mutta tyvikappaleesta saadaan paremmankinlaatuista vaneria.

Taulukko 1. 9-vuotiaiden istutuskoivujen pituus Ruotsinkylän kokeilu-alueella eräällä MT-koealalla (viljelysala 316).

Pituus m	Betula pubescens		Betula verrucosa	
	kpl	%	kpl	%
1 —1.5	21	4.5	3	2.2
1.5—2	43	8.3	2	1.5
2 —2.5	82	15.7	14	10.3
2.5—3	108	20.7	19	14.0
3 —3.5	103	19.8	28	20.5
3.5—4	85	16.4	23	16.9
4 —4.5	44	8.5	17	12.5
4.5—5	23	4.4	14	10.3
5 —5.5	9	1.7	14	10.3
5.5—6	—	—	2	1.5
Yhteensä	518	100.0	136	100.0

»Helvekoivu» tuohi on punan- tai kellanruskeaa, pintaosat irtautuvat »helvemäisiksi levyiksi» (kuva 4); erittäin hyvä vaneripuuksi.

»Harmaa- eli korpikoivu» tuohi on »yleensä verrattain ohut, väriltään harmahtava, usein lepän kuorta muistuttava» (kuva 5). Runko on suora, täytelän liereä, heikko-oksainen; erittäin arvokas vaneripuuh.

Epäilemättä näistä »kaskikoivu» on pääasiassa rauduskoivua, joka on luonnoltaan vahvaoksaainen ja nopeakasvuisena helposti pääsee muista puulajeista edelle kasvussa ja kehittyy silloin oksikkaaksi susipuuksi. »Viitakoivu» on m. m. tuohen väristä ja oksaston laadusta päätellen hieskoivua. Ehkä myös »viita»-sana nimessä viittaa kosteihin kasvupaikkoihin, jotka ovat juuri hieskoivulle ominaisia. »Helvekoivu» on taas omien havaintojeni mukaan eräs hieskoivun muoto. Epäselvimmäksi on jäänyt »harmaa- eli korpikoivu». Mikäli se nimityksensä mukaisesti kasvaisi etupäässä korvessa (siis soistuneilla mailla), saattaisi sekin olla hieskoivua. Siihen soveltuisi myöskin tuohen tumma väri. Kuitenkaan ei koivun tuohi ole luonnostaan milloinkaan harmaa, vaan harmaus riippuu epifyyttikasvillisuudesta (etup. mikrojäkälistä), joita koivun tuohella voi väliin olla erittäin runsaasti; niin on laita m. m. korpimailla, missä tuohi kasvaa ja vaihtuu hitaasti. Sen sijaan tuohi voi olla väriltään ruskea, väliin jopa mustanruskea. Oikeastaan jokaisen koivun kuoren väri on nuorena tumman ruskea, mutta myöhemmin tumma kuori irtautuu ja vaihtuu valkeaan tai kellahkoon. Jos puu syystä taikka toisesta kehittyy, ja tuohi uudistuu hitaasti, saattaa nuoruuskuori säilyä tavallista kauemmin. Kuitenkin tavataan melko paksujakin koivuja, joiden tuohi verraten nopeasta kasvusta huolimatta on yhä tumma. Tavallisimmin ne ovat hieskoivuja (usein »helvekoivuja»), mutta joskus myös rauduskoivuja. Tummakuorisia rauduskoivuja on metsänh. Eric Cronström näyttänyt minulle Keuruulla Oy. Rosenlewin omistaman Heikkilän tilan metsässä. Siellä niitä oli aika runsaasti OMT:n kaskimaakoivukoissa. Metsänhoitaja Cronström piti niitä tyypillisinä »harmaakoivuuina». Siten »harmaa-

jen läpimitat. Niillä ovat eroavaisuudet vielä räikeämpiä, mikä saattaa johtua siitä, että hieskoivua on myöhemmin tullut lisää, ja se on siten osittain nuorempaakin kuin päämetsikkö. Nämä koealat tarjoavat siten samalla hyvän esimerkin siitä muuallakin yleisestä ilmiöstä, että hieskoivu kykenee leviämään toisten puiden alle paljon paremmin kuin rauduskoivu. Viimemainitun pikkuvesoja onkin metsissä paljon vähemmän kuin hieskoivun siinäkin tapauksessa, että päämetsä on rauduskoivua.

Solujen koko ja lehtityyppi.

Tutkiessani ja vertailllessani koivujamme olen monesta syystä johtunut kiinnittämään erikoista huomiota raudus- ja hieskoivun solujen koon. Sillä on ilmeisesti sekä teoreettis-systemaattiselta että käytännön kannalta huomioon otettava merkityksensä.

Helms ja Jörgensen ovat jo todenneet, että rauduskoivun siitepölyhiukkaset ja ilmarakojen huulisolut ovat pienempiä kuin hieskoivun. Tämä eroavaisuus saattaa johtua niiden kromosoomimäärien erosta. Suurempi kromosoomimäärä edellyttää yleensä suurempia tumia ja soluja. Hieskoivuilla on kaksi kertaa niin paljon kromosomeja kuin rauduskoivulla, joten tuntuu luonnolliselta, että sen solutkin ovat suurempia. Johnson on (1941) todennutkin, että colchicinikäsittelyllä aikaansaaduilla polyploideilla koivuyksilöillä on suuremmat solut kuin alkuperäisillä. Hänkin on käyttänyt ilmarakojen huulisoluja mittauskohteena vertailussaan.

Omat havaintoni vahvistavat täysin nämä käsitykset raudus- ja hieskoivun solujen koon eroavaisuudesta.

Keväällä 1937 suoritti maist. Helvi Uutela johdollani mittauksia mm. siitepölyhiukkasten koosta.¹⁾ Ruotsinkylän kokeilualueelta otettiin

Taulukko 3. Siitepölyhiukkasten keskiläpimitta (μ).

Laji	Läpimittaluokat (μ)												Näyttelien lukumäärä
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	Yksilöiden lukumäärä												
Betula verrucosa ...	—	1	1	7	8	3	3	1	1	—	—	—	25
B. pubescens Et.-Snomi	—	—	—	—	—	1	9	21	19	9	1	—	60
B. pubescens reg. alpina	—	—	—	—	—	—	1	13	12	16	5	1	48
B. nana	1	5	14	8	1	—	—	—	—	—	—	—	29
Yhteensä													162

¹⁾ Hänelle, samoin kuin maisteri Aune Muromalle, joka on suorittanut suurimman osan tässä julkaisussa esitettävistä mittauksista ja laskuista, lausun parhaat kiitokset.

60 hies- ja 25 rauduskoivusta hedenorkkoja ja määrättiin siitepölyhiukkasten keskiläpimitta kustakin puusta. Mittausta varten pantiin siitepöly alkoholiin, missä hiukkaset pyörivät turpoamatta. (Vedessä turpoavat elävät hiukkaset huomattavasti.) Rauduskoivusta saatiin arvo 21—28 μ (taulukko 3), hieskoivusta 25—30 μ . Lisäksi tutkittiin samalla tavalla Pallastunturin koivuvyöhykkeen hies- ja tunturikoivuaineistosta 48 puuta. Niiden siitepölyhiukkasten läpimitta oli 26—31 μ , siis keskimäärin jonkin verran suurempi kuin Etelä-Suomen hieskoivujen. *Betula nana*n siitepölyhiukkasten keskiläpimitaksi samaa menetelmää noudattaen olemme tänä keväänä (1945) saaneet 20—24 μ (näytteet Helsingin seudusta).

Jo pinnallisesti tarkastettaessa havaitaan, että rauduskoivun lehden suoniverkosto on paljon tiheämpi kuin hieskoivun; leikkauksista havaitaan, että tämä on yhteydessä sen kanssa, että rauduskoivun lehtisolut ovat selvästi pienemmät kuin hieskoivun. Tästä juuri johtuu edellä mainittu rauduskoivun lehden kiinteys hieskoivun lehteen verrattuna. (Kun Gunnarsson esittää, että rauduskoivun lehdet ovat pehmeät, on se siis ristiriidassa m. m. sen kanssa, mitä raudus- ja hieskoivun solujen koosta on todettu.) Saadaksemme jonkinlaisen yleiskäsityksen koivumuotojen solunkoon vaihtelusta olemme Metsätieteellisellä tutkimuslaitoksella ryhtyneet laajahkossa mitassa mitaamaan ilmarakojen huulisolujen pituutta, mikä tällaiseen tutkimukseen on monestakin syystä erittäin sopiva objekti. Huulisolut vaihtelevat pituudeltaan verrattain vähän, varsinkin jos näyte otetaan määrätystä lehden osasta; lisäksi siten tarjoutuu mahdollisuus saada selville myös herbaarionäytteistä verrattain vaivattomasti kasvin solunkoko.

Mittauspreparaatit olemme valmistaneet siten, että lehtinäytteitä on ensin kalilipeässä keitetty, jonka jälkeen alapinnan päällysketosta on repäisty ohut hitunen ja pantu se maitohappoon objektilasille. Mittaukset on suoritettu okulaarimikrometriä käyttäen. Kustakin lehdestä on mitattu 50 solua ja laskettu niiden keskiarvo. Tutkittavaksi valittiin paitsi tyyppillisiä hies- ja rauduskoivuja, erityisesti myös niiden »välimuotoja» suuri määrä. Niinkään mitattiin tunturikoivujen ja vaivaiskoivujen sekä vaivaiskoivu-sekasikiöiden soluja.

Taulukkoon 4 on merkitty joukko tuloksia. Niinkuin siitä havaitaan, vaihtelevat keskiarvot rauduskoivuissa 26—36 μ , useimpien tapausten sijoittuessa 30—31 μ vaiheille. Etelä-Suomen hieskoivujen huulisolujen pituudet vaihtelevat 35—47 μ , useimpien keskiarvojen sijoittuessa 40—41 μ tienoille. Pohjois-Suomen hies- (incl. tunturi-)koivut ovat vielä suurisoluisempia, vaihtelu 37—49 μ , keskiarvoista useimmat 40—45 μ tienoilla. Vaivaiskoivun huulisolujen pituus vaihtelee 35—44 μ , lukuisimmin on yksilöitä 39 μ kohdalla; ne ovat siis hieman pienempiä kuin Etelä-Suomen hieskoivun vastaavat solut.

Taulukko 4. Eri koivulajien ilmarakojen huulisolujen pituus.

Laji	Solunpituus (μ)												Näyt- teitä kpl
	26— 27	28— 29	30— 31	32— 33	34— 35	36— 37	38— 39	40— 41	42— 43	44— 45	46— 47	48— 49	
	Näytteiden lukumäärä												
Betula verrucosa (Et.-S.)	6	20	47	24	11	2	—	—	—	—	—	—	110
Betula pubescens (Et.-S.)	—	—	—	—	1	2	14	23	16	6	4	—	66
(Pohj.-S.)	—	—	—	—	—	2	5	13	13	18	4	3	58
Betula nana	—	—	—	—	3	6	14	7	2	2	—	—	34
Betula verrucosa (Unkari)	2	2	12	5	1	—	—	—	—	—	—	—	22
Betula pubescens (Unkari)	—	—	—	—	4	6	12	3	2	—	—	—	27
Betula verrucosa (Italia)	—	4	7	6	2	—	—	—	—	—	—	—	19
Betula nana × ver- rucosa	—	—	1	3	5	8	9	7	—	—	—	—	33
Betula nana × pu- bescens	—	—	—	—	—	5	20	24	16	6	4	—	75
Näytteitä yhteensä	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	444

Käytettävänä oli myös joukko Unkarista keräämiäni ja muutamia Itaaliasta saatuja koivuja.

Mielenkiintoista on todeta, että unkarilainen rauduskoivu vastaa solujensa suuruudelta hyvin Suomen rauduskoivua — siinäkin ovat useimmat 31 μ seudussa. Sen sijaan unkarilaisista hieskoivuista saadut arvot — 34—43 μ , useimmat 38—39 μ — osoittavat, että unkarilaisten hieskoivujen solunkoko on jonkinverran pienempi kuin Etelä-Suomen hieskoivujen.

Itaialaisen rauduskoivun ilmarakojen huulisolujen koko on taasen, mikäli niukasta aineistostani voidaan päätellä, jokseenkin sama kuin etelä-suomalaisen. Hieskoivuja sieltä sain vain yhden näytteen Itä-Alpeilta, sen solunkoko on 43 μ .

Erytystä huomiota tässä on kohdistettava sellaisiin koivuihin, joilla on sekä raudus- että hieskoivun ominaisuuksia, ja jotka sen vuoksi on selitetty sekasikiöiksi. Tällaisia koivuja on suomalaisessa materiaalissa sängen runsaasti ja niitä sisältyy taulukon 4 aineistoonkin suuri määrä. Mutta niiden osalta voidaan vain todeta, että ne eivät solunkoon puolesta eroittaudu muusta materiaalista; »seka muotojen» solunkoko ei ole intermediääri, vaan joko raudus- tai hieskoivun solunkokoa vastaava. Havaintomme osoittavat lisäksi selvästi, että se ominaisuus, jota solunkoko uskollisesti seuraa, on lehtityyppi. Jos lehti on rauduskoivulle kuuluvaa tyyppiä, on solunkoko pieni, jos hieskoivulle kuuluvaa, solunkoko on suuri. Tällainen on tulos suomalaisista koivuista. Tässä yhteydessä on kuitenkin viitattava vielä unkarilaisiin hieskoivuihin, joista jo edellä oli puhe.

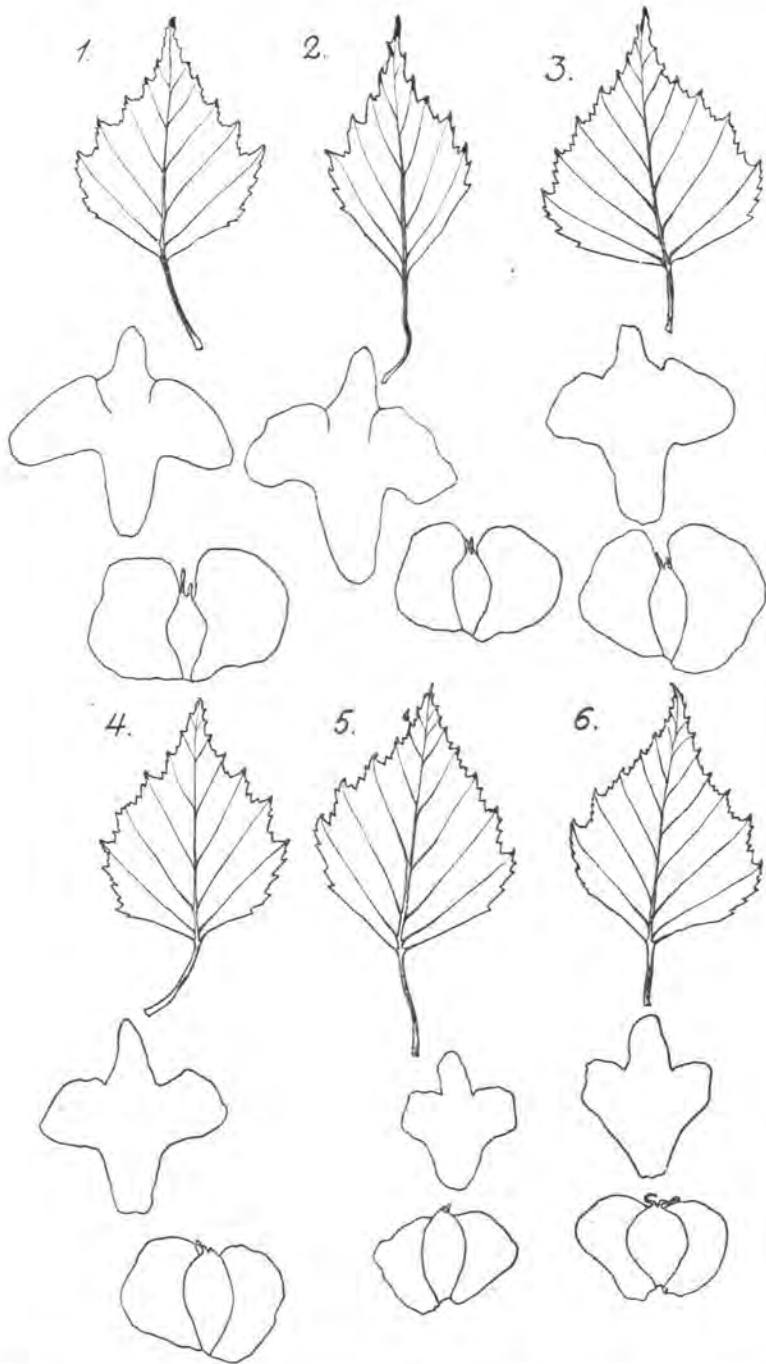
Niiden solunkoko on pienempi kuin eteläsuomalaisten hieskoivujen. Samalla niiden norkkosuomut ja hedelmät viittaavat voimakkaammin rauduskoivuun kuin Suomen hieskoivujen — niissä on rauduskoivun tyyppinen norkkosuomu suorastaan vallitsevana. Sekasikiöisyshypoteesin kanalta voitaisiin unkarilaisen hieskoivun pienentynyt solunkokokin ehkä viedä rauduskoivun sekoituksen tilille.

Kun käytettävänäni on ollut myöskin joukko *Betula nana*-hybriidejä (pääasiassa pohjoissuomalaisia), olemme mitanneet myöskin niiden solunkoon. Taulukkoon 4 merkityistä arvoista havaitaan, että *B. nana* × *verrucosan* solut ovat selvästi jonkin verran pienempiä kuin *B. nana* × *pubescensin* solut. Ilmeisesti tämä on tulkittava siten, että edellisessä vaikuttaa rauduskoivun pieni solunkoko, jälkimmäisessä hieskoivun iso. Kysymyksessä ovat tässä ensipolven intermediäärit hybriidit; myöskin solunkoko on selvästi intermediääri näissä tapauksissa, joissa todellinen sekasikiö on kyseessä.

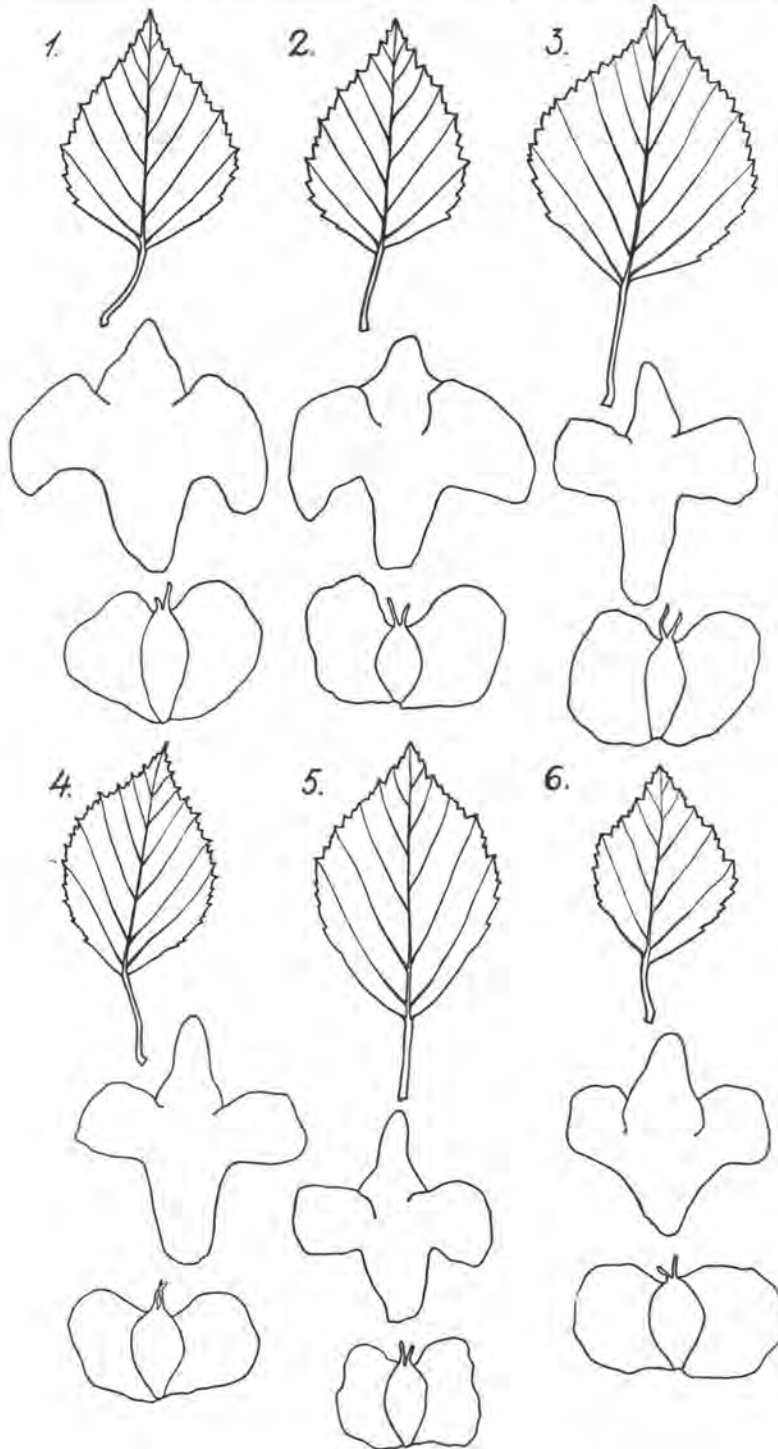
Näitä suhteita valaisevat lisäksi kuvat 6, 7 ja 8. — Kuva 6 esittää rauduskoivun lehtityypillä varustettujen koivujen lehtiä, norkkosuomuja ja hedelmiä. Koivuissa 1—3 ovat myös norkkosuomut ja hedelmät rauduskoivun tyyppisiä, sen sijaan ne ovat koivuissa 4—6 hieskoivun tyyppiä. Tästä huolimatta ilmarakojen huulisolujen keskipituudet ovat 1: 35; 2: 30; 3: 28; 4: 27; 5: 31; 6: 31 μ . — Kuva 7 esittää samoin eteläsuomalaisia hieskoivuja. Niiden lehtimuodot vaihtelevat enemmän, mutta eivät missään tapauksessa ole rauduskoivun tyyppiä. Norkkosuomut ja hedelmät vaihtelevat myöskin paljon. Koivujen 1 ja 2 norkkosuomut ovat rauduskoivun tyyppiä, samoin hedelmät; niinkään koivulla 3 on rauduskoivun tyyppinen hedelmä; toisilla myös norkkosuomut ja hedelmät ovat hieskoivun tyyppiä. Ilmarakojen huulisolujen pituudet määräytyvät tässäkin yksinomaan lehden tyyppin mukaan. Ne ovat 1: 44; 2: 42; 3: 46; 4: 42; 5: 45; 6: 43.

Kuva 8 esittää unkarilaisia hieskoivuja Gödöllön ja Kecskemetin seudusta Unkarin alangolta. Koivut 1—3 ovat lehtityypiltään rauduskoivun tyyppiä. Solujen keskipituudet ovat 1: 27; 2: 33; 3: 31 μ . Koivut 4—6 ovat hieskoivuja lehtityypiltään, mutta niidenkin norkkosuomut ovat rauduskoivun tyyppiä. Ilmarakojen huulisolujen pituus on 4: 39; 5: 38; 6: 36 μ .

Itse asiassa voitaneekin hyvin käsittää, että lehtityyppi riippuu kiinteästi solunkoosta, joka ilmeisesti vaikuttaa sellaisiin tärkeihin seikkoihin kuin suoniverkon tiheyteen, lehden paksuuteen, lujuuteen ja väriin, luultavasti myöskin hammastukseen y. m. välittömästi. Epäilemättä varsin monet ominaisuudet ovat niin kiinteästi solunkokoon sidotut, että ne uskollisesti seuraavat sitä. Näihin ominaisuuksiin ei siis kuitenkaan kuulu esim. norkkosuomun muoto, hedelmän muoto ja siiven leveys, tuskin myöskään esim. silmujen muoto (suippous), sillä esim. unkarilaisella rauduskoivulla



Kuva 6. Suomalaisia rauduskoivuja (*Betula verrucosa*). Lehti, norkkosuomu ja hedelmä samasta puusta alitusten.



Kuva 7. Suomalaisia hieskoivuja (*Betula pubescens*). Lehti, norkkosnomu ja hedelmä samasta puusta alitusten.

3 on poikkeuksellisesti sängen suipot silmut, siitä huolimatta kaikki muut ominaisuudet ovat rauduskoivulle luonteenomaisia. Esim. karvaisuudesta voitaisiin esittää samantapaisia poikkeamia. Se ominaisuus, mitä solunkoko helposti havaittavasti ja uskollisesti seuraa, on siis varsinkin lehtityyppi.

Puosan solujen koko.

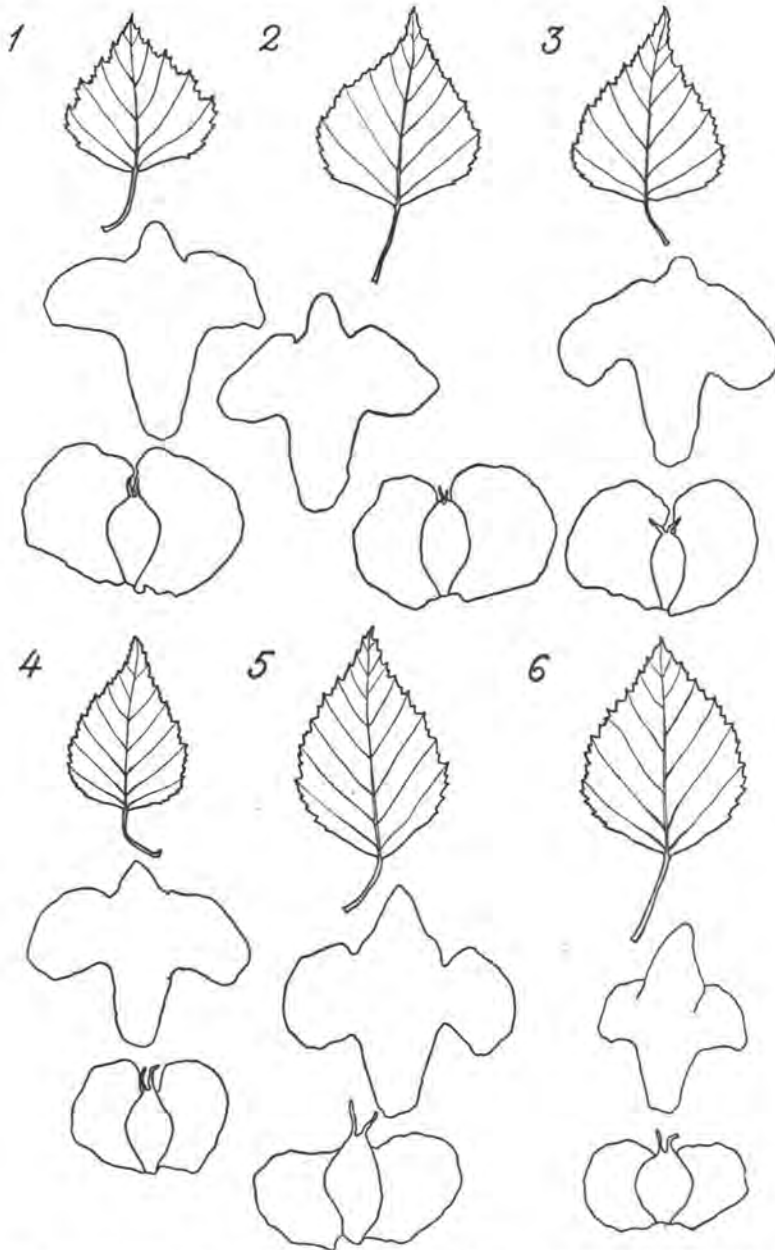
Vallan luonnollista on, että solunkoon eroavaisuus ulottuu läpi kasvin, siten myöskin puosaan. Tarkastelemme seuraavassa tätä kysymystä hieman laajemmin.

Koivupuun soluja ovat teknologit tutkineet ja mittailleet jo useita kertoja silmälläpitäen koivun teknillisiä ominaisuuksia. Vaikkakaan näissä tutkimuksissa ei eri lajeja ole vertailtu, ovat ne valaisseet kysymystä solunkoon vaihtelusta puun eri osissa. Siten Stauffer (1892) toteaa, että libriformsolujen (puusyiden) pituus kasvaa koivun ytimestä pintaan päin ja päin vastoin pienenee alhaalta ylöspäin (vaihtelu oli 67-vuotiaassa koivussa 0.8736—1.1904 mm εäteen suunnassa, pituussuunnassa 1.1904—0.8832 mm). Puusyiden pituuden lisääntyessä kasvaa myös niiden seinämien paksuus. Putkiloiden lukumäärään otaksuu Stauffer pysyvän samassa vuosilustossa suunnilleen samana eri korkeuksilla, mutta kun luston poikkipinta-ala pienenee ylöspäin, lisääntyy putkiloiden suhteellinen osuus siinä. Putkiloiden läpimitta suurenee pintaa kohden, mutta pienenee ylöspäin. Lisäksi hän toteaa, että parenkymisolujen määrä lisääntyy pinnasta ytimeen ja alhaalta ylöspäin. — Stauffer ei mainitse, mitä koivulajia hänen havaintonsa koskevat.

Suomessa otti Waltiala (Walldén, 1934) erikoisesti selvittääkseen millainen riippuvaisuussuhde vallitsee toisaalta koivupuun puusyiden pituuden sekä putkiloiden suhteellisen osuuden, toisaalta taivutuslujuuden sekä ominaispainon välillä. Hänen materiaalinsa käsitti 20 hieskoivua, joista kustakin otettiin 6 m:n korkeudelta 2 näytettä pintapuusta ja 2 ytimen luota. Toinen aineisto otettiin yhdestä, lajilta määrittelemättömästä puusta, josta tutkittiin pintapuunäytteitä neljältä eri korkeudelta.

Waltiala päätelee, että koivupuun lujuus on sitä suurempi, mitä pitempiä libriformsolut ovat ja mitä pienempi on putkiloiden suhteellinen osuus puussa. Puun lujuus ei kuitenkaan tarkalleen noudata puusyiden pituusvaihtelua eri korkeuksilla tai puun eri puolilla (mihin syynä ehkä on korrelaatiosuhteiden moninaisuus).

Venäjältä ovat Savina ja Perelygin (1936) tutkineet yhden lajilta tarkemmin määrittämättömän koivunrunгон anatomisia ja teknologisia ominaisuuksia. Heidän päätöksensä, jotka käyvät yksiin Hartigin pyökistä ja Staufferin koivusta saamien tulosten kanssa, ovat seuraavat.



Kuva 8. 1-3: Unkarilaisia rauduskoivuja (*Betula verrucosa*) Keezkemetin ja Gödöllön seudusta. Lehti, norkkosuomu ja hedelmä alitusten samasta puusta.
4-6: Unkarilaisia hieskoivuja (*Betula pubescens*) samasta seudusta.

Puusyiden ja putkilojatkeiden pituus pienenee pinnasta yttimeen ja alhaalta ylöspäin; kuitenkin ei suurin pituus esiinny aivan tyvellä, vaan

Taulukko 5. Puusyiden pituus (μ) eri vuosilustoissa ytimestä pintaan eri korkeuksilta otetuissa kiekkoissa.

Vuosilusto	Betula verrucosa					Betula pubescens				
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅
ydin	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	454	—	—	—	489	472
2	589	577	584	562	—	—	506	550	642	—
3	660	711	572	653	—	—	746	721	655	—
4	734	778	715	781	—	885	769	757	743	—
5	786	867	766	826	—	849	907	760	875	—
6	847	893	843	859	—	943	919	873	92	—
7	—	—	—	941	—	954	979	—	—	—
8	—	—	—	839	—	965	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	1016	—	—	—	—
11	1056	1029	1025	—	—	—	—	1051	969	—
12	—	—	—	—	—	—	1110	—	—	—
13	—	—	—	957	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	1084	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—	—	—	1129	—
16	1022	1126	996	—	—	—	—	1201	—	—
17	—	—	—	—	—	—	1182	—	—	—
18	—	—	—	1042	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	1120	—	—	—	—
21	1166	1236	1159	—	—	—	—	1259	—	—
22	—	—	—	977	—	—	1124	—	—	—
24	—	—	—	—	—	1209	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	—	1175	—	—
26	1204	1294	1215	—	—	—	—	—	—	—
27	—	—	—	—	—	—	1273	—	—	—
29	—	—	—	—	—	1185	—	—	—	—
31	1180	1200	1224	—	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	—	—	—	1237	—	—	—
34	—	—	—	—	—	1267	—	—	—	—
35	—	—	1092	—	—	—	—	—	—	—
36	1252	1264	—	—	—	—	—	—	—	—
37	—	—	—	—	—	—	1300	—	—	—
39	—	—	—	—	—	1298	—	—	—	—
41	1273	1291	—	—	—	—	1292	—	—	—
44	—	—	—	—	—	1310	—	—	—	—
46	1336	1254	—	—	—	—	—	—	—	—
48	—	—	—	—	—	1285	—	—	—	—
50	—	1277	—	—	—	—	—	—	—	—
51	1174	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	1248	—	—	—	—	—	—	—	—	—
pinta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

pintapuussa vasta n. 3 m korkeudella, sydänpuussa vielä ylempänä. — Putkilo- ja puuparenkyymi-% kasvaa ylöspäin.

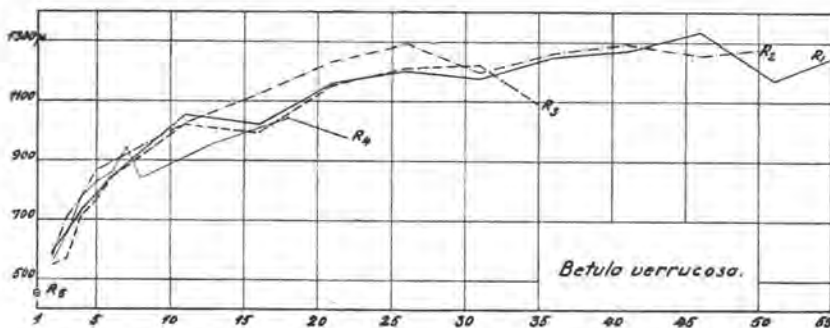
Yhdenmukaisesti näiden anatoomisten suhteiden kanssa puun ominaispaino ja lujuus vähenee pinnasta yttimeen ja tyvestä latvaan päin, maksimin ollessa kuitenkin 3 m korkeudella.

Näissä teknologisissa tutkimuksissa ei siis ole lainkaan vertailtu eri koivulajeja keskenään. Siihen on ilmeisesti kuitenkin aihetta, kun tiedetään, että raudus- ja hieskoivun solut eroavat kooltaan varsin huomattavasti.

Jotta saisin tarkemman omakohtaisen käsityksen koivupuun solujen koon vaihtelusta, solunkoon käyttökelpoisuudesta koivumuototutkimuksessa ja sen käytännöllisestä merkityksestä, päätin suorittaa puun solunkoon mittauksia ja niiden yhteydessä myös jonkinverran lujuskokeita.

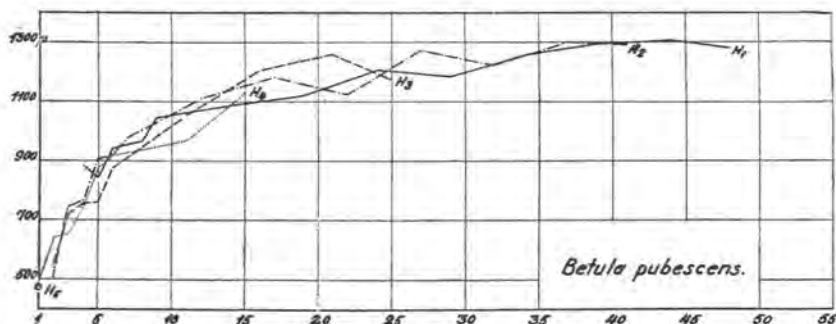
Tutkittavaksi valittiin Ruotsinkylän kokeilualueelta samasta koivukuusi-mänty-sekametsiköstä yksi valtuokan hies- ja rauduskoivuyksilö. Niinkuin tavallista, metsikön rauduskoivut olivat huomattavasti järeämpiä kuin hieskoivut. Sen vuoksi myöskin hieskoivukoepuun rinnankorkeusläpimitta oli vain 14.5 cm, rauduskoivun ollessa 19 cm; hieskoivussa oli 50 vuosilustoa rinnankorkeudella, rauduskoivussa 55. Mahdollisesti oli hieskoivu siis pari kolme vuotta nuorempi kuin rauduskoivu.

Jotta saataisiin aluksi selvä käsitys siitä, miten puusyiden pituus tutkittavana olevissa rungoissa vaihtelee, sahattiin kumpaisestakin koepuusta kiekko neljältä eri korkeudelta (1.3 m, 5 m, 10 m ja 13 m). Rauduskoivun kiekot merkittiin R_1 — R_4 , hieskoivun vastaavasti H_1 — H_4 . Näistä kiekkoista selvitettiin kunkin yksityisen vuosiluston rajat ja otettiin puunäytteitä määrätystä lustoista. Kustakin näin otetusta näytteestä valmistettiin maseroimalla mikroskooppi-preparaatteja puusyiden pituuden määräystä varten. Kustakin näytteestä mitattiin 100 puusyötä ja laskettiin niiden pituuden keskiarvot, jotka on merkitty taulukkoon 5, jonka perusteella on piirretty diagrammit 1 ja 2.



Diagrammi 1. Rauduskoivun (*Betula verrucosa*) puusyiden pituusvaihtelu. Abscisilla vuosiluston järjestyysluku ytimestä pintaan päin, ordinatalla syiden pituus mm:neissä. R_1 rinnankorkeudelta otetussa kiekossa, R_2 5 m korkeudelta, R_3 13 m korkeudelta, R_4 13 m korkeudelta, R_5 latvakasvaimesta.

Niinkuin taulukon arvoista ja diagrammien murtoviivojen kulusta havaitaan, lisääntyä puusyiden pituus pintaa kohden eri korkeuksilla varsin yhdenmukaisesti. Lisäys on lähellä ydintä nopeata, hidastuakseen puun pintaan päin yhä enemmän. Eri korkeuksilta otetuilla kiekkoilla ei tässä suhteessa ole suurtakaan eroa. Kuitenkin näyttäisi siltä, että 5 m korkeudella (murtoviivat R_2 ja H_2) puusyöt olisivat vähän pitempiä kuin alemmaa tai ylempää otetuissa kiekkoissa.



Diagrammi 2. Hieskoivun (*Betula pubescens*) puusyiden pituusvaihtelu. Merkinnyt kuten diagrammissa 1.

Toteamme näin ollen, että koivun puusyiden pituus riippuu pääasiassa siitä, kuinka läheltä puun ydintä näyte on otettu. Sikäli kuin näiden (verraten nuorien) koepuiden nojalla voidaan päätellä, näyttäisivät täysimittaiset puusyyt alkavan noin 35. vuosilustosta ytimeä lukien. Otaksuttavasti tapahtuu puusyiden pituuden lisääntymistä kuitenkin vielä siitakin pintaan päin, mutta se lienee jo paljon vähäisempää. Esim. H a r t i g i n mittaukset vanhoista tammista antoivat sen tuloksen, että tracheidien ja kuitutracheidien (Fasertracheid) pituus rinnankorkeudella kasvaa puun ytimeä 40. vuosirenkaseen nopeasti, siitä pintaan enää vain hyvin vähän (1894, s. 188). Tämä tulos vahvistaa yllämainittua toteamustani. Helanderin (1933) havupuusta esittämät arvot osoittavat solunpituuden lisääntyvän huomattavasti vielä myöhemmälläkin iällä.

Nämä mittaustulokset osoittavat joka tapauksessa, että puusyiden pituutta mitattaessa ja vertailtaessa on kiinnitettävä — varsinkin jos kysymyksessä ovat nuoret puut ja puun sisusosat — tarkkaa huomiota siihen, että verrataan ytimeä laskien vastaavien vuosilustojen soluja; yli 35-vuotiaitten runkojen ja rungonosien pinnasta saadaan kuitenkin jo jotakuinkin verrannollisia solumittoja, mutta siinäkin on vielä jonkinverran kiinnitettävä huomiota puun ikään.

Kun rauduskoivun ja hieskoivun solujen pituutta vastaavissa lustoissa vertaillaan taulukon 5 nojalla, havaitaan, että hieskoivun solut ovat selvästi pitempiä kuin rauduskoivun, mutta joukossa on kyllä anomaalisiakin arvoja.

Puusyiden pituusmittauksen lisäksi kiinnitettiin jonkinverran huomiota myöskin putkiloiden runsauteen ja kokoon. Rinnankorkeudelta otetuista kiekkoista sahattiin pinnasta ytimeen ulottuvat sektorin tapaiset kappaleet, jotka paloitetiin vuosilustojen suuntaisesti viiteen osaan. Näin saadut rauduskoivun kappaleet merkittiin pinnasta ytimeen päin R I—R V, hieskoivun kappaleet H I—H V. Kuhunkin koekappaleeseen tuli 10-kunta lustoa; rajat vedettiin kuitenkin niin, että kussakin

kappaleessa oli suunnilleen samalevyisiä lustoja, mikä tässä tapauksessa kävi hyvin päinsä. Sen jälkeen tehtiin mikroskooppisia poikkileikkauksia. Ne projisoitiin okulaariprisman avulla mm-paperille. Siihen piirrettiin putkiloiden rajat tarkalleen määrätyn vuosiluston keskelle sijoitetulta »koealalta», jonka laajuus mm-paperilla oli $7 \times 7 \text{ cm}^2$, todellisuudessa 1.1025 mm^2 . Näin mm-paperille tehdystä piirroksesta luettiin putkiloiden lukumäärät ja poikkileikkauspinta-alat, jonka perusteella laskettiin putkiloiden osuus koealasta (putkilo-%). Kustakin koekappaleesta tutkittiin näin 5 vuosilustoa eli sekä raudus- että hieskoivusta 25 koealaa kumpaisestakin. Saadut putkilo-%:t on merkitty taulukkoon 6.

Taulukko 6. Rauduskoivun (R) ja hieskoivun (H) koekappaleiden ominaispaino, vesimäärä, putkilo-% ja putkiloiden keskimääräinen paksuus 1.3 m korkeudella maasta. Näytteet numeroitu pinnasta ytimeen (I—V).

Koekappale	Lustojen ikä vuotta	Ominaispaino	Vesimäärä puussa mg/mm ³	Putkilo-%	Putkiloiden paksuus (suhdeluku)
R I	2—6	0.573	0.563	9.4	10.9
R II	19—23	0.577	0.564	9.9	9.3
R III	37—41	0.516	0.603	12.1	9.0
R IV	44—48	0.473	0.631	12.2	9.2
R V	50—54	0.439	0.648	14.1	7.1
H I	3—7	0.554	0.560	12.5	11.9
H II	14—18	0.531	0.585	12.2	11.1
H III	25—29	0.513	0.601	13.7	9.3
H IV	34—40	0.491	0.659	14.2	8.3
H V	43—48	0.271	0.843	15.1	5.1

Yksityisten vuosilustojen (koealojen) putkilo-%:t vaihtelevat melko epäsäännöllisesti, mutta kun lasketaan koekappaleille keskiarvot, voidaan selvään todeta, että putkilo-% pienenee ytimestä pintaan päin. Saman tuloksen ovat jo Staufferin, Waltialan ja Savina & Perelyginin tutkimukset antaneet. Taulukkoon on merkitty myöskin putkilon keskimääräinen poikkileikkauspinta-ala (redusoimaton arvo) kussakin koekappaleessa. Tämä tilasto ei nähtävästi ole riittävän laaja säännönmukaisuuden täsmälliseen ilmi tuomiseen. Kuitenkin näyttää ainakin hieskoivussa putkiloiden paksuus kasvavan ytimestä pintaan päin. Tämän tuloksen vahvistaa myöskin toinen koesarja, joka otettiin pinta- ja sydänpuusta eri korkeuksilta. Sen mukaan ovat sekä raudus- että hieskoivun sydänpuun putkilot hoikempia kuin pintapuun. Samaan tulokseen on Waltiala tullut; sen sijaan Staufferin tulos on päinvastainen, Savina & Perelyginin havainnot (taulukko I, s. 509) eivät osoita tässä säännöllisyyttä. Myöskin ylöspäin näyttää putkiloiden paksuus selvästi pienenevän.

Kun raudus- ja hieskoivua vertaillaan, havaitaan, kuten odotettavissa on, että hieskoivun putkilot ovat paksumpia kuin vas-

taavat rauduskoivun putkilot; poikkeavat arvot, joita joku-
nen esiintyy, ovat ilmeisesti epänormaaleja.

Puun ominaispaino ja vesipitoisuus.

Taulukkoon 6 on merkitty myöskin näiden koekappaleiden ominais-
paine ja vesipitoisuus. Nämä arvot saatiin siten, että koekappa-
leet pantiin veteen pulloon, joka yhdistettiin vesijohto-imulaitteeseen,
jolloin ilma puusta poistui jokseenkin tarkoin. Oltuaan 2 päivää imu-
laitteessa annettiin kappaleiden vielä vettyä pari päivää. Sitten ne pun-
nittiin vedessä ja ilmassa, kuivatettiin 120°:saa ja punnittiin uudelleen.
Näin saaduista arvoista laskettiin puukappaleiden ominaispainot ja niiden
sisältämät maksimaaliset vesimäärät.

Niinkuin taulukon arvoista havaitaan ja mm. putkilo-%-arvojen perus-
teella odotettavissa on, lisääntyy ominaispaino ytimeistä pintaan päin
huomattavasti sekä raudus- että hieskoivussa (Stauffer, Waltiala
ja Savina & Perelygin ovat tämän jo myöskin osoittaneet), ja
samalla rauduskoivun ominaispaino on jonkin verran
suurempi kuin hieskoivun. Vesipitoisuus taas pie-
nenee puun pintaa kohden huomattavasti ja se on
ilmeisesti hieskoivussa jonkin verran suurempi
kuin rauduskoivussa.

Lujuuskokeita.

Jotta kävisi selville, minkä verran solunkoko ja sen yhteydessä olevat
seikat vaikuttavat puun lujuuteen, päätin suorittaa muutamia yksinker-
taisia lujuuskokeita. Materiaalin ottamisessa näitä varten ja kokeiden
suorituksessa olen saanut prof. Matti Jalavalta arvokasta opas-
tusta ja apua, mistä lausun hänelle parhaat kiitokset. Kokeet saatiin
suorittaa Yliopiston metsäteknologisessa laboratorioissa.

Kokeilua varten sahattiin edellä mainituista koepuista 64 cm pituinen
pölkky noin 1.3 m, 5 m ja 10 m korkeudelta. Ylin näyte oli heti latvuk-
sen alarajalta. Myöhemmin otettiin vielä näyte latvuksen sisältä 13 m
korkeudelta sekä ylimmistä kasvaimista.

Rungosta otetut koepölkkyt sahattiin 32 cm pituisiksi 1" × 1" vahvui-
siksi tangoiksi, jotka heti silitettiin höyläkoneessa ja pantiin kuivumisen
estämiseksi kosteaan paikkaan ulos. Kultakin korkeudelta otetut näytteet
ryhmitettiin sahattaessa 3 ryhmään: a) sydänpuu-, b) välipuu- ja c) pinta-
puunäytteet. 10 m korkeudelta saatiin kuitenkin vain 2 ryhmää, jotka
ominaisuuksiltaan vastaavat sydän- ja välipuuta.

Yllä mainituilla n. 2 × 2 × 32 cm:n koekappaleilla suoritettiin heti
niitä lainkaan kuivattamatta taivutuslujuuskoe. Kappaleesta
otettiin tarkka leveys- ja korkeusmitta taivutuskohdasta. Jänneväli

kojeessa oli 24 cm. Täysin virheettömiä koekappaleita oli vähän, mutta huomioon katsottiin voitavan ottaa sellaisiakin, joissa oli vähäisiä terveitä oksia etempänä taivutuskohdasta. Jos kappale kokeessa kuitenkin halkesi tai murtui epänormaalisti jonkin vian vuoksi, se hylättiin. Näin hylättyjä kappaleita oli kuitenkin vain pari. Kappale asetettiin kojeeseen siten, että pintapuoli tuli suurimman rasituksen alaiseksi, siis taivutuskohdan selkäpuolelle. Kun vuosilustot kuitenkin kulkivat väliin myöskin vinoon kappaleen poikkileikkauskuviossa, ei tätä sääntöä voitu tarkalleen noudattaa. Yleensä näytti siltä, että vuosilustojen syrjällään olo hieman alentaa lujuusarvoa. Keskiarvojen verrannollisuuteen tämä seikka ei kuitenkaan vaikuta sanottavia, kun tällä tavoin eroavia koekappaleita on melko tasaisesti eri näyteryhmissä. Absoluuttisiin lujuusarvoihin ei taas näyttänyt olevan syytä näissä kokeiluissa pyrkiäkään.

Taivutuslujuusarvot (kg/cm^2) laskettiin yleisesti käytetystä kaavasta: $1.5 \times \text{kuorma} \times \text{jänneväli (24 cm)}$. Tulokset on esitetty taulukossa 7. koekappaleen leveys \times (sen korkeus)².

Taulukko 7. Tulokset taivutuslujuuskokeista.

Betula verrucosa					Betula pubescens				
Näytesarja	kokeiden lukumäärä	kg/cm ²		palmuma mm	Näytesarja	kokeiden lukumäärä	kg/cm ²		palmuma mm
		keskiarvo	ääriarvot				keskiarvo	ääriarvot	
1.3 m korkeud.:					1.5 m korkeud.:				
sydänpuu	13	553.6	431—624 (765)	16.5	sydänpuu	4	513.8	467—682	22.7
välipuuh	21	702.0	627—831	14.9	välipuuh	12	644.3	554—711	—
pintapuuh	17	843.7	{(623)—917 754}	13.0	pintapuuh	24	722.5	{(599)—805 638}	20.3
5 m korkeud.:					5 m korkeud.:				
sydänpuu	7	508.7	470—546	17.4	sydänpuu	8	568.1	452—644	18.6
välipuuh	11	754.1	630—854	11.9	välipuuh	6	718.8	582—789	16.3
pintapuuh	22	799.0	{(563)—915 730}	11.4	pintapuuh	13	734.9	663—784	14.1
10 m korkeud.:					10 m korkeud.:				
sydänpuu	8	584.0	543—630	18.0	sydänpuu	3	548.7	544—556	20.7
«välipuuh»	12	741.9	642—796	14.8	«välipuuh»	9	713.2	633—755	15.7

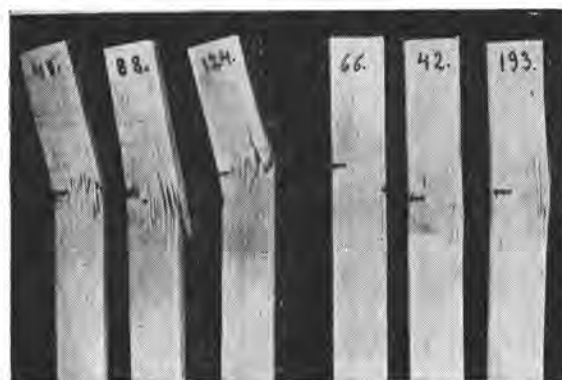
Rauduskoivusta saatiin 111 kelvollista koetta, hieskoivusta 79, ja ne jakaantuivat eri korkeuksille sekä sydän-, väli- ja pintapuun osille siten kuin taulukosta nähdään. Hieskoivusta saatiin sydänpuunäytteitä 10 m korkeudelta siis vain 3 ja 1.5 m korkeudelta 4, muista ryhmistä enemmän. Keskivirhelaskelmia ei suoritettu, sen sijaan on taulukkoon merkitty myös kunkin koesarjan ääriarvot, ja milloin jokin niistä näytti kovin poikkeuk-

selliselta, se on merkitty sulkuihin ja viereen seuraava arvo. (Huomattava on, että muutamat koekappaleet ovat tietysti sijainneet sydän- ja väli-puun tai väli- ja pintapuun rajalla, jonka vuoksi niiden antamat arvot eivät ole varsinkaan erillisinä edustavia.)

Niinkuin taulukon 7 arvoista voidaan todeta, taivutuslujuus kasvaa sydänpuusta pintaan päin varsin huomattavasti kaikilla korkeuksilla, niinkuin myös kaikki entiset tutkimukset sekä koivusta että muista puulajeista ovat osoittaneet.

Kun raudus- ja hieskoivun antamia vastaavia arvoja verrataan keskenään, havaitaan, että rauduskoivu on säännöllisesti koko joukon lujempaa puuta kuin hieskoivu. Eroavaisuus rauduskoivun hyväksi on n. 10—15 %. Poikkeuksellinen arvo on saatu vain rauduskoivun sydänpuusta 5 m korkeudelta, mutta se on ilmeisestikin anomaalinen, liian alhainen arvo; toisaalta vastaava hieskoivun arvo saattaa olla jonkinverran liian korkea.

Vaikka rauduskoivu näin osoittautui suurempaa kuormitusta kestäväksi kuin hieskoivu, havaittiin koekappaleista kuitenkin selvästi, että hieskoivu on laadultaan sitkeämpää puuta kuin rauduskoivu. Tähän suuntaan viittaavat jo taulukkoon 7 merkityt »painumarvot», jotka osoittavat, montako mm koekappaleet taipuivat, ennenkuin murtuivat. Näitä painuma-arvoja ei kuitenkaan voitu määrätä varsin tarkoin, sillä murtuma tapahtui tavallisesti liian äkillisesti, mutta oikean suunnan ne joka tapauksessa osoittavat. Hies- ja rauduskoivupuun laatu-eroavaisuus havaitaan vielä selvemmin itse koekappaleista (kuva 9). Rauduskoivu-koekappaleet murtuvat kuormituk-



Kuva 9. Murtumakohta rauduskoivun (*Betula verrucosa*, n:ot 48, 88 ja 124) ja hieskoivun *B. pubescens*, (n:ot 66, 42 ja 193) taivutuskoe-kappaleissa (tuore puu). — Kuormituksen saavuttaessa rajakorkentensa rauduskoivu murtuu jyrkästi — monasti aivan erilleen — poikki; hieskoivun murtuma on epäselvä, säröilevä, puolikkaat pysyvät lujasti kiinni toisissaan.

sen saavuttaessa puun kestopajan miltei erilleen poikki; hieskoivuun sitävastoin syntyy vain epäselvä murtuma puolikkaiden pysyessä toisissaan lujasti kiinni. Eroavaisuus raudus- ja hieskoivun lujudessa on siis saman suuntainen kuin esim. karaistun teräksen ja raudan välillä: toinen on lujempaa, mutta helpommin murtuvaa kuin toinen.

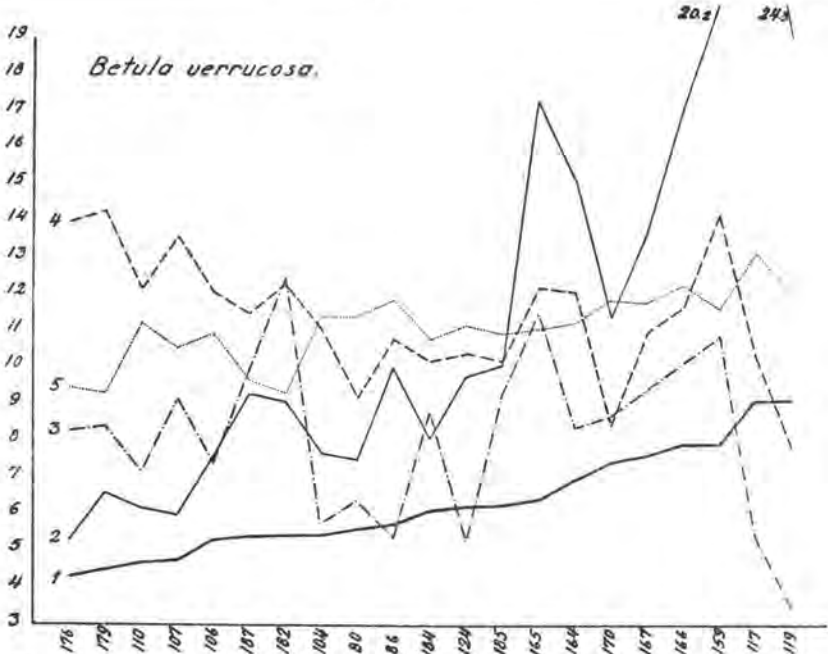
Paitsi taivutuskoetta päätettiin samalla suorittaa myöskin pituussuuntainen puristuskoe. Sitä varten sahattiin taivutuskappaleista ehyestä kohdasta 2 perättäistä 2 cm pituista palasta (kuutiota). Kun oli pelättävissä, että osa niistä ehtisi kuivua ennen kokeiden suoritusta, pantiin nämä kuutiot kaikki veteen 2 vuorokaudeksi ennen kokeiden alkua. Ennen koetta otettiin kappaleesta tarkat paksuusmitat. Koe suoritettiin vain toisella koekappaleella; toinen, siihen välittömästi liittyvä, talletettiin myöhempiä selvittelyjä varten. Välittömästi puristuskokeen jälkeen kukin koekappale punnittiin ja siirrettiin kuivatuskaappiin muutamiksi päiviksi. Sen jälkeen ne punnittiin uudelleen ja laskettiin niiden vesipitoisuus-% puristuskokeessa. Samoin tehtiin niihin liittyvistä rinnakkaiskappaleista putkiloiden kokoa ja putkilo-%:a koskevia analyysejä.

Pituussuuntaisessa puristuskokeessa saadut keskiarvot, niiden ääriarvot sekä vastaava keskimääräinen vesipitoisuus-% on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Tulokset puun pituussuuntaisista puristuskokeista.

Betula verrucosa					Betula pubescens				
Näytesarja	kokel- den luku- määrä	kg/cm ²		vesi- pit. %	Näytesarja	kokel- den luku- määrä	kg/cm ²		vesi- pit. %
		keski- arvo	ääriarvot				keski- arvo	ääriarvot	
1.3 m korkeud.: sydänpuu	12	198.6	167—264	76.5	1.5 m korkeud.: sydänpuu	4	206.6	192—228	(72.5)
välipuu	10	243.5	207—299	67.9	välipuu	12	228.7	190—265	68.3
pintapuu	4	306.7	291—326	58.7	pintapuu	4	256.2	243—264	70.6
5 m korkeud.: sydänpuu	7	180.8	168—209	83.1	5 m korkeud.: sydänpuu	8	201.1	174—244	91.6
välipuu	11	254.7	230—289	71.1	välipuu	6	251.1	216—264	81.5
pintapuu	4	316.9	310—320	67.8	pintapuu	4	261.7	228—292	85.7
10 m korkeud.: sydänpuu	7	206.5	193—219	83.3	10 m korkeud.: sydänpuu	4	170.5	167—176	89.4
välipuu	4	262.1	251—275	78.1	välipuu	4	237.2	230—251	91.2

Lujuus laskettiin tavanimukaisesti jakamalla kuormitus poikkileikkaus-pinta-alan cm²-määrällä (korkeutta — n. 2 cm — ei siis oteta huomioon).

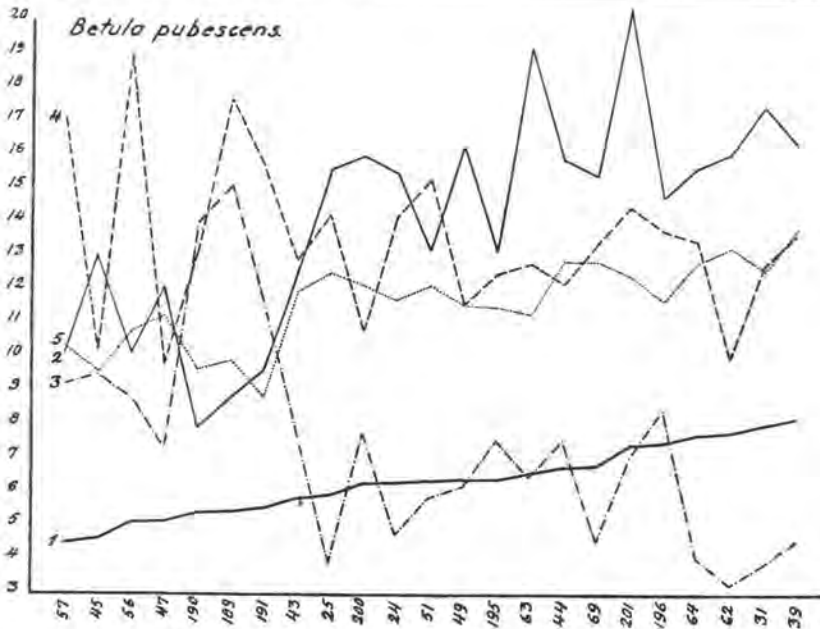


Diagrammi 3. Eräiden rauduskoivun (*Betula verrucosa*) koekappaleiden taivutuslujuus ja siihen vaikuttavia tekijöitä. — 1. Taivutuslujuus (sadoissa kg/cm^2); 2. vuosilustojen lukumäärä 20 mm:n matkalla; 3. putkiloiden lukumäärä 1 103 mm^2 :n alalla (kymmenissä); 4. Putkilo-%; 5. Puusyiden pituus (sadoissa μ :issä).

Kuten taulukosta havaitaan, ovat arvot tässä samansuuntaiset kuin taivutuskokeessa. Pituussuuntainen puristuslujuus kasvaa huomattavasti sydänpuusta pintapuuhun, eroavaisuuden ollessa rauduskoivussa sydän- ja välipuun välillä noin 20 %, välipuun ja pintapuun välillä yhä edelleen noin 20 %. Hieskoivusta saadut eroavaisuudet ovat epätasaisempia, yleensä jonkinverran pienempiä, mutta nousevat siinäkin kymmeniin prosentteihin.

Kun verrataan raudus- ja hieskoivua keskenään, havaitaan, että rauduskoivu on tässäkin kokeessa lujempaa puuta. Poikkeuksena ovat sydänpuun arvot 1.5 ja 5 m korkeudella. Viimeksi mainittu arvo oli jo taivutuskokeessa samaan suuntaan epänormaali, eikä ilmeisesti tässäkään osoita säännönmukaista suhdetta (koekappaleet olivatkin samoja!). Ero raudus- ja hieskoivun lujudessa näyttäisi nyt olevan n. 10—18 %. Pitemmälle meneviin päätelmiin ei niukka aineistoni kehoita.

Jotta vielä saataisiin yleiskuva lujuteen vaikuttavain tekijäin vuorovaikutuksesta, suoritettiin muutamista koekappaleista, jotka edustavat taivutuslujuudeltaan näyteryhmänsä ääriarvoja, lisämittaukset vuosilustojen lukumäärästä 20 mm:n matkalla, putkiloiden lukumäärästä ja pinta-ala-%:sta 1.1025 mm^2 :n koealoilla sekä puusyiden piteudesta,



Diagrammi 4. Eräiden hieskoivun (*Betula pubescens*) koekappaleiden taivutuslujuus ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Merkinntät kuten diagrammissa 3.

Näiden arvojen perusteella on piirretty diagrammit 3 ja 4. Näytteet on järjestetty taivutuslujuuden perusteella ja niiden n:ot on merkitty abscissalle.

Jos vertaillaan vuosilustojen lukumäärän suhdetta (murtoviiva 2) taivutuslujuuteen, havaitaan, että lustomäärä kasvaa taivutuslujuuden kasvaessa hyvin selvästi. Putkiloiden lukumäärän (murtoviiva 3) suhde taivutuslujuuteen on häilyvämpi, mutta yleensä kuitenkin lujisuuden lisäntyessä putkilomäärä pienenee. Samansuuntainen on putkilo-%:n (murtoviiva 4) ja lujisuuden välinen suhde; varsinkin rauduskoivun putkilo-%-murtoviivalla on laskeva suunta, hieskoivun viivalla tuskin havaittavasti. Varsin selvä on puusyiden piteuden (murtoviiva 5) ja taivutuslujuuden välinen suhde; lujisuuden kasvaessa pitenevät puusyyt.

Anomalioja havaitaan murtoviivojen kuluessa kuitenkin aika paljon. Jotkut niistä eliminoituvat vastakkaisiin suuntiin vaikuttavien tekijäin voimasta, mutta eivät kaikki. Väliin taas useat tekijät vaikuttavat samaan suuntaan — esim. puun pinta-osassa on tavallisesti sekä lustotiheys että solujen piteus tavallista suurempi, ja puu siksi tavallista lujempaa. Joka tapauksessa on tällöin muistettava, että myöskään lujuusarvot, joita tässä on vertausperustana käytetty, eivät ole ehdottoman tarkkoja. Otaksuttavasti olisi lisäksi huomioon otettava muitakin lujuuteen vaikuttavia tekijöitä kuin tässä todetut. Sen takia ei vähäisen materiaalin anomalioihin kannata erityisesti syventyä; tässä on tyydyttävä vain toteamaan murtoviivojen yleinen kulkusuunta toisiinsa verrattuna.

Loppupäätelmiä.

Edellä esitetyt tutkimustulokset raudus- ja hieskoivun vertailusta ovat osoittaneet, että nämä puulajit voidaan hyvin toisistaan eroittaa. Varsinkin on lehtityyppi rauduskoivun hyvä tuntomerkki.

Monet myöskin käytännön kannalta huomionarvoiset ominaisuudet liittyvät näin eroitettavaan raudus- ja hieskoivuun. Siten rauduskoivu on hieskoivuun verrattuna kookkaampi, suorarunkoisempi, karkeaoksaisempi, enemmän valoa vaativa, aikaisemmin lehteen puhkeava, vähemmän suomaille ja toisten puiden varjossa viihtyvä puulaji kuin hieskoivu.

Erityistä huomiota on kiinnitettävä näiden puulajien solunkoon eroavaisuuteen: hieskoivun solut ovat suurempia kuin rauduskoivun. Solunkoko seuraa erityisesti lehtityyppiä, sen sijaan se ei seuraa esim. norkkosuomujen ja hedelmän muotoa. Solunkoko aiheuttaa eroavaisuuksia myös lujuusominaisuuksiin. Rauduskoivun lehdet ovat lujempia kuin hieskoivun, samaten sen puu on lujempaa kuin hieskoivun. Hieskoivun puu on sen sijaan taipuisampaa kuin rauduskoivun.

Kirjallisuutta.

- Cronström, Eric. 1936. Gråbjörken. Forstl. Tidskr. LIII, n:o 3, s. 47—49.
- Eichhorn, 1895. Untersuchungen über das Holz der Roteiche. Forstl. — naturwissensch. Zeitschr. IV. Jahrg. München.
- Gunnarsson, J. G. 1925. Monografi över Skandinavien's Betulae. Arlöv.
- Hartig, Robert. 1894. Untersuchungen über die Entstehung und die Eigenschaften des Eichenholzes. Forstl.-naturwissensch. Zeitschr. III. Jahrg. München.
- Heikinheimo, Olli. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Metsähallituksen julkaisuja II. Helsinki.
- Helander, A. Benj. 1933. Kuusen ja männyn vesisolujen pituusvaihtelut. — *Summary*: Variations in tracheid length of pine and spruce. Puutekniikan kannatusyhdist. julk. n:o 14. Helsinki.
- Helms, Anna & Jørgensen, C. A. 1927. Birkene paa Maglemosen. (Henning E. Petersen, Maglemose i Gribskov. Undersøgelser over Vegetationen paa en nord-Sjaellandsk Mose.) Botan. Tidsskr. 39, S. 57—135.
- Johnsson, Helge. 1941. Växtförädling av björk — mål och medel. Medd. fr. Fören. för växtförädling av skogsträd. Nr 20. Separat ur Svensk Pappers-tidning Nr. 25. 1940—6.
- Interspecific hybridization within the genus *Betula*. Separat ur *Hereditas* XXXI, p. 163—176.
- Kivilinna, Väinö. 1936. Suomalaisia koivumuotoja, eräs selvitysyrittys. Vanamon kasvitiet. julk., osa 8. n:o 1, s. I—VI, 1—40. — *Referat*: Finnische Birkenformen, S. 41—45.
- Larsen, Muhle C. 1940. Masurbirk. Dansk Skovför. Tidsskr.
- Lehonkoski, N. A. 1937. Koivu faneeriteollisuuden raaka-aineena. Yksityismetsänhoitajayhdistyksen vuosik. X, s. 75—84.
- 1939. Tunnetko koivikkosi? — Keskusmetsäseura Tapio.
- Morgenthaler, H. 1916. Beiträge zur Kenntniss des Formenkreises der Sammelart *B. alba* L. mit variationsstatischer Analyse der Phaenotypen. Vierteljahrsschr. d. naturf. Gesellsch. Zürich, 60.
- Stauffer, D. 1892. Untersuchungen über spezifisches Trockengewicht, sowie anatomischen Bau des Holzes der Birke. Forstl.-naturwissensch. Zeitschr., I. Jahrg. S. 145—163. München.
- Wallidén (Waltiala), Paul. 1934. Tutkimuksia koivupuun anatoomisen rakenteen ja teknillisten ominaisuuksien keskinäisestä riippuvaisuudesta solumitauksien perusteella. — *Referat*: Untersuchungen über die Abhängigkeit der technischen Eigenschaften vom anatomischen Bau des Birkenholzes nach Zellenmessungen. *Acta forest. fenn.* 40, s. 329—366.

- Wettstein, W. von und Probach, H. 1930. Sichtungsarbeit zur Birkenzucht. Der Züchter, Heft 9, S. 289—290.
- Winkler, Hubert. 1930. Der gegenwärtige Stand der *Betula*-Systematik. Mitt. d. Deutsch. Dendr. Ges. 42, S. 46—60.
- Winkler, Hubert und Anton, Ernst. 1933. Studien über *Betula alba* L. im Anschluss an Morgenthaler und Gunnarsson. Cohns Beitr. z. Biol. d. Pflanzen, 21, S. 256—299.
- Woodworth, Robert H. 1929. Cytological Studies in the *Betulaceae* I. *Betula*. Botan. Gazette, 87, p. 331—362.
- 1931. Polyploidy in the *Betulaceae*. Journ. Arnold Arbor. XII, 3, p. 206—217.
- Савина, А. В. и Перельгин, Л. М. 1936. Анатомическое строение древесины березы и связь его с ее физико-механическими свойствами. (Ref.: Savina, A. V. und Perelygin, L. M.: Der anatomische Bau des Birkenholzes und dessen Zusammenhang mit den physikalisch mechanischen Eigenschaften.) — Journal botanique de l'URSS, Tome 21, 1936, p. 507—522.

Some recent Research data on Birches.

Summary.

Considering the work done in differentiating between the properties of the various species of trees native in Finland, the taxonomy of the birches has proved to be by far the most difficult of all. However, in practice, it seems to be possible to distinguish between the rather uniform species of *Betula verrucosa* Ehrh. (the common birch) from the polymorphous *Betula pubescens* Ehrh. (white birch). In fact, the latest cytological researches and experiments on hybridization (Johnsson and others) have shown, that hybridism between these two species is not so common as some morphological observations have led one to presume.

Also, with regard to utilization, *B. verrucosa* and *B. pubescens* have several notable differences. The former grows faster and is taller, its stem is straighter but perhaps more angular, and its branches coarser, than those of the latter. It is more heliofilic, preferring drier habitats — does not enter upon marshy grounds. It bursts into leaf about a week earlier than *B. pubescens*, the young leaves are reddish, as against pure green of the latter. Birches with curly and wavy grained wood belong to the species *B. verrucosa*. — *B. pubescens*, on account of its slenderer branches and more cylindrical stem, perhaps is better suited for plywood, than *B. verrucosa*, but it is smaller and its stem more crooked or curved. It is more shade-enduring, and is the dominant tree on marshes and in the birch region of Lapland. (Gunnarsson's *B. concinna* and *B. coriacea* belong to this species.)

Tables 1 and 2 give the sizes of *B. pubescens* and *B. verrucosa* in certain even-aged young stands. The latter, being taller, is the dominant tree.

Since it is evident, that many commercially important characteristics of wood depend largely on the size of its individual cells, the author has taken these for a special investigation. In table 3 are given some average pollen diameters. It shows, as even earlier investigations (Helms & Jørgensen, etc.) have done, that the pollen grains of *B. verrucosa* are considerably smaller than those of *B. pubescens*; furthermore the pollen of *B. pubescens* in the North of Finland is larger than in the southern parts of the country, while that of *B. nana* is the smallest.

Table 4 gives the average length of the guard cells of the stomata. It can be seen, that there is a great difference between the two species, *B. verrucosa* and *B. pubescens*, and also, that here again the northern birch has slightly larger cells than the southern one. The samples taken included also many forms, which are regarded as hybrids between *B. pubescens* and *B. verrucosa*. It is interesting to note, that these are not intermediaries as far as the size of the cells is concerned. The one characteristic, which accompanies the size of cells, is the type of leaf: if the leaf is of the *B. verrucosa*-type, the cells are always small, if of *B. pubescens*-type, the cells are large. On the other hand, the cell-size never has any connection with for inst. the form of scales in the catkins, or with the form of the fruit (compare figs. 6—8). The Hun-

garian *B. verrucosa* (Gödöllö, Kecskemet) gives the same results as the Finnish one; however *B. pubescens* down there has slightly smaller cells than here in Finland. The cells of the Italian *B. verrucosa* are comparable in size to the Finnish. — The guard cells of the stomata of *B. nana* are quite large, averaging 39μ ; hybrids with this species have cells intermediary in size. *B. nana* \times *verrucosa* has distinctly smaller cells on the average, than *B. nana* \times *pubescens*.

The difference in the cell-size appears also in the ligneous tissues, the woody fibres, tracheids and vessels of *B. pubescens* being larger than those of *B. verrucosa*.

Table 5 and diagrams 1 and 2 give the lengths of fibres on both *B. verrucosa* and *B. pubescens* from the same plot, samples having been taken from annual rings from pith to surface, and at heights of 1.3, 5, 10 and 13 metres from the ground. It is to be noted, that the length of the fibres increases uniformly, from the pith outwards, at the different heights; and that fibres of *B. pubescens* are longer than those of *B. verrucosa*.

Table 6 gives, for samples from the same stems, the percentage of vessels, going from surface to pith, as well as the specific weight and the maximum water content. It can be seen, that the vessels of *B. pubescens* are larger, their percentage greater, likewise the moisture content greater, and the specific weight smaller, than those of *B. verrucosa*.

Since it was to be presumed, that differences in the cellular tissues would cause differences in the strength characteristics of the wood, a series of breaking and compression tests were made. The results of the breaking tests are given in Table 7, which shows, that the wood of *B. verrucosa* is considerably stronger than the corresponding tissue of *B. pubescens*. On the other hand, a test bar of the latter can be bent more without rupture, and when breaking, the two halves continue to stick firmly together, while *B. verrucosa*, in breaking, falls clearly apart (Fig. 9; freshly felled trees were used for samples, and no drying up allowed before tests.)

The results of longitudinal compression tests are given in Table 8. Here also *B. verrucosa* proved to be clearly stronger than *B. pubescens*.

To end with, diagrams 3 and 4 are given to show the interaction between some of the strength factors in the sample pieces.

The results of this investigation show, that even for practical purposes *Betula verrucosa* should be distinguished from *Betula pubescens*. An important factor for that purpose is the leaf-type.
