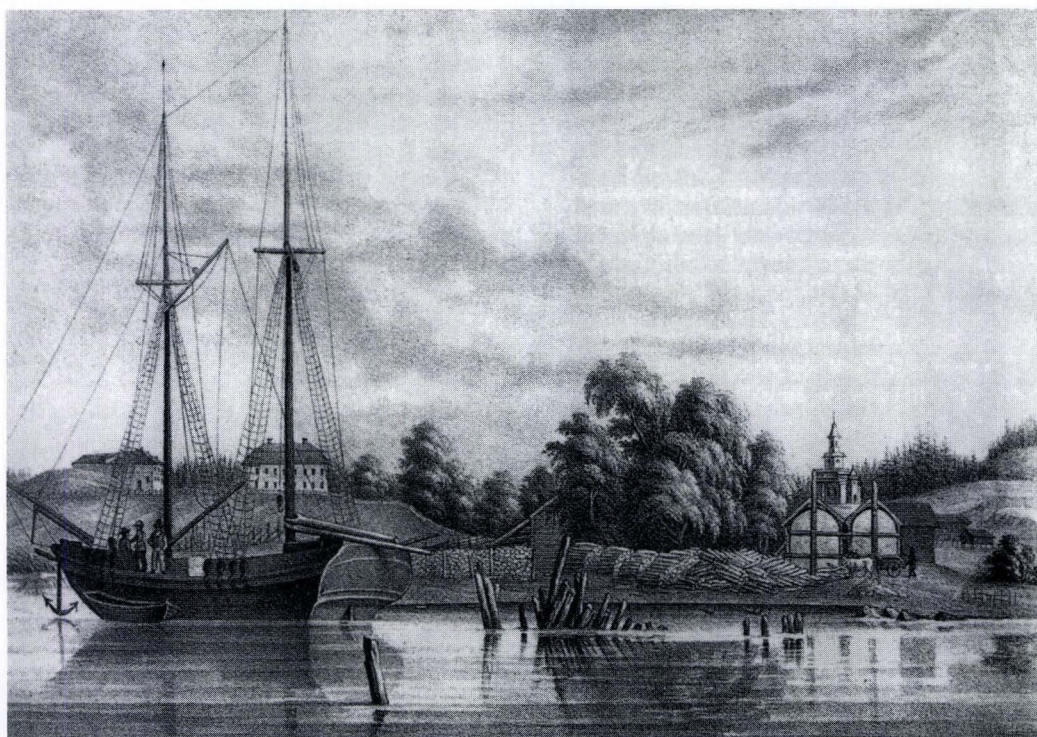


# INNOVAATIOT JA SUOMEN TEOLLISUUDEN PUUNKULUTUS VUOSINA 1845–1913

Miika Tommila

**Puulla oli Suomen teollistumisen alkuvaiheissa strateginen kaksoisrooli. Teollistuminen lisäsi sekä energian että raaka-aineiden kulutusta, ja puuta käytettiin kumpaakin tarkoitukseen. Polttoaineena se oli tärkeä lämmitys-, prosessi- ja mekaanisen energian lähde, raaka-aineena puolestaan välttämätön rakentamisessa ja paperin suurtuotannossa. Puuta voidaankin pitää yhtenä Suomen teollistumisen avaintekijöistä.**



Ennen ensimmäistä maailmansotaa puu oli metalliteollisuuden tärkein polttoaine. Kuvan halkopinot antavat viitteitä Teijon ruukin puunkulutuksesta 1800-luvun puolivälissä. Lähde: Topelius, Sakari: Maamme kirja. Porvoo 1983, s. 19.



Suomen teollisuuden puunkulutus lisääntyi nopeasti 1800-luvun jälkipuoliskolta lähtien. Samalla teollisuuden osuus puun kokonaiskulutuksesta kohosi merkittäväksi. Innovaatioiden, tuotantoteknisten uutuuksien ja uudistusten, asema tässä kehityksessä oli keskeinen. Ne tarjosivat tekniset edellytykset teollisuustuotannon lisäykselle ja kokonaan uusien tuotannonalojen perustamiselle. Suomen teollisuudessa tutkimusajanjaksolla sovelletuista innovaatioista puunkäytön kannalta tärkeimmät olivat höyryvoima, sahaustekniikan kehittyminen, koneellinen paperintuotanto, hioke- ja selluloosaprosessi sekä lankarullien ja vanerin valmistusmenetelmät.

Teollisuus kulutti raakapuuta, tuoreena kaadettua käyttämätöntä runkopuuta, sekä tuotannon raaka-aineena että polttoaineena lämmitys-, prosessi- ja mekaanisen energian tuotantoon. Työkalujen ja pakkausten valmistamiseen sekä teollisuuslaitosten rakentamiseen käytettiin sen sijaan pääasiassa jalostettua puutavaraa.

### **Innovaatioiden esiinmarssi**

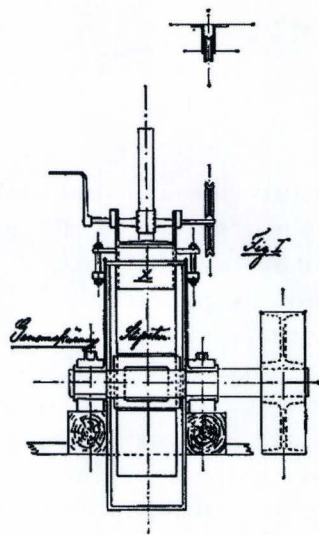
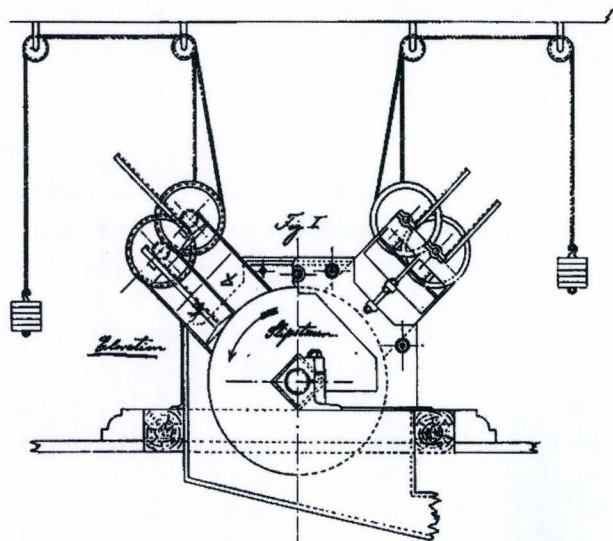
Höyryvoiman tuotanto oli käsiteltävistä innovaatioista ainoa, jonka vaikutus liittyi ensisijaisesti energiantuotantoon. Suomessa teollisuuden ensimmäiset höyrykoneet otettiin käyttöön 1840-luvulla. Teollistumisen edetessä höyryvoiman käyttö kasvoi huomasti; vuosina 1845–1913 se kohosi hevosvoimakapasiteetilla mitattuna suurimmaksi voimanlähteeksi jokaisella alalla paperi- ja kemianteollisuutta lukuun ottamatta, määrällisesti vajaasta 100 hv:sta runsaa-

seen 100 000 hv:aan. Teollisuuden höyryvoimakapasiteetti jäi kuitenkin, lähinnä paperiteollisuuden vesivoimavaltaisuuden vuoksi, jatkuvasti vesivoimakapasiteettia alhaisemmaksi.<sup>1</sup> Joka tapauksessa höyryvoima, toisin kuin suoraan työkonisiin kytketyt vesipyörät ja -turbiinit, vapautti mekaanista energiaa kuluttaneet teollisuudenalat sijoittumasta koskien äärelle.

Höyryvoimalla oli sekä suora että välillinen yhteys puunkulutukseen. Yhtäältä sitä tuotettiin miltei pelkästään puulla. Muiden polttoaineiden, pääasiassa kivihiilen, käyttö alkoi hitaasti yleistyä vasta 1890-luvulla. Toisaalta se mahdollisti myös puuraaka-aineen kulutuksen lisääntymisen. Vaikka puunjaloitusteollisuus käytti runsaasti vesivoimaa, saavutettuun tuotantoon ei yksin sen varassa olisi ylletty. Parhaan esimerkin höyryvoiman vaikutuksesta puunkulutukseen tarjoaa sahateollisuus. Vuodesta 1860, jolloin Suomen ensimmäiset höyrysahat perustettiin, vuoteen 1900 sahatavaran tuotantomäärä kuusi-toistakertaistui. Samanaikaisesti höyrysahojen osuus sahatavaran kokonaistuotannosta nousi yhdestä prosentista miltei 90 %:iin.<sup>2</sup> Höyrykoneen ansiosta sahatavaran tuotanto, ja siten sahateollisuuden puunkulutus, kohosi tasolle, jota pelkillä vesisahoilla ei olisi voitu saavuttaa.

On epävarmaa, olisiko vesisahoilla edes teoreettisesti voitu yltää höyrysahoilla saavutettuihin tuotantolukuihin. Käytännössä se ei kuitenkaan olisi voinut olla taloudellisesti kannattavaa. Vanhojen vesisahojen tuotantokapasiteetti olisi täytynyt moninkertaistaa. Lisäksi olisi ollut välttämätöntä perustaa lukuisia uusia tuotantolaitoksia.





Fredrik Idestamin ja Hermann Kaufmannin vuonna 1869 patentoima hiomakone oli ensimmäisiä esimerkkejä puunkulutukseen liittyvistä kotimaisista innovaatioista. Lähde: Von Bonsdorff, Lars G.: Nokia Aktiebolag 1865–1965. Helsingfors 1965, s. 81.

Kokonaisuudessaan vesisahoihin perustuva tuotanto olisi kuitenkin kohottanut sahatavaran kuljetuskustannukset kestävämmälle tasolle; vesisaha voitiin perustaa vain sinne, missä vesivoimaa oli riittävästi, kun taas höyrysahojen sijoittamisessa tukkien ja sahatavaran kuljetuskustannukset kyettiin ottamaan joustavammin huomioon. Lisäksi vesisahojen käyttö oli riippuvainen veden määrästä, joka vaihteli vuodenaikojen ja sääolojen mukaan. Sähkövoiman kaukosiiro sisämaan koskilta parhaille sahapaikoille olisi tosin ollut teknisesti ja taloudellisesti toimiva vaihtoehto höyrysahoille, mutta tämä tekniikka kehitettiin vasta 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa.

Höyry- ja vesisahoilla käytettiin jotakuinkin samoja työkoneita ja tuotantomenetelmiä. Myös ne uudistuivat. Viime vuosisadan puolivälistä alkaen puiset sahakehät korvattiin rautaisilla ja myöhemmin teräksisillä. Ensimmäiset täysrautaiset sahakehät otettiin käyttöön 1870-luvun suursahoilla, joista useimmat toimivat höyryllä. Rautainen kehä oli puista vahvempi ja kesti siksi sitä pi-

demät iskut sekä suuremman iskutiheyden.

Kehäsahojen iskuluku oli vuoden 1860 tienoilla 100–150 minuutissa ja nousi vuoteen 1890 mennessä 180–220 iskuun minuutissa. Samanaikaisesti iskun pituus yli puolitoistakertaistui. Tämän seurauksena sahatavaran tuotanto nopeutui. Ns. jatkuvasyöttöiset kehät, jotka ilmaantuivat 1890-luvulla ja yleistyivät tämän vuosisadan puolella, kohensivat tukin syöttötekniikkaa. Aiemmillä syöttötekniikalla tukki oli pysähtynyt joko sahanterän painuessa alas tai noustessa ylös. Tämän vuosisadan alussa myös tukkien ja sahatavaran kuljetusta sahoilla alettiin koneistaa. Kaiken kaikkiaan tuotanto nopeutui selvästi viime vuosisadan puolivälistä ensimmäisen maailmansodan alkuun. Uudistukset kohottivat sahateollisuuden potentiaalista tuotantokapasiteettia ja siten puunkulutusta.<sup>3</sup>

Viime vuosisadan jälkipuoliskolla sellun ja puuhiokkeen käyttöönotto mulisti paperiteollisuuden raaka-ainepohjan: puukuidut syrjäyttivät lumput. Uudet menetelmät tarjosivat Suomen

paperiteollisuudelle suunnattomat kasvumahdollisuudet, sillä maan metsissä oli massan valmistukseen sopivaa puuta moninkertaisesti yli teollisuuden tarpeen.

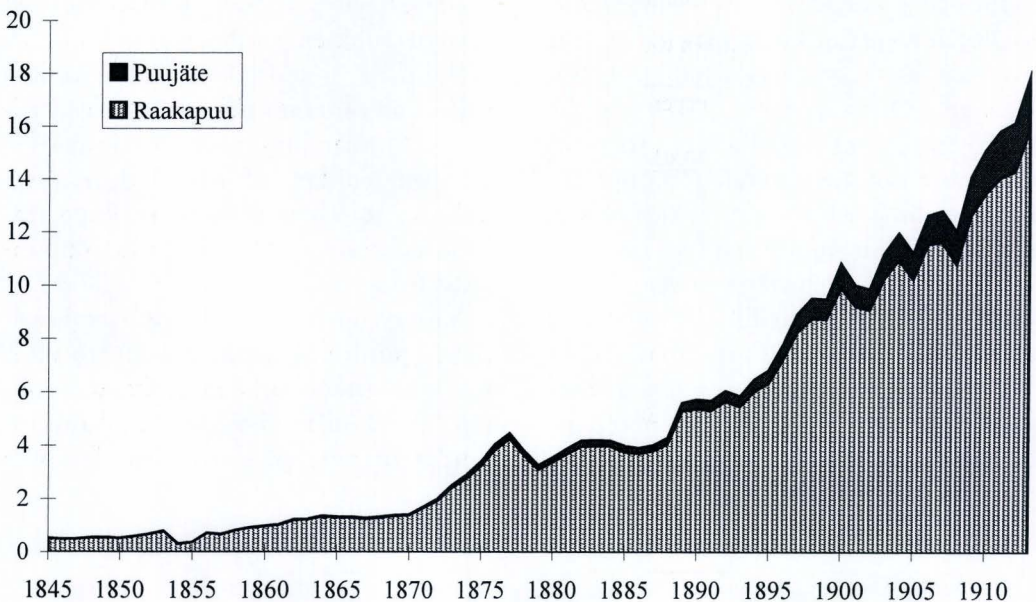
Suomessa puuhioketta alettiin koe-mielessä tuottaa vuonna 1860. Kaupallisesti merkittävään tuotantoon täällä päästiin vuonna 1865 ja varsinaiseen suurtuotantoon vuosina 1869–1873, jolloin toimintansa aloitti seitsemän hiomoa. Puuhiomojen energiantarve oli kuitenkin suuri, eikä hiokemenetelmä täysin ratkaissut raaka-aineongelmaa; hiokekuidut olivat niin karkeita, että ne jouduttiin sitomaan toisiinsa lumppu-massalla.<sup>4</sup>

Puuselluloosan valmistus mahdollisti lumppumassasta luopumisen. Haparoivien ja tuotannoltaan vähäisiksi jääneiden natronsellukokeilujen jälkeen selluloosaa alettiin valmistaa kahdella tavalla: sulfiitti- ja sulfaattimenetelmällä. Suomessa sulfiittimenetelmä oli näistä varhaisempi ja ennen ensimmäistä maailmansotaa yleisempi. Sellun suurtuotanto käynnistyi Nokian sulfiittisellutehtaalla vuonna 1885. Seuraavana

vuonna alettiin Valkeakoskella valmistaa sulfaattisellua, jonka suurtuotanto sai kuitenkin odottaa tämän vuosisadan alkuun. Tällöin ryhdyttiin tuottamaan kestävästä kraftmassaa. Menetelmällä onnistuttiin irrottamaan entistä suurempi osuus puun selluloosakuiduista ja sen raaka-aineina voitiin hyödyntää miltei ilmaisia sahajätteitä.<sup>5</sup>

Puun käyttö paperin raaka-aineeksi ei kuitenkaan yksistään olisi riittänyt mahdollistamaan paperin suurtuotantoa. Toinen oleellinen innovaatio liittyi paperinvalmistuksen koneistamiseen. Rullapaperikoneen kehittäminen Englannissa 1800-luvun alussa, tosin ranskalaisen idean pohjalta, avasi tien paperin massatuotantoon – tätä ennen paperi oli valmistettu käsityönä arkeiksi. Suomen ensimmäiset rullapaperikoneet otettiin

Kuvio 1. Teollisuuden raakapuun ja puujätteen käyttö 1845–1913, milj.  $\text{k-m}^3$ . Tervantuotannon puunkulutus on tutkimushankkeessa selvitetty erikseen, eikä se sisälly näihin lukuihin. Tutkimusajanjaksolla tervantuotanto lukeutui valtaosin maa- ja metsätalouteen ja teolliseen käsityöhön. Teollinen tuotanto jäi näihin verrattuna marginaaliseksi.





käyttöön Frenckellin paperitehtaalla vuonna 1841 ja Tervakoskella vuonna 1854. 1860-lukua seuranneina vuosikymmeninä paperikoneiden työleveys ja tuotantonopeus moninkertaistuivat, mikä avitti paperiteollisuuden nousua puun suurkuluttajaksi.<sup>6</sup>

Myös lankarulla- ja vaneriteollisuudessa tekniset uudistukset olivat suur-  
tuotannon käynnistämisen keskeinen edellytys. Suomen ensimmäiset lankarullatehtaat perustettiin vuonna 1873, ja koneellisen lankarullien tuotannon innovaatiot liittyivät etupäässä sahaus- ja sorvaustekniikkaan.<sup>7</sup> Vanerin suur-  
tuotanto alkoi puolestaan vuonna 1912 eikä ehtinyt suuresti vaikuttaa puunkulutukseen tutkimusajanjaksona. Vaikka näiden alojen kansantaloudellinen ja puunkulutuksellinen painoarvo jäi melko vaatimattomaksi, ne todistavat innovaatioiden merkityksestä yksittäisille toimialoille. Vaneri ja lankarullat olivat vientituotteita, joita ei olisi käsityönä kyetty voitollisesti jalostamaan edullisistakaan raaka-aineista. Koneellinen suur-  
tuotanto kuitenkin mursi kannattavuusesteet.

## Innovaatiot lisäävät puunkulutusta

Kuvio 1 osoittaa teollisuuden puunkäytön noin 30-kertaistuneen vuosina 1850–1913. Sahateollisuus pysyi koko ajanjakson teollisuuden suurimpana puunkuluttajana. 1860-luvulta lähtien sen valta-asema oli täysin kiistaton. Metalliteollisuudella oli merkitystä aikakauden alussa ja paperiteollisuudella sen lopussa. Vuosina 1875–1913 niiden osuudet teollisuuden puunkulutuksesta muuttuivatkin miltei täysin käänteisesti. Kuten taulukosta 1 havaitaan, kolme suurta toimialaa vastasivat vuosina 1845–1913 jatkuvasti vähintään kolmesta neljäsosasta teollisuuden raaka-  
puun kulutuksesta ja vielä suuremmasta osasta puun kokonaiskäytöstä.

Innovaatiot tarjosivat tekniset edellytykset tuotannon lisäykselle tai kokonaan uusien tuotannonalojen perustamiselle. Vuonna 1850 tehtaiden höyrykoneet nielivät puuta viitisen tuhatta kiintokuutiometriä, mikä vastasi paria prosenttia teollisuuden puupolttoainei-

*Taulukko 1. Saha-, paperi- ja metalliteollisuuden raaka-  
puun käyttö 1845 – 1913, 1000 k-m<sup>3</sup> ja % teollisuuden kokonaiskäytöstä (kolmen vuoden keskiarvot).*

Vuosi	Sahateollisuus		Paperiteollisuus		Metalliteollisuus		3 alaa yhteensä	
	1000 k-m <sup>3</sup>	%	1000 k-m <sup>3</sup>	%	1000 k-m <sup>3</sup>	%	1000 k-m <sup>3</sup>	%
1854/56	181	38	5	1	173	36	359	75
1864/66	784	60	12	1	319	24	1 115	75
1874/76	2 486	76	62	2	412	13	2 959	91
1884/86	2 862	76	144	4	358	9	3 360	89
1894/96	4 840	75	308	5	628	10	5 808	90
1904/06	8 087	77	919	9	456	4	9 650	90
1911/13	10 313	74	1 687	12	358	3	12 615	89

den kokonaiskulutuksesta. Vuoteen 1913 mennessä höyryvoiman tuotanto oli levinnyt kaikille toimialoille ja sen puunkulutus kohonnut absoluuttisesti noin 2,5 miljoonan  $k\text{-m}^3$ :iin sekä suhteellisesti kahteen kolmasosaan teollisuuden puupolttoaineen kokonaiskulutuksesta. Raakapuun osuus teollisuuden kuluttamasta puupolttoaineesta laski vuosina 1860–1913 tasaisesti 100 %:sta hieman alle 60 %:iin jätetuun osuuden vastaavasti kasvaessa. Raakapuun osuus teollisuuden höyryvoiman tuotantoon käytetystä puupolttoaineesta ei oleellisesti poikennut näistä luvuista.<sup>8</sup>

Sahateollisuuden puunkulutusta kasvattivat höyrysahat, sillä niiden osuus sahatavaran kokonaistuotannosta kohosi vuosina 1860–1900 nolasta liki 90 %:iin.<sup>9</sup> Höyrykoneiden käyttö oli sahoille, samoin kuin lankarulla- ja vaneritehtaille, myös energiataloudellisesti edullista, sillä niiden polttoaineena voitiin käyttää tuotannossa syntynyttä jätetuuta.

Paperiteollisuuden puunkäyttö kasvoi tutkimusajanjaksolla räjähdysmäisesti: se tuhatkertaistui. Lähtötaso oli matala, sillä 1800-luvun puolivälissä puuta kului pelkästään polttoaineeksi. Hiokkeen ja selluloosan tuotanto kuitenkin kohotti raaka-ainekäytön osuuden puun kokonaiskulutuksesta 1880-luvulle tultaessa tyhjistä 60 %:n tuntumaan. Sille tasolle osuus myös jäi aina 1910-luvulle asti, mikä kielii toimialan energia-intensiivisyydestä. Paperiteollisuudessa käytettiin raakapuun lisäksi runsaasti jätetuuta sekä polttoaineena että sulfaattisellun raaka-aineena. Puuraaka-aineesta raakapuun osuus pysyi jatkuvasti hallitsevana, vaikka vuosina 1903–1913 kraftmassan tuotanto kohotti jätetuun osuuden 1 %:sta 17 %:iin. Toimi-

alan puupolttoaineesta raakapuun – eli halkojen – osuus sen sijaan laski 1870-luvulta 1910-luvulle kahdesta kolmasosasta vajaan puoleen.<sup>10</sup>

Uusien tuotantomenetelmien ansiosta voitiin hyödyntää aiemmin vähän käytettyjä sekä toisistaan poikkeavia puulajeja ja runkokokoja. Sahoilla oli perinteisesti jalostettu järeitä mänty-tukkeja. Hiokkeen ja sulfiittisellun raaka-aineena käytettiin pieni- ja keskikoista kuusta, sulfaattisellun puolestaan sekä kuusta että mäntyä, jälkimmäistä kuitenkin pääasiassa jätetuun muodossa. Lankarulla- ja vaneriteollisuuden raaka-ainevarannon muodostivat kaskeamisen seurauksena Itä-Suomeen syntyneet laajat koivumetsät, höyrykoneiden polttoaineeksi sen sijaan kelpasi miltei mikä puu tahansa.<sup>11</sup> Puuston korkea hyödynnettävyys auttoi laajan ja eriytyneen puunjalostusteollisuuden kehittymistä, eikä raaka-aineen riittävyys muodostunut kehityksen pullonkaulaksi.

Toisin kuin puunjalostusteollisuudessa, metalliteollisuudessa sovelletut innovaatiot vähensivät puuntarvetta. Kulutus oli keskittynyt perusmetalliteollisuuteen, ja se koostui puupolttoaineista sekä puuhiilen tuotantoon tarvituista sysipuista. Puuhiili pysyi 1800-luvun viimeiselle neljännekselle asti raudantuotannon ainoana merkittävänä polttoaineena. Tästä eteenpäin metalliteollisuuden puupolttoainevaltaisuus kuitenkin jatkuvasti laski. Sekä teräksen tuotanto että raudan valmistus putlaamalla, joissa kummassakin käytettiin pääasiassa kivihiiltä, yleistyivät vuosisadan loppua kohden. Vuosisadan vaihteessa puuhiiliruukit – yksi toisensa jälkeen – lopettivat toimintansa ja maam-



Taulukko 2. Teollisuuden bruttokansantuote-erän jakauma toimialoittain

1860 – 1913, %.

Vuosi	Metalli- teollisuus	Tekstiili- teollisuus	Puu- teollisuus	Paperi- teollisuus	Muut toimialat	Yhteensä
1860	37	22	8	2	31	100
1870	37	27	7	3	26	100
1880	28	17	22	8	25	100
1890	24	17	17	8	34	100
1900	20	14	23	8	35	100
1913	18	11	20	14	37	100

Lähde: Heikkinen - Hjerppe 1986, liitetaulukko 7.

me raudantuotanto kääntyi laskuun. Siirtyminen puuhiiltä käyttävistä tuotantomenetelmistä kivihiilellä ja sähköllä toimiviin kiihtyi tämän vuosisadan puolella jyrkästi. Näiden tekijöiden seurauksena metalliteollisuuden puunkulutus taantui ja vuoteen 1913 mennessä laski 1870-luvun alun tasolle.<sup>12</sup>

### Puuraaka-aineesta kilpailukykyä

Taulukosta 2 ilmenee, että vuosina 1860–1913 metsäteollisuus kasvoi selvästi nopeammin kuin muut toimialat; sen osuus teollisuuden jalostusarvosta 3,4-kertaistui. Paperiteollisuuden osuus kasvoi jatkuvasti 1890-luvun alusta lähtien. Puuteollisuus, joka sisälsi sahateollisuuden lisäksi lankarullateollisuuden, puusepänteollisuuden, huonekaluteollisuuden ja näihin lukeutumattoman muun puuteollisuuden, oli sahateollisuuden suuren painon takia herkempi suhdannevaihteluille ja kasvatti osuuttaan epätasaisesti. Ensimmäisen maailmansodan aattona sen suhteellinen asema oli kuitenkin selvästi vankempi kuin viime vuosisadan puolivälissä. Voidaankin väittää, että Suomen teollisuudessa parhaiten menestyivät ne teollisuuden-

alat, jotka käyttivät halpaa puuraaka-ainetta hyödyntäneitä innovaatioita.

Puuintensiivisyydellä voidaan osittain selittää myös metalliteollisuuden menestystä tutkimusajanjakson alussa. Raudantuotanto, jonka raaka-aineiksi tarvittiin rautamalmin lisäksi vain puuhiiltä ja kalkkikiveä, vastasi tuolloin yli puolesta toimialan jalostusarvosta. Puuhiilen suhteellinen halpuus takasi suomalaisen raudan hyvän kilpailukykyyn Venäjällä ja jotakuinkin puolet tuotannosta vietiin sinne. 1800-luvun lopulla Venäjällä otettiin kuitenkin laajalti käyttöön suurtuotannon mahdollistaneet koksi- ja kivihiilipohjaiset raudantuotantomenetelmät. Suomen rautateollisuus ei kyennyt tähän vastaamaan; vienti alkoi hiipua ja puuhiilipohjainen raudantuotanto taantua.<sup>13</sup>

### Innovaatiot muuttavat metsänkäyttöä

Vuodesta 1845 vuoteen 1913 teollisuuden puunkäyttö 32-kertaistui runsaasta puolesta miljoonasta vajaan 17 miljoonaan k-m<sup>3</sup>:iin.<sup>14</sup> Puun merkitys Suomen teollisuudelle sen alkuvaiheissa oli

ensiarvoisen tärkeä ja innovaatioiden asema tämän luonnonvaran hyödyntämisessä keskeinen. Höyryvoima uudisti sahateollisuutta, sellu- ja hiokeprosessi puolestaan mullistivat paperiteollisuuden.

Teollisuus kasvoi tutkimusajanjaksoilla puunkäyttäjänä kääpiöstä jättiläiseksi. 1800-luvun puolivälissä sen osuus raakapuun kokonaiskäytöstä oli vain 2–4 %. Ensimmäisen maailmansodan kynnyksellä osuus oli kohonnut jo yli 40 %:n ja teollisuudesta oli tullut suurin yksittäinen puunkäyttäjryhmä.<sup>15</sup> Samalla markkinapuun osuus puun kokonaiskäytöstä nousi määräväksi – Suomessa siirryttiin agraarisesta teolliseen metsänkäyttöön.

Teollisuuden lisääntynyt puunkysyntä kasvatti metsäomaisuuden arvoa ja mul-listi käsitykset puunkäytöstä. Tällä oli huomattavia seurauksia sekä Suomen metsänkäytölle että koko kansantaloudelle. Hieman yksinkertaistaen voidaan sanoa, että metsä muuttui kotitalouksien polttoainevarastosta ja potentiaalisesta viljelymaasta teollisuuden raaka-aine-lähteeksi.

Kaiken kaikkiaan ajanjaksolla 1800-luvun puolivälistä ensimmäiseen maailmansotaan viitotettiin tie kohti laajaa Suomen metsien taloudellista hyötykäyttöä. Innovaatioidensa tukema teollisuus oli tämän tien raivaaja.

<sup>1</sup> Keskinen (toim.) 1993, s. 399; Myllyntaus 1983, s. 110–118.

<sup>2</sup> Hoffman 1980, liitetaulukko 6.

<sup>3</sup> Myllyntaus ym. 1986, s. 66–67.

<sup>4</sup> Kuisma 1993, s. 257; Myllyntaus ym. 1986, s. 98.

<sup>5</sup> Autio – Nordberg 1972, s. 50; Myllyntaus ym. 1986, s. 120, 127–128.

<sup>6</sup> Snellman 1912, s. 54, 75; Myllyntaus ym. 1986, s. 134.

<sup>7</sup> Ruuskanen 1992, s. 69.

<sup>8</sup> Tommila 2000, liite 2, liitetaulukko 5.

<sup>9</sup> Hoffman 1980, liitetaulukko 6.

<sup>10</sup> Tommila 2000, liitetaulukko 2. ja 7.

<sup>11</sup> SVT Teollisuustilasto. Vuodet 1885–1913; Kuisma, 1993, s. 257–258.

<sup>12</sup> Tommila 2000, liitetaulukko 9.

<sup>13</sup> Pihkala 1969, liitetaulukko 2; Pihkala 1970, s. 121; Heikkinen – Hjerpe 1986, liitetaulukko 2.

<sup>14</sup> Tommila 2000, liitetaulukko 1.

<sup>15</sup> Tommila 2000, liitetaulukko 2.; Myllyntaus ym. 1998, tilastoaineisto.

#### LÄHTEET:

AUTIO, Matti – NORDBERG, Toivo. Vuosisata paperiteollisuutta I. Valkeakoski 1972.

HOFFMAN, Kai. Suomen sahateollisuuden kasvu, rakenne ja rahoitus 1800-luvun jälkipuoliskolla. Societas Scientiarum Fennica. Helsinki 1980.

HEIKKINEN, Sakari – HJERPPE, Riitta. Suomen teollisuus ja teollinen käytyö 1860–1913. Suomen Pankin julkaisuja. Kasvututkimuksia XII. Helsinki 1986.

KESKINEN, Risto (toim.). Suomen energiatekniikan historia. Teknis-historiallinen tutkimus energian tuottamisesta ja käytöstä Suomessa 1840–1980. Osa 2. Tampere 1993.

KUISMA, Markku. Metsäteollisuuden maa. Suomi, metsät ja kansainvälinen järjestelmä 1620–1920. Helsinki 1993.

MYLLYNTAUS, Timo. Hydro- and Thermal Power in Finnish Industry in the Nineteenth and Twentieth Centuries. Scandinavian Journal of History, vol 8 (1983) no 2.

MYLLYNTAUS, Timo – MICHELSEN, Karl-Erik – HERRANEN, Timo. Teknologinen muutos Suomen teollisuudessa 1885 – 1920. Suomen Tie-deseura. Helsinki 1986.

MYLLYNTAUS, Timo – MATTILA, Timo. Decline or Increase? The Standing Timber Stock in Finland 1800 - 1997. Ehdolla julkaistavaksi aikakauslehdessä Ecological Economics vuonna 2002.

PIHKALA, Erkki. Suomen ulkomaankauppa 1860–1917. Suomen Pankin julkaisuja. Kasvututkimuksia II. Helsinki 1969.

PIHKALA, Erkki. Suomen Venäjän-kauppa vuosina 1860–1917. Bidrag till kannedom av Finlands natur och folk H. 113. Helsinki 1970.

RUUSKANEN, Pekka. Koivikoista maailmanmarkkinoille. Suomen rullateollisuus vuosina 1873–1972. Studia Historica Jyväskylänia 45. Jyväskylä 1992.

SNELLMAN, G.R. Tutkimus Suomen paperiteollisuudesta. Työtillasto XIV. Helsinki 1912.

SVT 18: 1–25 Jälkimmäinen osa teollisuustilasto: tehtaita ja käytyö-laitoksia vuosilta 1885–1908. Helsinki 1887–1910.

SVT 18: 26–30 Teollisuustilasto 1909–1913. Helsinki 1911–1915.

TOMMILA, Miika. Avaintekijä – puu Suomen teollisuuden raaka-aineena ja energianlähteenä 1845–1913. Talous- ja sosiaalhistorian pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, marraskuu 2000.