

**ETLA** **ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS**  
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY  
Lönnrotinkatu 4 B 00120 Helsinki Finland Tel. 358-9-609 900  
Telefax 358-9-601 753 World Wide Web: <http://www.etla.fi/>

## Keskusteluaiheita – Discussion papers

No. 955

Raine Hermans\* – Anne Arvola\*\* – Leena Hauhio\*\*\*  
– Maarit Lindström\* – Hanna Nikinmaa\*\* – Panu Tikka\*\*\*  
– Olli Haltia\*\*

### **BIOTEKNOLOGISTEN SOVELLUSTEN ARVONLUONTI SUOMEN METSÄKLUSTERISSA\*\*\*\***

\* Etlatieto Oy / ETLA, Lönnrotinkatu 4 B, 00120 Helsinki, Finland.

\*\* Savcor Indufor Oy, Töölönkatu 11 A, 00100 Helsinki, Finland.

\*\*\* Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto, PL 6300, 02015 TKK, Finland.

\*\*\*\* Kiitämme Suomen metsäteollisuus ry:tä ja Tekesiä tämän keskustelualoitteen ja siihen läheisesti liittyvän tutkimuksen rahoittamisesta.

**HERMANS, Raine – ARVOLA, Anne – HAUHIO, Leena – LINDSTRÖM, Maarit – NIKINMAA, Hanna – TIKKA, Panu – HALTIA, Olli, BIOTEKNOLOGISTEN SOVELLUSTEN ARVONLUONTI SUOMEN METSÄKLUSTERISSA.** Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2004, 28 s. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; No. 955).

**TIIVISTELMÄ:** Keskustelualoitteessa esitellään Suomen metsäteollisuuden ja bioteollisuuden panos-tuotosrakenteita, metsäteollisuuden kansainvälistä kustannuskilpailukykyä ja mahdollisuuksia arvonnluontiin soveltamalla bioteknisiä innovaatioita tuotantoprosesseissa. Yleisesti ottaen metsäteollisuus näyttää hyödyntäneen verrattain rajoitetusti bioteknisiä sovelluksia arvoketjun eri osissa, vaikka lupaavia sovellusmahdollisuuksia olisikin. Tämän keskustelualoitteen tarkoituksena on rakentaa perusta jatkotutkimukselle, jonka avulla voidaan analysoida ja suunnitella biotekniikka-alan sovellusten käyttöä metsäklusterissa siten, että koko klusteri voi saavuttaa kilpailuetua kansainvälisillä markkinoilla.

**Asiasanat:** arvoketju, biotekniikka, kilpailuetu, metsäteollisuus.

**HERMANS, Raine – ARVOLA, Anne – HAUHIO, Leena – LINDSTRÖM, Maarit – NIKINMAA, Hanna – TIKKA, Panu – HALTIA, Olli, THE VALUE CREATION OF BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS IN THE FINNISH FOREST CLUSTER.** Helsinki: ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, The Research Institute of the Finnish Economy, 2004, 28 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers, ISSN 0781-6847; No. 955).

**ABSTRACT:** This discussion paper presents the input-output structures, the cost competitiveness of the Finnish forest and biotechnology industries and some examples of the biotechnological applications within the value chain of the forest cluster. In general, the forest industry seems to have utilized biotechnological applications at a relatively small scale in its value chain even though promising applications are already available. This discussion paper aims at constructing a basis for further research, which analyzes and plans the exploitation biotechnology in the forest cluster. The analysis describes the mechanisms how the cluster can achieve competitive advantage on the global scale.

**Key words:** biotechnology, competitive advantage, forest industry, value chain.

# Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	1
1.1	Suomen metsäklusteri ja bioteollisuus	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rakenne	4
2.	METSÄKLUSTERIN JA BIOTEKNIikka-ALAN YHTEIS- TYÖLLÄ KILPAILUETUA	4
2.1	Panos-tuotos-rakenne	4
2.2	Kansainvälinen kustannuskilpailukyky	6
2.3	Yhteistyömuodot menestyvässä klusterissa	9
3.	METSÄKLUSTERIN ARVOKETJU JA BIOTEKNISET SOVELLUKSET	10
3.1	Metsänjalostus ja kasvatus	12
3.2	Puuteollisuus	16
3.3	Sellu- ja paperiteollisuus	18
3.4	Metsäklusterin tuottamat biologiset yhdisteet	21
4.	JOHTOPÄÄTÖKSET	22
5.	KIRJALLISUUTTA	23
	Liite: Projektiin liittyvä tutkimusmateriaali	25



# 1. Johdanto

## 1.1 Suomen metsäklusteri ja bioteollisuus

### *Pääomavaltaisuus ja teknologian soveltamisen haaste*

Metsäteollisuudessa merkittäviin uusinwestointeihin perustuva kasvu on ohitse ja vaarana on teknologisen tason taantuminen. Maailmanlaajuisesti metsäteollisuuden ongelmana on pääomavaltaisuuden korostuminen, mistä suomalaisetkin yritykset kärsivät. Tämä on haaste suomalaisille teknologiankehittäjille, joiden hallussa on merkittävät maailmanmarkkinaosuudet alan teknologian valmistuksesta. Metsäteollisuudessa tehtaiden lukumäärä todennäköisesti laskee merkittävästi ja jäljelle jääneiden tehtaiden koko kasvaa. Tässä rakennemuutoksessa on huolehdittava korkean teknisen tason säilymisestä.

Kaiken kaikkiaan teknologia kuuluu niihin tärkeimpiin tekijöihin, joita kestävän kilpailukyvyyn saavuttamiseksi tarvitaan. Massa- ja paperiteollisuudessa teknologia näyttäytyy useiden väylien kautta. Sellainen on uusi nopea paperinvalmistusteknologia, joka mahdollistaa suurimittaisen ja tehokkaan tuotantokapasiteetin, jota edesauttaa on-line-ulottuvuuden käyttö. Teknologia luo uusia mahdollisuuksia myös kontrollointiin ja havainnointiin paperinvalmistusprosessin eri vaiheissa.

Suurin haaste alalle ei ole kuitenkaan uuden teknologian saatavuus, vaan sen tehokas hyödyntäminen. Tämä on tärkeää erityisesti siksi, että juuri vahvasti pääomavaltaisella alalla on kaikki teknologia hyödynnettävä tehokkaasti. Paperiteollisuudelle on ollut tyypillistä se, että kone- ja laitevalmistajat ovat olleet prosessiteknologiaan liittyvien innovaatioiden pääasiallinen lähde. Kysymyksiä onkin esitetty siitä, kuinka kauan kone- ja laitevalmistajat investoivat uusiin prosessiteknologian innovaatioihin paperiteollisuusyritysten puolesta, kun näkyvissä on laskevat tuotot.

### *Erikoistuminen ja asiakaslähtöisyys*

Suomen paperiteollisuuden tuotteiden painottuminen yhä vahvemmin graafisiin paperilajeihin, on nostanut jalostusastetta aiemmasta, joskin jatkuvaa kehitystyötä lopputuotteiden arvonlisän kasvattamiseksi Suomessa tehdään (esim. älytuotteet). Kaiken kaikkiaan paperiteollisuuden tuotteiden laatu edustaa edelleen maailman huipputasoa. Myös suomalainen puuraaka-aine ja siitä tehdyt tuotteet ovat visuaalisesti ja käyttöominaisuuksiltaan erinomaisia ja soveltuvat vaativaan rakentamiseen sekä sisäverhouksien raaka-aineeksi. Mekaanisen teollisuuden on kuitenkin pyrittävä kehittämään aiempaa kilpailukykyisempiä ja korkeamman arvonlisän tuotteita, uusia liiketoimintakonsepteja ja jakeluteitä. Suomessa tulisi myös innovatiivisesti pohtia puun uusia käyttökohteita perinteisten sahatavaran ja paperimassan/-tuotteiden lisäksi. Kaiken kaikkiaan kyse on siitä, miten saadaan huomattavasti enemmän jalostusarvoa samasta raaka-ainemäärästä. Esimerkiksi pakkaaminen erilaisine tuotteineen ja lisäarvopalveluineen tulee kasvamaan voimakkaasti tulevaisuudessa.

Paperiteollisuuden painopiste on siirtynyt prosessiteollisuudelle tyypillisestä tuotannon määrä -ajattelusta kohti asiakasorientoituneisuutta. Huomio kiinnittyy yhä enemmän lopputuotteiden käyttäjien tarpeisiin. Kuluttajia kiinnostaa tuotteen tekotapaa useammin tuotteen toimivuus, ajantasaiset toimitukset ja laadun yhdenmukaisuus, muotoilu sekä

se, että tuote pysyy teknologisen kehityksen mukana. Tämä merkitsee sitä, että paperiteollisuuden on edelleen siirryttävä yhä vahvemmin kohti asiakasorientoituneisuutta. Kysyntälähtöisille toimialoille onkin ominaista tuotedifferointi ja erikoistuminen, kokonaan uusien tuotteiden kehittäminen, osaamispainotteisuus sekä ajattelu, jonka mukaan kilpailuetu on sillä, joka on sitouttanut asiakkaansa mahdollisimman hyvin.

### ***Metsäklusteri ja biotekniikkaklusteri Suomen kansantaloudessa***

Metsäteollisuus työllistää noin 70 000 ihmistä (taulukko 1.1). Välillisesti metsäteollisuus työllistää kuitenkin huomattavasti enemmän, koska suurin osa metsäteollisuuden tuotannossa tarvittavista raaka-aineista, välituotteista ja palveluista hankitaan kotimaasta. Forest Academy Finlandin arvioiden mukaan metsäklusteri työllistää Suomessa kaikkiaan noin 170 000 ihmistä. Näistä 70 000 työskentelee metsäteollisuudessa 24 000 metsätaloudessa ja konepajateollisuudessa 16 000. Liikenteessä ja maantiekuljetuksissa työskentelee arviolta 12 000 ihmistä. Erilaiset liike-elämää palvelevat toiminnot kuten ylläpito, konsultointi, koulutus sekä tutkimus- ja kehitystoiminta työllistävät 25 000 ihmistä. Loput 24 000 työntekijää työskentelevät kemianteollisuudessa huonekaluteollisuudessa ja painotaloissa. Tämän kokonaisuuden tuottama arvonlisäys on kaikkiaan n. 12,2 miljardia euroa.

**Taulukko 1.1 Metsä- ja biotekniikkaklusterin avainlukuja**

	Metsä- talous	Puusepän tuotteiden valmistus	Paperi- ja kartonki- tuotteiden valmistus	Kustanta- minen ja painaminen	Koko bio- teollisuus (ml. Suur- yritykset)	Pieni ja keskisuuri bio- teollisuus
Jalostusarvo (milj. euroa)	2700	1279	4499	1680	500	90
Työlliset (1000 h.)	24.8	28.6	37.6	32.2	14	2
Vienti (milj. euroa)		2393	9815	426	600	120
T&K menot		19.1	72.4	9.6	300	160

Lähteet: OECD STAN ja ANBERD tietokannat, Etlä

Edellä kuvatut luvut ovat kuitenkin arvioita, koska metsäklusteriin luettavat toimialat ja toiminnot ovat sopimuksenvaraisia ja liittyvät kulloiseenkin näkökulmaan ja metsäklusterin sisäisen rakenteen muutokseen. Lisäksi rajat ovat ajassa muuttuvia. Esimerkiksi ulkomaisen omistuksen kasvu ja yritysten kansainvälistyminen on merkinnyt sitä, että metsäklusteri on vähemmän Suomi-keskeinen kuin vielä 1990-luvun alussa. Lisäksi metsäklusteriin kuuluva elektroniikka-, kone- ja kemianteollisuus on siirtynyt suurelta osin ulkomaiseen omistukseen. Metsäklusterin suomalaisuus tarkoittaakin näin ollen yhä useammin klusterin tietopääoman kehittymistä Suomessa sijaitseissa yrityksissä, korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa, ei niinkään omistuksen suomalaisuutta.

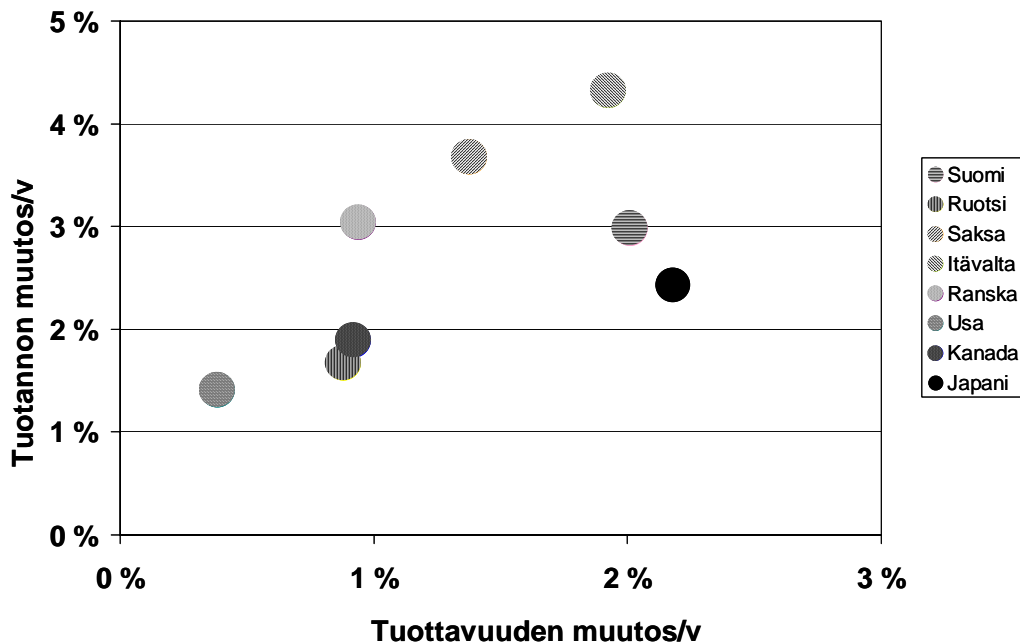
Suomen biotekniikka-ala on toistaiseksi varsin pieni. Vuonna 2001 koko biotekniikka-sektorin arvonlisäys oli reilut 500 miljoonaa euroa. Luvussa on mukana arvio suurten monialayritysten biotekniikkaan perustuvasta tuotannosta. Kokonaisuudessaan näissä yrityksissä työskentelee yhteensä noin 14 000 ihmistä. Pienten ja keskisuurten biotekniikkayritysten yhteenlaskettu arvonlisäys oli vajaat 100 miljoonaa euroa vuonna 2001. Pk-sektori työllistää noin 2000 henkeä.

Bioteollisuuden pk-yritysten tutkimus- ja tuotekehitysmenot ovat tuntuvasti (noin 40 %) suuremmat kuin niiden tuottama jalostusarvo. Tutkimuspanoksella on siis toistaiseksi saatu aikaan vain vähän tuotantoa. Suomen teollista taustaa vasten tarkasteltuna on erikoista, että terveydenhuoltoon liittyvien yritysten määrä on suurempi kuin maa- ja metsätalouden tai prosessiteollisuuden sovelluksia tuottavien yritysten määrä. Yksi selitys saattaa olla se, että muille kuin terveydenhuoltoalan bioteknisille sovelluksille saattaa olla vaikea saada kuluttajien hyväksyntää Euroopassa.

Suomen metsäteollisuus on viimeisen kymmenen vuoden aikana voimakkaasti kansainvälistynyt. Toisaalta Suomessa kasvu on rajoittunutta mm. puuraaka-aineen saannin vuoksi. Metsäklusterin kehitys voi tästä syystä olla tulevaisuudessa hyvin kaksijakoinen. Suomen toiminta voi taantua, vaikka kansainvälisesti menestytään. Pitkällä tähtäimellä Suomen rooli voi kuitenkin olla tärkeä myös kansainvälisissä toiminnoissa kuten sellaisessa tutkimus- ja kehitystoiminnassa, joka tähtää puuraaka-aineen tai niiden johdannaisen uudenlaiseen jalostamiseen ja lisäarvon synnyttämiseen.

Suomen metsäklusterin arvonlisäys tulee entistä enemmän perustumaan sisäisen tehokkuuden parantamiseen ja jalostusarvon nostoon. Tehokkuuden parantaminen ei tule olemaan helppoa etenkin jos edellytyksiä laajennusinvestointeihin ei ole. Tuotannon kasvu on parin viime vuosikymmenen aikana perustunut pääosin kokonaistuottavuuden lisääntymiseen. Kun tuotannon määrä on kasvanut keskimäärin kolme prosenttia vuodessa, kokonaistuottavuuden vaikutus tähän on ollut kaksi prosenttiyksikköä (Kuvio 1.1). Tulevaisuudessa tuotannon kasvuvара lienee noin 1-1.5 prosenttia mikä saattaa johtaa tuottavuuden vastaavaan laskuun. Pääosa kasvusta syntyy nykyisen konekannan pienillä parannuksilla, jolloin teknologiavaikutus jää vähäiseksi. *Tuottavuuden kasvun säilyttämisen edellytys on, että tuotannossa etsitään uusia teknologioita, jotka mah-*

**Kuvio 1.1 Tuotannon määrän ja kokonaistuottavuuden vuosittainen muutos Suomessa ja kilpailijamaissa 1980-2004**



*dollistavat suhteellisesti tehokkaamman tuotannon. Metsäteollisuuden perustuessa laajasti biologisten tieteiden soveltamiseen on luonnollista olettaa, että biotieteet ja biotekniikka on merkittävä tekijä kilpailukyyn kokonaisuudessa.*

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rakenne

*Tämän tutkimuksen tarkoituksena on rakentaa perusta, jonka avulla voidaan analysoida ja suunnitella biotekniikka-alan sovellusten käyttöä metsäklusterissa siten, että koko klusteri voi saavuttaa kilpailuetua kansainvälisillä markkinoilla. Johdannossa esitetään metsäklusterin ja bioteollisuuden nykyistä toimialarakennetta. Luvussa 2. kuvataan, miten eri osa-alueiden välinen yhteistyö vaikuttaa koko klusterin kilpailuetuun. Luvussa 3 kuvataan metsänjalostuksen arvoketjua ja esitellään tapaustutkimuksia liiketoiminnasta arvoketjun eri osissa. Samalla keskustellaan biotekniikan roolista osana metsänjalostuksen arvoketjua ja metsäklusterin kansainvälistä kilpailuetua. Luku 4 esittelee klusteritarkastelun perusteella vaihtoehtoja metsäklusterin yritysstrategioihin ja innovaatiopoliittikkaan. Samalla tuodaan esille jatkotutkimusaiheet, jotka perustuvat tämän tutkimuksen tuottamiin viitekehyksiin.*

Bioteknologialla eli biotekniikalla tarkoitetaan eliöiden elintoimintojen, solujen, solujen osien tai solussa esiintyvien molekyylien toimintojen hyödyntämiseen perustuvaa tekniikkaa (www.bioteknologiainfo.fi 1.11.2004). Hankkeessa teknologisia sovelluksia katsotaan biotieteiden (life science) näkökulmasta, jolloin tarkastellaan myös muita tekniikoita (esim. sähkömagneettisia), joilla säädellään metsäsektoriin liittyviä biologisia prosesseja. Biologisen prosessin syvälinen ymmärtäminen on välttämätöntä kohdennetun menetelmän kehittämiseksi. Päähuomio on tuotantoon, tuotekehitykseen ja analyttikkaan liittyvissä menetelmissä.

## 2. Metsäklusterin ja biotekniikka-alan yhteistyöllä kilpailuetua

Biotekniikan taloudellisten kasvuvaikutusten odotetaan voimistuvan tulevaisuudessa. Suomalaisessa bioteollisuudessa hyvin harvat bioteknistä tutkimusta harjoittavat yritykset soveltavat osaamistaan metsäalalla (ks. esim. Hermans 2004, Hermans, Kulvik ja Ylä-Anttila 2004). Metsäteollisuus käyttää tuotantoprosesseissaan bioteknisesti entsyymejä: Kuitenkin suomalaisten entsyymintuottajien liikevaihdon kasvun odotetaan jäävän muita sovellusalueita hitaammaksi lähivuosina. Tämä on yllättävää, kun ajatellaan Suomen teollista rakennetta: metsäteollisuutta pidetään Suomen yhtenä teollisena tukijalokana (Hermans ja Kulvik 2004; Laestadius 2000). Tämän perusteella näyttää siltä, että metsäteollisuus on kyennyt hyödyntämään tähän mennessä vasta hyvin rajattua osaa biotekniikan arvonluontimahdollisuuksista. Seuraavassa tarkastellaan metsäklusterin ja biotekniikka-alan rakenteita ja toimialojen välisiä kytköksiä panos–tuotos-mallien avulla.

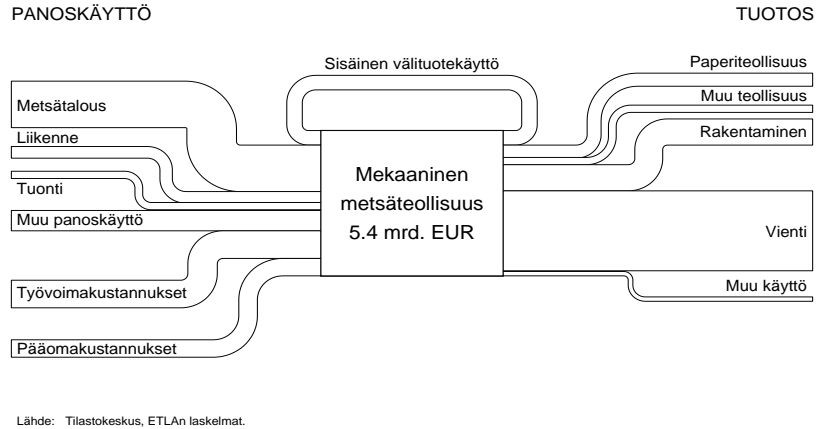
### 2.1 Panos-tuotos -rakenne

Metsäklusteri rakentuu määritelmällisesti puun ja sen jalostamisen ympärille. Metsäteollisuuden perustuotteiden valmistamisen ympärille on vuosikymmenten saatossa muo-



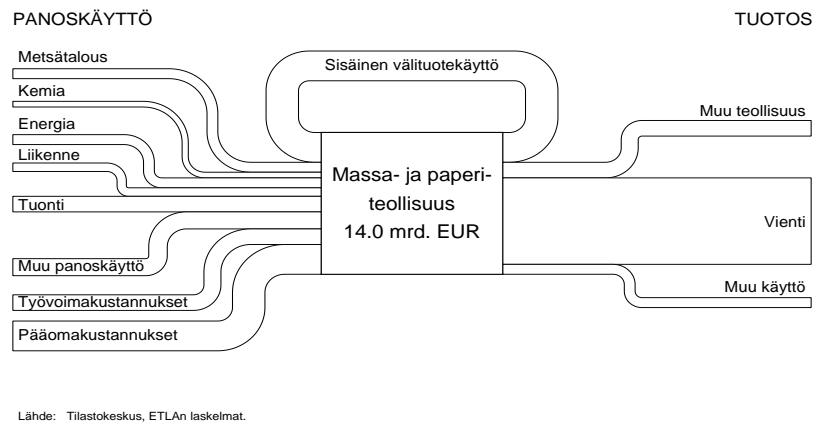
dostunut myös joukko tärkeitä metsätuotteiden jatkojalostamiseen liittyviä erityistointoja. Näitä ovat metsäteollisuudelle koneita ja laitteita rakentavat konepajat, kemianteollisuus, erityispanosten valmistajat, palvelun tarjoajat sekä muut päätuotteiden tuotantoa tukevat lähialat.

**Kuvio 2.1 Mekaanisen puunjalostusteollisuuden hyödykevirrat 2002**



Mekaanisen puunjalostusteollisuuden panoksista metsätalouden tarjoama raakapuu on tärkein. Koneet ja laitteet sekä muut panokset ovat selvästi merkityksettömpiä (kuviokuva 2.1). Massa- ja paperiteollisuuden tärkeimmät tuotantopanokset ovat puolestaan työvoima sekä koneisiin ja laitteisiin sitoutunut pääoma. Näin muiden kuin raakapuun suuri osuus luo perustaa muille lisäarvoa tuottaville klusterikytkennöille (kuviokuva 2.2).

**Kuvio 2.2 Massa- ja paperiteollisuuden hyödykevirrat vuonna 2002**

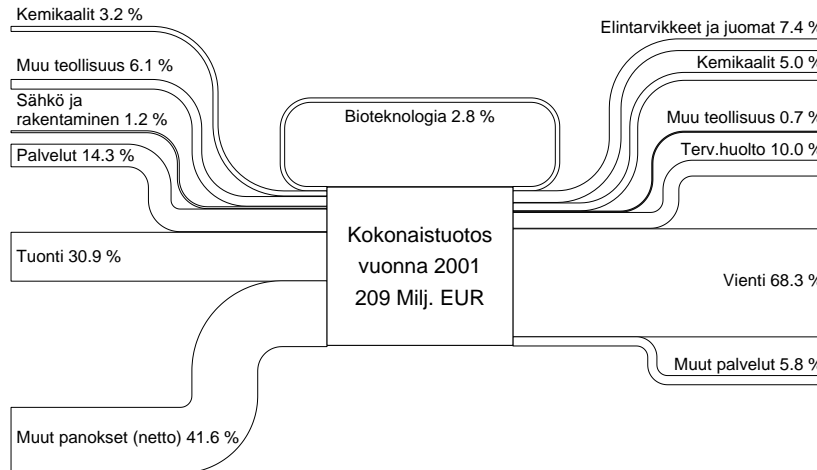


Pienten ja keskisuurten biotekniikkayritysten kokonaistuotoksesta viedään lähes 70 prosenttia ulkomaille. Panoskäytöstä yli 40 prosenttia tuodaan ulkomailta. Suurin kotimai-

nen alihankkija on palveluala. Kemikaaliteollisuus on suurin yksittäinen alihankkijana toimiva teollisuudenala. Suurin kotimainen asiakastoimiala on terveydenhuoltopalvelut. Muun teollisuuden osuus jää verraten vähäiseksi. (Kuvio 2.3.)

**Kuvio 2.3 Bioteollisuuden hyödykevirrat vuonna 2001**

Pieni ja keskisuuri bioteollisuus



Lähde: ETLA

Metsäteollisuuden erikoistuminen uudistaa klusterin sisäistä työnjakoa ja kasvattaa keskinäisriippuvuutta. Se voi myös siirtää klusterin painopistettä sen ytimeistä laidolle. Metsäteollisuuden globalisoituminen asettaa lisäksi kovia haasteita sellaisten erityispanosten, kuten tietotekniikkapalveluiden ja tulevaisuudessa biotekniikkaan liittyvien tutkimuspalvelujen tarjoajille, joiden on kasvettava ja kansainvälistyttävä onnistuneesti klusterin ytimen muodostavien asiakkaidensa perässä.

Suomen metsäklusterin kasvu ja erityisesti työllistävä kasvu on mahdollista klusterin rajapinnoilla. Koneet ja laitteet vaativat huoltoa, kunnossapitoa ja asiantuntevaa opeointia. Erityisesti kehitystyötä ja yritystoimintaa olisi synnyttävä tietointensiivisissä palveluissa käyttäen hyväksi kotimaista tietopohjaa ja kansainvälistyneitä metsäklusterin yrityksiä, jotka ovat samalla potentiaalisimmat referenssiasiakkaat. Myös kemikaaliteollisuuden merkitys saattaa jatkossa korostua esimerkiksi siitä syystä, että kemikaalien käyttöä pyritään vähentämään, niiden jäämiä vähennetään puhdistus- ja hajotusprosesseissa tai ne korvataan kokonaan uusilla sovelluksilla. Tämä korostaa kemikaaliteollisuudessa sellaisen kasvustrategian kehittämistä, joka perustuu aiempaa enemmän teollisen biotekniikan soveltamiseen alalla.

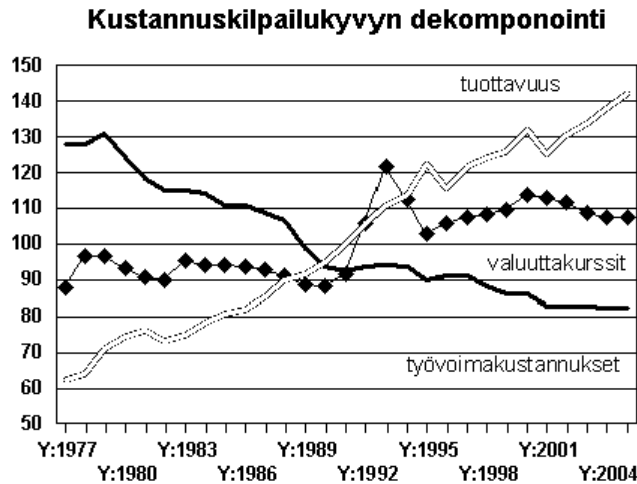
## 2.2 Kansainvälinen kustannuskilpailukyky

Seuraavassa tarkastellaan paperi- ja puuteollisuuden kustannuskilpailukykyä EMU-maiden kilpailijoihin verrattuna. Kustannuskilpailukyky jaetaan työn tuottavuuden, työvoimakustannusten ja valuuttakurssien vaikutuksiin. Mitä suurempia arvoja kukin indikaattori saa, sen positiivisempi vaikutus sillä on kyseisen teollisuudenalan kilpailukykyyn kilpailijamaihinkin verrattuna.

Kustannuskilpailukyky saadaan laskemalla yksikkötyökustannukset Suomessa. Yksikkötyökustannukset jaetaan työvoimakustannuksiin ja työn tuottavuuteen.<sup>1</sup> Kilpailijamaiden yksikkötyökustannukset voidaan esittää samalla tavalla. Teollisuustoimialojen kustannuskilpailukykyä verrataan tärkeimpiin kilpailijamaihin. Vertailu tulee mahdolliseksi, kun otetaan huomioon kotimaisen rahayksikön ulkoisen arvon vaihtelut.<sup>2</sup>

Suomen paperiteollisuuden työn tuottavuus kohosi nopeasti ja yksikkökustannukset alenivat viime vuosikymmenen jälkipuoliskolla, kun tuotannon määrä kasvoi mutta työvoiman tarve pysyi ennallaan tai väheni korkean investointitason myötä (kuvio 3.4). Kuluvalla vuosikymmenellä paperiteollisuuden työn tuottavuus kasvoi lukuun ottamatta vuosikymmenen alkua, jolloin kansainvälinen kysyntä väheni, mutta työpanoksen määrä ei supistunut vastaavasti. Tämä merkitsi yksikkökustannusten nousua ja kilpailukyvyyn heikkenemistä. Työvoimakustannusten nousu on osaltaan heikentänyt kustannuskilpailukykyä kilpailijamaihin verrattuna. Alalla on ryhdytty moniin tehdas- ja yritystason säästö- ja tuottavuusohjelmiin, joihin kuuluvat esim. työ- ja käyntiaikoihin sekä palkkaukseen liittyvät kysymykset.

**Kuvio 2.4 Paperiteollisuuden kansainvälinen kustannuskilpailukyky (Mankinen 2004)**



Lähde: Tilastokeskus, OECD, ETLA

<sup>1</sup> Alla oleva yhtälö selventää kustannuskilpailukyvyyn työvoimakustannusten ja tuottavuuden erottelutapaa tilastollisissa analyysissä.

$$\frac{W}{Q} = \frac{W}{H} \cdot \frac{H}{Q}, \text{ eli Yksikkötyökustannukset} = \text{Työvoimakustannukset} \cdot \text{Työn tuottavuus},$$

jossa  $W$  vastaa työvoimakustannuksia,  $Q$  kuvaa tuotannon määrää ja  $H$  tehtyjä työtunteja. Yhtälön mukaisesti yksikkötyökustannukset ( $W / Q$ ) voidaan jakaa keskimääräisiin työvoimakustannuksiin työtuntia kohden laskettuna ( $W / H$ ) ja työn tuottavuuteen ( $H / Q$ ). Nämä tunnusluvut lasketaan kaikista vertailussa mukana olevista maista.

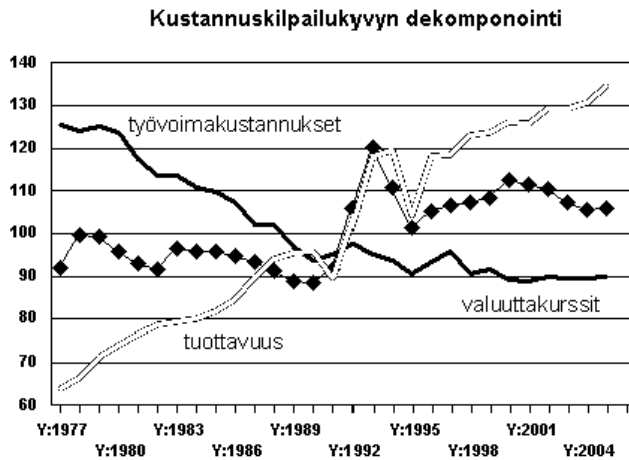
<sup>2</sup> Suomen kustannuskilpailukykyä verrataan kansainvälisen kaupan osuiksista muodostetun painojärjestelmän mukaan kilpailijamaiden kustannuskilpailukykyyn saman valuutan määräisinä. Tämä voidaan esittää seuraavassa muodossa:

$$\text{Suomen kustannuskilpailukyky} = \frac{\text{Yksikkötyökustannukset Suomessa}}{\text{Yksikkötyökustannukset kilpailijamaissa}} \cdot \text{valuuttakurssi} \cdot \text{Yksikkö-}$$

työkustannukset jaetaan tarkastelussa vielä komponentteihin (keskimääräiset työvoimakustannukset ja työn tuottavuus) edellisessä alaviitteessä esitetyn kaavan mukaisesti.

1990-luvun alun suurten devalvaatioiden jälkeen vientiä suosivat valuuttakurssit edistivät kustannuskilpailukykyä teollisuudessa. Myös paperi- ja puuteollisuuden kustannuskilpailukykyyn viennistä saatavien valuuttatulojen kasvu edisti kustannuskilpailukykyä. Vaikka 90-luvun alun voimakkain muutos hieman tasaantui myöhemmin, niin valuuttakurssit ovat parantaneet teollisuuden kustannuskilpailukykyä aiempaan verrattuna

**Kuvio 2.5 Puuteollisuuden kansainvälinen kustannuskilpailukyky (Mankinen 2004)**



Lähde: Tilastokeskus, OECD, ETLA

Paperiteollisuuden ohella myös puuteollisuuden kapasiteetti on modernia ja yksikköko-ko on keskimääräistä suurempi. Investointien seurauksena Suomessa työn tuottavuus on kohonnut alalla kilpailijoita nopeammin, vuosina 1995-2002 keskimäärin kahdeksan prosenttia vuodessa. Puuteollisuuden tuloksentekeykyä on hankaloittanut kuitenkin raaka-aineen kilpailijoita korkeampi hinta. Puuteollisuuden työvoimakustannukset ja vientimaiden valuuttakurssit ovat pysyneet suhteellisen vakaina kuluvalle vuosikymmenellä, mikä osaltaan on vakiinnuttanut Suomen puuteollisuuden kustannuskilpailukykyä.

Metsäteollisuuden kansainväliseen hinta- ja kustannuskilpailukykyyn vaikuttavat keskeisesti tuontipanosten hinnat ja niiden käytön tehokkuus sekä valuuttakurssit.<sup>3</sup> Paperiteollisuuden kannattavuutta ovat heikentäneet matalien vientihintojen ohella markkinasysteistä pidetyt seisokit sekä keskeisten panostekijöiden korkeat hinnat Suomessa. Vuosina 1995-2003 Suomen paperiteollisuuden kustannuskilpailukyky heikkeni runsaat 10 prosenttia. Metsäteollisuuden työpanos vähenee Etlan arvioiden mukaan jaksolla 2004-2008. Tähän vaikuttaa toimintojen tehostaminen ja kilpailijamaita nopeampi työpanoksen hintojen nousu. Tulevaisuudessa EU:n päästökauppa voi myös nostaa energian hintaa.

Suomen metsäteollisuuden ja koko metsäklusterin kansainvälistyminen vaatii edelleen koulutusta ja tutkimusta. Johto- ja asiantuntijatehtävissä suomalaisten rooli on merkittävä, koska Suomen osuus alan koulutuksesta ja tutkimus- ja kehitystyöstä on maan koko

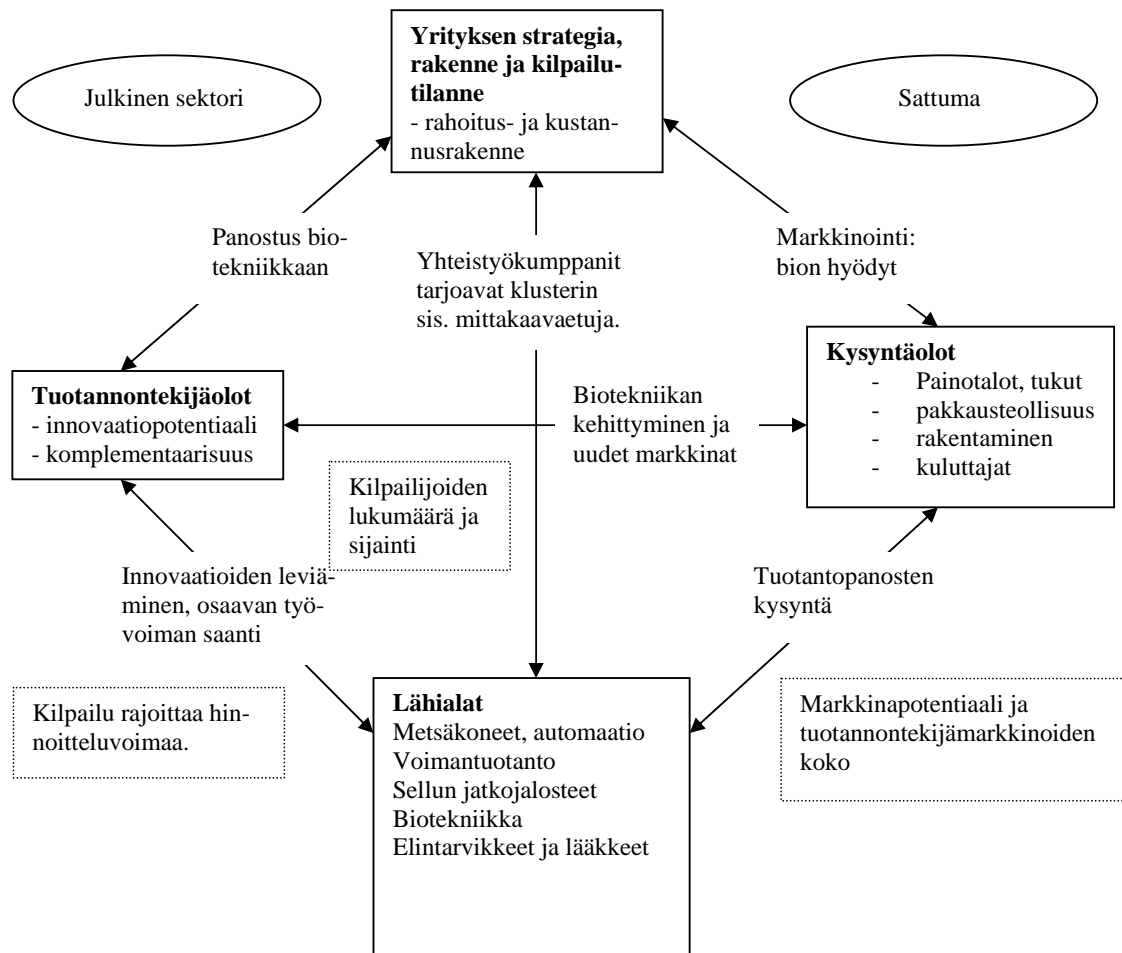
<sup>3</sup> Markan devalvointi on ollut Suomen taloushistoriassa usein käytetty keino teollisuuden vientikilpailukykyyn auttamiseksi. 1990-luvulla tämä mahdollisuus poistui. Raha- ja valuuttakurssipolitiikan päätösvalta siirtyi vuonna 1999 Euroopan Keskuspankille. Yhteisvaluutta euron käyttöönoton myötä mahdollisuus valuuttakurssin käyttöön yksittäisen maan talousongelmien ratkaisemisessa siten poistui.

huomioon ottaen johtava. Pitkällä tähtäimellä suomalaisen metsäklusterin menestys onkin todennäköisesti riippuvainen juuri osaamis- ja pääomasta.

### 2.3 Yhteistyömuodot menestyvässä klusterissa

Porter (1990 ja 1994) esittää toimialojen klusteroitumiseen perustuvassa kilpailuetumallissaan kotimaisen klusterin merkityksen kansallisen kilpailuedun syntymisessä yksittäisen teollisuudenalan ympärille (kuvio 3.6). Mallia voidaan tarkastella myös irrallaan kansallisesta ulottuvuudesta taloudellisen integraation mahdollistavana lähialuemallina. Mallissa yritysten keskinäinen kilpailu johtaa jatkuvaan innovointiin ja tulevaisuudessa hyödynnettävän oman kehitystoiminnan rahoittamiseen. Menestyvän klusterin kysyntäoloja luonnehtivat vaativat asiakkaat, joiden tarpeita kilpailevat yritykset huomioivat tuotekehityksessään. Jotta tuotekehitys olisi ylipäänsä mahdollista, tulisi alueen tuotannontekijäolojen kyetä tarjoamaan riittävä osaamis- ja koulutusperusta uusien innovaatioiden mahdollistamiseksi. Samalla lähi- ja tukialojen yhteistyö- ja alihankintakumppaneilta vaaditaan uusien teknologioiden hyödyntämistä tukevia tuotteita ja palveluja.

**Kuvio 2.6 Suomen metsäteollisuuden ja bioteknisten sovellusten tuoman kilpailuedun ”timantti”**



Porterin timantin mukaan uusien teknologisten ratkaisujen kehittämisellä pyritään tuotamaan lisäarvoa metsäteollisuuden asiakkaille, mikä puolestaan voimistaa koko metsäklusterin kilpailuasemaa kansainvälisillä markkinoilla.

Menestymisen keskeinen edellytys on se, löydetäänkö biotekniikka-alalta sellaisia sovelluksia, jotka suorasti tai epäsuorasti tuottavat metsäklusterin tuotteiden loppukäyttäjille lisäarvoa. Porterin geenerisen yritysstrategian mukaan tämä voi tapahtua periaatteessa kahdella tavalla tai näiden yhdistelminä. 1. Mikäli bioteknisillä sovelluksilla pyritään lisäämään metsäteollisuuden tuotantoprosessien tuottavuutta, tällä voidaan lisätä yritysten kustannuskilpailukykyä. Periaatteessa tuottavuus voi kasvaa raaka-aineiden panoskäytön vähenemisenä, tuotantoprosessin nopeutumisenä tai tuotannon joustavuuden lisääntymisenä. 2. Mikäli lopputuotteiden ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa suoraan bioteknisten sovellusten kautta, yritysten hinnanasetantavoima lisääntyy tuotteiden erilaistamisen kautta. Uusien sovellusalojen ja ympäristötekijöiden huomioiminen lopputuotteen ominaisuuksissa ja imagossa saattaa osaltaan myös synnyttää kokonaan uusia markkinoita. Uudet markkinat saattavat osin korvata vanhoja tuotteita mutta mikäli niiden jalostusaste on aiempaa korkeampi ne voimistavat alan kasvua.

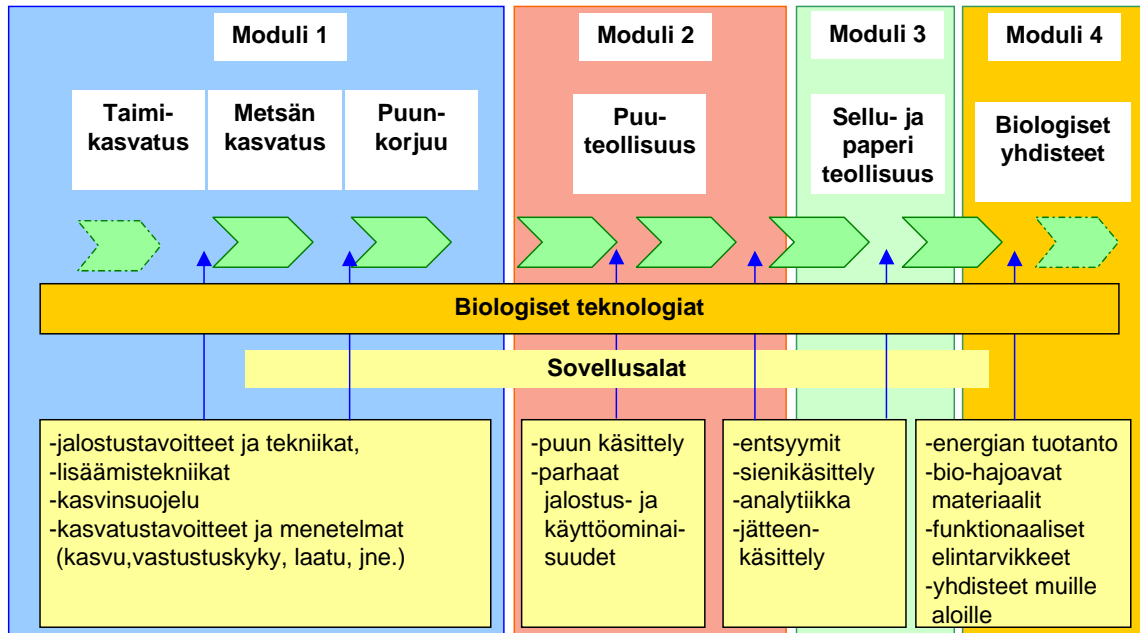
Julkisen sektorin kannalta bioteknisten sovellusten kehittäminen Suomessa saattaa tukea työpaikkojen säilymistä Suomessa keskipitkällä aikavälillä, mutta pitkällä aikavälillä teknologioiden käytön tullessa rutiininomaiseksi riskinä on edelleen suorittavan työn siirtyminen halpatuotantomaihin.

### **3. Metsäklusterin arvoketju ja biotekniset sovellukset**

Metsäklusterin arvoketju kattaa puukuidun jalostamisen ja tuotannon taimesta puu- ja paperiteollisuuden lopputuotteeksi. Lisäksi arvoketjuun kuuluvat puusta ja eri välituotteista saatavat biologiset yhdisteet, joita voidaan edelleen jalostaa mitä moninaisimpiin käyttötarkoituksiin (Kuvio 3.1). Suomen metsäklusterin menestys edellyttää yhä parempaa kykyä osallistua ja mukautua kansainvälisessä toimintakentässä tapahtuviin muutoksiin. Kehityksen avainkysymyksiksi valtioneuvosto (2003) on osoittanut osaamisen vahvistamisen ja innovaatioiden hyödyntämisen. Pitkäjänteiseen osaamiseen perustuviin teknologioiden ja teollisuuden kehittäminen julkisen koulutus- ja kehittämisrahoituksen myötävaikutuksella on edellytys riittävään innovatiivisuuteen ja muuntautumiskykyyn kansainvälisessä kilpailussa. Metsäklusterin toimialoilla globaali tuotanto ja kuluusrakenne muuttuvat: kuidun tuotannon painopiste siirtyy pohjoisista metsistä etelän istutusmetsiin ja teknologinen kehitys ohjaa teollisuuden raaka-aineen käyttöä. Tuotannon perinteisen tehostamisen sijasta yritysten on otettava käyttöön omintakeisia uusia teknologioita, jotka tarjoavat todellisen kilpailuedun (Kettunen 2004).

Biotekniikalla pyritään säätelemään solujen tai sen osien toimintaa ja tuottamaan haluttuja biologisia yhdisteitä tai reaktioita kontrolloidusti ja tehokkaasti. Bioteknisissä prosesseissa säädellään ja muunnetaan uusiutuvien solujen metaboliaa. Edistykset geenitekniologiassa ovat mahdollistaneet biotekniikan kehittämisen ja tuotteistamisen eri toimialoilla viime vuosina. Yhä enenevässä määrin biologisten prosessien ja niistä saatujen metaboliatuotteiden avulla voidaan tehostaa ja kehittää teollisia prosesseja myös metsäklusterin eri toimialoilla (Kuvio 3.1).

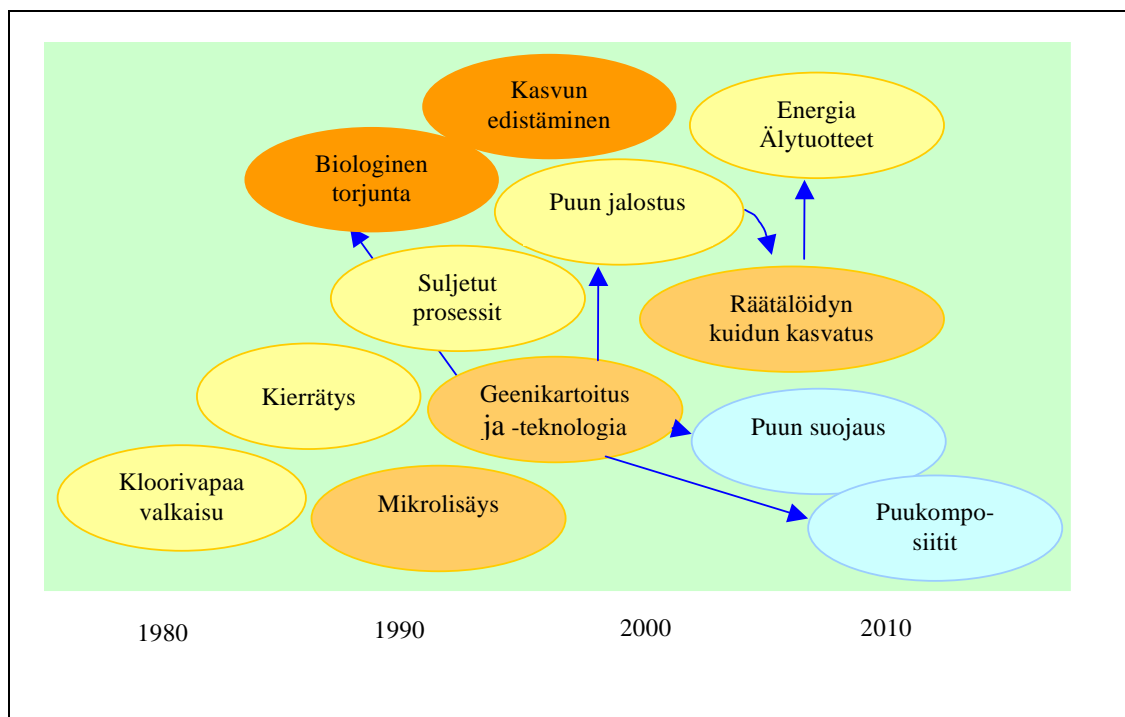
**Kuvio 3.1 Biotekniikka metsäklusterissa**



Lähde: Savcor Indufor

Bioteknologisia sovelluksia on kehitetty metsäklusterin arvoketjun eri toimialoille (Kuvio 3.2). Laajimmin tutkimusta ja käytännön sovelluksia on metsänjalostuksessa sekä sellu- ja paperiteollisuudessa. Metsänkasvatuksessa ja mekaanisessa metsäteollisuudessa tutkimus on ollut vähäisempää. Suomen Akatemian teettämässä Bioteknologia

**Kuvio 3.2 Bioteknologisten sovellusten kehitys metsäklusterissa**



Lähde: Perustuu ICBPPI 9/VTT 2004

2002 arvioinnissa todettiin, että biotekniikkasektorin nostaminen tutkimuksen prioriteetialaksi 1980-luvun puolivälissä johti Biokeskusverkoston perustamiseen yliopistojen ja tutkimuslaitosten yhteyteen. Arviointipaneeli totesi kuitenkin, että mm. maa- ja metsätaloutta sekä ympäristösektoria edustavat ministeriöt eivät ole tunnistaneeet bioteknologian mahdollisuuksia omalla sektorillaan samassa määrin kuin esim. kauppaja- ja teollisuusministeriö sekä sosiaali- ja terveysministeriö. Nykyään maa- ja metsätalousministeriö osallistuu toimialaansa liittyvien biotieteellisten hankkeiden rahoittamiseen mm. Neobio- ja Wood Material Science ohjelmissa. Metsäntutkimuslaitoksen tekemä biotieteellinen tutkimus on myös ministeriön tukemaa.

Biotekniset innovaatiot saattavat tulevaisuudessa mullistaa tuotanto- ja analysointiprosesseja, tiedonhallintaa ja jokapäiväistä elämää yhtä voimakkaasti kuin tietotekniikan eri sovellukset. Biotekniikka tarjoaa menetelmiä, jotka ovat periaatteessa sovellettavissa lähes kaikilla toimialoilla, mikäli niiden kehittämismahdollisuudet ymmärretään kunkin toimialan sisällä.

### 3.1 Metsänjalostus ja kasvatuus

Biotekniikalla on suuri merkitys metsänjalostuksessa tänä päivänä. Uudet menetelmät ovat avanneet uusia mahdollisuuksia tutkia puiden perimää ja nopeuttaa hidasta jalostusprosessia. Suomalainen osaaminen on alalla kansainvälisesti korkeaa tasoa, mutta tulevaisuuden haasteet sektorin kansainvälisessä kilpailussa vaativat tarkkaa harkintaa tutkimuksen ja kehityksen painopisteen määrittämisessä.

**Taulukko 3.1 Biotekniikka metsänjalostuksessa ja kasvatuksessa**

Sovellusalat	Tilanne 2004	Kehitystarve
Metsänjalostus	Jalostuksen reagoitava nopeasti muutoksiin ympäristössä ja raaka-ainetarpeissa (ilmas-tomuutos, tuholaiskestävyys, saasteiden sie-tokyky, jalostusmenetelmät). Mahdollisuuksia spesifien kuitujen ja yhdisteiden tuottami-seen puussa (ligniinipitoisuus, suoja-aineet, yms) <b>→ Tarve tehokkaisiin jalostusmenetelmiin ja aikaiseen jälkeläisvalintaan.</b>	Jalostuksen tehostaminen edellyttää hyvää genomintuntemusta ja geenitekniikan hallintaa. Biomikrosirutekniikat ym. mahdollistavat ominaisuuksien, patogeenien ym. tunnistamisen tehokkaasti ja edullisesti.  Menetelmien kehittäminen kaupallisiksi sovelluksiksi tarpeen  Jalostuksessa ja kasvatuksessa tulisi keskittyä vastaamaan trooppisten puuviljelmien haasteeseen raaka-ainetuotannossa. Koivun ja haavan jalostuksella voitaisiin kuroa kiinni trooppisten nopeakasvuisten puulajien kilpailuetua.



## **Tekniikat ja saavutetut tulokset**

Metsäklusterin arvoketjun alkupään biotekniset sovellukset painottuvat metsänjalostukseen ja taimituotantoon. Tällä hetkellä metsäpuiden biotekniikkaan kuuluvat solukkoviljely, materiaalin säilytys syväjäädätyksen (kryopreservatio) avulla, geenitekniikan menetelmät ja molekyyli-markkereiden käyttö. Molekyyli-markkerit ovat biokemiallisia merkkejä, jotka voivat kytkeytyä tiettyyn perintöaineksen ominaisuuteen. Aktiivisia tutkimus ja sovellusaiheita ovat mm. pistokasmonistuksen tehostaminen kasvihormonikäsittelyin tai agrobakteerien avulla. Biotekninen sovellus on myös sienijuurisienten (mykorritsat) käyttö apuna kasvullisen lisäysmateriaalin ja taimien juurrutuksessa (Aronen 2002, Yanchuk 2002).

Geenitekniikka on oma spesifi bioteknologian haaransa. Geenitekniikalla pyritään tutkimaan ja muokkaamaan puulajien perimää jalostuksen tehostamiseksi ja haluttujen perinnöllisten ominaisuuksien luomiseksi. Nykyiset käytössä olevat geeninsiirtomenetelmät perustuvat taimien tuottamiseen solukkoviljelyn kautta, mikä ei onnistu aikuisilla havupuilla. Tämä rajoittaa havupuilla tehtäviä geeninsiirtoja. Geeninsiirto kuuselle (*Picea abies*) on jo onnistunut laboratorio-oloissa ja kuusesta on olemassa useita satoja siirtogeenisiä klooneja. Männylle ei ole olemassa varmasti toimivaa geeninsiirtotekniikkaa ja tähän mennessä onkin tuotettu vain siirtogeenisiä solukoita, ei vielä taimia. Rauduskoivulle geeninsiirto onnistuu rutiininomaisesti. Geeninsiirto haapaan ja hybridihaapaan onnistuu rutiininomaisesti liki kaikilla solukkoviljeltävillä klooneilla. Geeninsiirtoilla ei voida vielä korvata kasvin omassa perimässä olevia geenejä, mutta kasviin voidaan tuoda uusia geenejä samasta tai toisesta lajista. Siirrettäviä geenejä voidaan lisäksi muokata ennen siirtoa (Aronen 2002).

## **Tutkimus ja tuotantopotentiaali**

Biotekniikan saavutuksia ei ole vielä voitu soveltaa laajemmassa mittakaavassa ja suuri osa tutkimuksesta on perustutkimusta tai palvelee jatkotutkimustarkoituksia. Seuraavassa lyhyesti tämän hetkisiä tutkimusaiheita, niiden hyötyjä ja potentiaalisia käytännön sovelluksia.

Kukkimisen aikaistaminen ja kukkimisen estäminen palvelee toistaiseksi tutkimuksen ja jalostuksen tarkoituksia. Aikaistamalla kukintaa voidaan nopeuttaa jalostustyötä ja toisaalta estämällä kukintaa voidaan estää siirtogeenien leviäminen kenttäkoealueilta ja mahdollisesti myöhemmin metsäviljelmiltä. Kukinnan estäminen parantaa lisäksi puiden kasvua kun normaalioloissa kukkimiseen kuluva energia ohjautuu puun kasvuun.

Pistokkaiden juurtumisen parantaminen bakteeriympäyksellä hyödyttää toistaiseksi vain tutkimustarkoituksia. Käytännön sovelluksiin menetelmä siirtynee jos taimiainesta aletaan tuottaa kasvullisesti laajemmassa mittakaavassa. Tällä hetkellä kokeista suurin osa on *in vitro* tutkimuksia tai suoritettu kasvihuoneoloissa. Toistaiseksi menetelmä on käytäntöön liian kallis, eikä sille ole suurta tarvettakaan. Intensiivisessä istutusmetsätaloudessa, johon myös suomalaiset yritykset ovat investoineet, pistokaslisäys on käytännön työväline jonka tehokkuuteen ja jalostushyötyyn kannattaa panostaa.

Pohjoisissa oloissa puuston pitkä kiertoaika ja alhainen vuotuinen kasvu uhkaavat metsäsektorin kansainvälisiä kilpailumahdollisuuksia. Satoisuuden ja tuotetun puuaineen määrän lisääminen ja kiertoajan lyhentäminen ovat tutkimuksen alla. Puiden kestä-

vyysominaisuuksia, juuriston kokoa ja ravinteidenottotehokkuutta, sekä selluloosan saantoa parantamalla saavutettaisiin merkittäviä etuja. Toistaiseksi tutkimuksissa on selvitetty mm. puiden orgaanisen tyypen sidontakykyä, kasvihormonisäätelyn muuttamista ja kasvuajan pidentämistä.

Metsäteollisuuden prosessien kannalta mielenkiintoiset tutkimusaiheet koskevat puuraaka-aineen laadun parantamista; ligniinin määrää ja sen koostumusta sekä lahonkestävyyttä (esim. sydänpuun määrä). Mekaanisen metsäteollisuuden kannalta tärkeitä rungon muotoa ja latvuksen rakennetta ei vielä pystytä säätämään geeniteknologian avulla (Aronen 2002). Jalostuskierron nopeuttaminen tavoiteltaviin ominaisuuksien identifiointiin liittyvien geneettisten testien avulla mahdollistaa taimen geneettisen laadun ja tulevien ominaisuuksien arvioinnin jo varhaisessa kehitysvaiheessa (Palva 2004).

Metsänkasvatuksen tarpeita palvelevat tutkimukset, jotka tähtäävät puiden kestävyysominaisuuksien parantamiseen. Tällaisia kestävyysominaisuuksia ovat mm. herbisidikestävyys, jolloin kilpailevan kasvillisuuden kemiallinen kontrollointi taimitarhoilla ja metsäviljelmillä perustamisvaiheessa helpottuu. Metsänkasvatusta helpottavat myös puiden parempi kestävyys hyönteisiä, sieni- ja virustauteja, kylmyyttä, kuivuutta, suolaisuutta, raskasmetalleja ja ilmansaasteita vastaan.

Puilla, erityisesti nopeakasvuilla ja helposti lisättävillä lajeilla, on potentiaalia myös ympäristön suojelussa. Puiden suurta veden käsittelykapasiteettia voidaan hyödyntää saastuneiden maa-alueiden puhdistamisessa. Siirtogeenien avulla puiden raskasmetallien sieto- ja käsittelykykyä voitaisiin lisäksi parantaa.

Tällä hetkellä esimerkkinä uusista puupohjaisista tuotteista on havupuista saatava kasvisetanoli, jota käytetään funktionaalisissa elintarvikkeissa kolesterolin alentamiseen. Geenitekniikan avulla voitaisiin puut saada tuottamaan esim. lääkkeitä tai syötäviä rokotteita. Metsässä on potentiaalia myös biohajoavien muovien raaka-aineen tuottamiseen tai esim. etanolipohjaisten polttoaineiden raaka-ainelähteeksi.

### **Tulevaisuuden näkymiä metsänjalostuksessa**

Metsäntutkimuslaitoksen Forest Tree Breeding 2050 ohjelma ja sen evaluointi linjaavat metsänjalostuksen tulevaisuutta seuraavasti: (Metsänjalostuksen neuvottelukunta 2003)

- Jalostuksessa tulee ennakoida metsätalouden muutoksia
- Metsänjalostusta tulisi jatkaa alkuperäisiä suunnitelmia pienemmällä aineistolla geenivarojen monimuotoisuuden ylläpitämisen sijaan. Jalostusta tulee harjoittaa pienemmällä aineistolla ja jalostuksen painopistettä tulee siirtää Etelä-Suomeen. Samoin painopistettä tulee siirtää männystä kuuseen. Jalostuksessa tulee pyrkiä taloudelliseen tehokkuuteen ja nopeampiin hyötyihin. Jalostuksen mahdollisuudet vastata muuttuviin tarpeisiin on pidettävä avoimina.
- Jalostuksen selkeinä tehtävinä nähdään männyn ja koivun ulkoisen laadun parantaminen, kaikkien taloudellisesti merkittävien puulajiemme kasvunopeuden ja viljelyvarmuuden sekä erityisesti kuusen hallankestävyyden parantaminen. Lisäksi voidaan parantaa yksittäisten puulajien tautien kestävyyttä (mänty, kuusi) ja puuaineen sisäistä laatua (erityisesti kuusen kuituominaisuudet)

Bioteknologian soveltaminen käytäntöön on jalostustyössä tällä hetkellä erittäin vaikeaa ellei mahdotonta sillä sovellusten kehittämistä ja tutkimustyötä rajoittavat kenttäkokeita koskevat erittäin tiukat määräykset.

Bioteknologian keinoin tehtävä jalostustyö on erittäin kallista ja uusista menetelmistä huolimatta edelleen suhteellisen hidasta taloudellisesta näkökulmasta katsottuna. Jalostuksella saavutettavat taloudelliset hyödyt eivät riitä kattamaan tutkimustyön kustannuksia. Tutkimussektorin menetelmät esim. taimituotannossa soveltuvat vain pieneen mittakaavaan ja omiin tarkoituksiin eikä intressejä laajemman mittakaavan sovelluksiin ole. Kaupallisen mittakaavan menetelmien kehittämiseen tarvittaisiin yksityissektorin tutkimuslaboratorioita.

### **Metsänkasvatus ja puun korjuu**

Bioteknologian käyttö metsänkasvatuksessa ja puunkorjuussa on toistaiseksi hyvin vähäistä. Taimikasvatuksessa taimien juurtumista voidaan edistää käsittelemällä pistokkaat juuren muodostusta aiheuttavilla agrobakteereilla. Suurin osa bakteeriympäysokeista on toistaiseksi tehty vain *in vitro* tai kasviuoneoloissa.

Mykorrhitsa-sieniä ei vielä Suomessa käytetä tuotannollisessa mittakaavassa taimitarhoilla. Tutkimus mykorrhitsojen hyödyntämisestä taimitarhoilla taimien juurtumisen ja ravinteiden oton tehostamiseen on kuitenkin käynnissä ja tuloksia sovelletaan jo Ranskassa ja Pohjois-Amerikassa. Sienijuuri on luontaisestikin osa puiden ravinteidenottojärjestelmää, mutta taimitarhoilla käytettävä kasvualusta on koostumukseltaan ja kosteusoloiltaan epäedullinen mykorrhitsakantojen kehittymiselle. Taimitarhoilla käytettävät lannoitteet ja torjunta-aineet ehkäisevät myös mykorrhitsajuuren luontaista muodostumista. Pahimmillaan sienilajit, jotka luonnonoloissa muodostavat juuriston kanssa sienijuuren, voivat taimitarhoiloissa aiheuttaa juuristotauteja. Erityisesti puiden fosforin saanti paranee mykorrhitsajuuren avulla ja alkuvaiheen kasvussa oikein valitun mykorrhitsajuuren muodostavan sienilajin avulla päästään vielä maastoon istutettujen taimien tapauksessakin jopa 20-40% parempiin kasvulukuihin. Tulokset ovat sitä merkittävämpiä, mitä vähemmän taimia lannoitetaan ja mitä niukkaravinteisempi puiden kasvualusta on. Toimivan sienijuuren avulla voidaan välttää myös erityisesti kuusen taimien alkuvaiheen jurominen. Mykorrhitsojen avulla voidaan myös ehkäistä taimitarhoilla puiden juuristotauteja. Mykorrhitsat stimuloivat juuriston puolustusmekanismeja ja vievät elintilaa tautoja aiheuttavilta sieniltä (Niemi 1998). Tutkimusta tehdään myös mykorrhitsojen potentiaalista ehkäistä hyönteisvaurioita puiden lehdissä ja neulastossa. (Pennanen et al. 2004, Pennanen & Müller 2004, Sen 2004).

Yksi harvoista kaupallisessa käytössä olevista bioteknologisista tuotteista metsänkasvatuksessa on juurikäävän torjuntaan käytettävä kantokäsittelyaine 'Rotstop'. Juurikäpä on yksi taloudellisesti vahingollisimmista metsätuhoisienistä koko maailmassa. Harmaa-orvakka-sienen itiöitä levitetään hakkuun yhteydessä kantopinnoille juurikäävän itiöiden torjumiseksi. Idea harmaaorvakan käytöstä juurikäävän torjuntaan juontaa juurensa 1950-luvun Englantiin ja sittemmin professori Tauno Kallion 1970-luvulla Suomessa tekemiin tutkimuksiin. Idean tutkimus, jatkokehittely ja kaupallistaminen kestivät kuitenkin useita vuosikymmeniä. Harmaaorvakka on Suomenkin metsäluonnon luontaisesti esiintyvä sieni, mutta sen itiömäärät eivät luontaisesti leviämällä riitä rajoittamaan juurikäävän leviämistä. Tuote sai myyntiluvan Suomessa vasta vuonna 1992. Taloudelliset hyödyt Rotstopin käytöstä ovat kuitenkin nähtävissä vasta vuosikymmenien päästä lisääntyvinä hakkuusaantoina (Lipponen 2001).

Bioteknologiset menetelmät tuholaisten torjunnassa puuviljelmillä ovat maailmalla jo laajassa käytössä. Suomessa tuholaisten aiheuttamat vauriot ovat kuitenkin taloudellisesti pienempiä ja pienialaisia. Edellä mainitun Rotstopin lisäksi bioteknologiaa sovelletaan ruskomäntypistiäisen torjunnassa. Ruskomäntypistiäisen toukat syövät männyn neulasia. Noin 5-6 vuoden välein tavataan paikallisia joukkoesiintymiä, jolloin männiköitä syödään lähes neulasettomiksi. Laajoja joukkoesiintymiä on sattunut 20-30 vuoden välein. Ruskomäntypistiäistä torjutaan levittämällä tuhoalueelle monisärmiövirusta, joka on ruskomäntypistiäisen luontainen taudinaiheuttaja. Virus on muulle luonnolle ja ihmiselle vaaraton. Monisärmiöviruksen aiheuttamaa tautia esiintyy joukkotuhojen yhteydessä luonnostaankin. Luontaisesti taudin puhkeaminen kestää kuitenkin yleensä pidempään ja taloudellisten vahinkojen minimoimiseksi taudin puhkeamista ja leviämistä on joukkoesiintymien yhteydessä syytä nopeuttaa.

Metsänkasvatuksessa bioteknologian suurin potentiaali on nähtävissä tautien ja tuholaisten torjunnassa. Tulevaisuudessa ilmastonlämpeneminen saattaa muuttaa Suomenkin tuholaisilannetta ja lisätä nykyisten tuholaisten esiintymistä tai tuoda Suomeen uusia tuholaisia. Koska puustolla ei ole riittävää luontaista vastustuskykyä, on ihmisen puutumisen peliin biologisin torjuntamenetelmin luultavasti tarpeellista. Tuholaisten omat taudit ja parasitit ovat yksi keino, toinen tie on vahvistaa puiden vastustuskykyä tuholaisia vastaan. Geeniteknikka tarjoaisi tähän paljon mahdollisuuksia, mutta toistaiseksi sen resurssit ja vapaudet ovat rajattuja. Tilanne tulee parantumaan, kun puulajeilla voidaan keskittyä niiden omasta perimästä löytyvien edullisten yhdistelmien kohdennettuun jalostamiseen vieraiden lajien geenien ympäätämisen sijaan. Euroopan parlamentin ja neuvoston biosidivalmisteita koskeva direktiivi 98/8/EY koskee myös biologisia torjunta-aineita, joiden vaikutus aineen luokituksesta riippuen joudutaan testaamaan direktiivin edellyttämällä tavalla ennen käyttöönottoa.

### 3.2 Puuteollisuus

Puuteollisuudessa biotekniikkaa ei vielä merkittävästi sovelleta tuotantoon. Puun käsittely fysikaalisin, kemiallisin ja mekaanisin menetelmin on edelleen yleisimpiä tapoja puun modifioimiseksi vastaamaan jalostuksen ja käyttäjän vaatimuksia. Tutkimuksessa puun ominaisuuksia ja niiden muuttamista tarkastellaan kuitenkin jo solu- ja molekyyli-tasolla. Useat puun ja puurakenteiden vauriot ovat suoraan tai välillisesti levien ja lahot-tajasiementen aiheuttamia, minkä vuoksi innovatiivisten puun suojaus- ja materiaalin muokkausmenetelmien kehittäminen vaatii laajaa solubiologista, kemiallista ja fysikaalista asiantuntemusta.

Perinteisessä puusuojauksessa on käytetty myrkyllisiä kemikaaleja, yleisimmin kupari-kromi-arseenia ja kreosoottia. Vuonna 2000 voimaan tullut EU:n biosidivalmisteita koskeva direktiivi (98/8/EY) ja muu ympäristölainsäädäntö rajoittaa nykyään voimakkaasti toksisten aineiden käyttöä ja pakottaa kehittämään vaihtoehtoisia ympäristöystävällisempiä suojausaineita. Puun suojauksessa käytettyjen vanhojen tehoaineiden arviointi on meneillään ja sallittujen yhdisteiden luettelo valmistunee vasta 2010, mikä lisää epä-tietoisuutta puun kilpailukyvyistä eri käyttötarkoituksissa muihin materiaaleihin verrattuna. Uusia fysikaalisia ja kemiallisia suojausmenetelmiä on kehitteillä, mutta biotekniikan tarjoamia mahdollisuuksia olisi myös syytä selvittää sikäli kun kehitettävien suoja-aineiden käyttöön otto on realistista biosididirektiivin puitteissa. Biologisten ja bioteknisten suoja-aineiden kehittämiseen ja kaupallistamiseen vaikuttaa merkittävästi niille asetettavat testausvaatimukset, jotka vaativimmillaan voivat olla erittäin raskaita ja kalliita.

**Taulukko 3.2 Biotekniikka puuteollisuudessa**

Sovellusalat	Tilanne 2004	Kehitystarve
Puun suojaus	<p>Puunsuoja-aineita koskevat määräykset kiristyvät ja laajaan toksisuuteen perustuvien aineiden käyttö todennäköisesti kielletään. Haitallisen mikrobitoiminnan ehkäisyyn on kehitettävä spesifisiä ympäristöystävällisiä biologisia, kemiallisia tai mekaanisia suojausmenetelmiä.</p> <p>Puun kilpailukyky muihin materiaaleihin verrattuna romahtaa, jos kiristytvä lainsäädäntö estää tehokkaiden suojausmenetelmien käytön.</p> <p><b>→ Uusia haitallisiin biologisiin prosesseihin vaikuttavia suoja-aineita on kehitettävä.</b></p>	<p>Kustannustehokkaiden suojausmenetelmien kehittäminen. Puun luontaisten suoja-aineiden eristämistä ja jalostamista teollisiksi suoja-aineiksi olisi edistettävä.</p> <p>Yhteistyötä akateemisen tutkimuksen, suoja-aine- ja puuteollisuuden kanssa kehitettävä.</p>
Jatkojalosteet	<p>Tuotekehitys- ja jalostusasteen nostaminen ovat puuteollisuuden menestyksen edellytyksiä. Puutuotteiden seurattava yleistä materiaalien kehittymistä. Tuotekehityksessä ei ole vielä hyödynnetty merkittävästi biotekniikkaa, osittain teknisistä ja osittain kustannussyistä. Bioteknisten sovellutusten lähtötilanteessa korkea kustannustaso yleensä laskee menetelmien vakiintuessa.</p> <p>Uusien puukomposiittien valmistus ja käyttöominaisuuksien jalostus edellyttää kuitenkin uusien tekniikoiden ja aineiden kehittämistä, missä bioteknologiallakin on mahdollisuuksia.</p> <p><b>→ Biotekniikan mahdollisuudet jatkojalosteiden kehittämisessä on otettava huomioon tukemalla tutkimuksen ja tuotannon yhteistoimintaa.</b></p>	<p>Suunnattava riittävästi resursseja ja organisatoriset puitteet innovatiiviseen tuotekehittelyyn,</p> <p>Puun kilpailuvaltti markkinoilla muihin raaka-aineisiin nähden on sen ympäristöystävällisyys. Tätä etua voitaisiin edelleen hyödyntää parantamalla jatkojalostus- ja käsittelyprosessien ympäristöystävällisyyttä korvaamalla esim. käytettäviä liimoja, pintakäsittelyaineita ja muita kemikaaleja bioteknisten sovellusten avulla. Kiristynyt lainsäädäntö pakottaa myös etsimään korvaavia käsittelymenetelmiä.</p>

Lämpökäsittely ja kemiallisesti furfuriloitu puu ovat jo yleistymässä markkinoilla (Westin 2004). Tulevaisuudessa puunsuoja-aineiden tulee olla tarkasti kohdennettuja ja niiden vaikutukset eliöihin ja ympäristöön on tunnettava tarkasti, mikä asettaa lainsäädännön ohella suuret vaatimukset biologisten prosessien tuntemiselle sekä suoja-ainetutkimukselle ja -teollisuudelle.

## **Puuteollisuuden kasvumahdollisuudet**

Mekaanisen puuteollisuuden merkittävimmät kasvumahdollisuudet ovat räätälöityjen ja asiakaslähtöisten jatkojalosteiden tuottamisessa. Avainasemassa ovat puun materiaali-teknologia ja rakennusjärjestelmät. Puun modifioinnilla voidaan vaikuttaa mekaanisiin ominaisuuksiin ja biologiseen kestävyYTEEN. Uusien puukomposiittien valmistus esim. yhdistämällä puu- tai muuta orgaanista kuitua muoveihin on jo tuottanut rakennus- ja muussa teollisuudessa käytettäviä materiaaleja. Puukomposiitit ovat kierrätettäviä, käyttöominaisuuksiltaan muovia tai puuta parempia ja tuotantokustannuksiltaan edullisia (Ritschkoff 2004). Bioteknisiä sovelluksia ei vielä puumateriaalin muokkauksessa käytetä, vaikka teoreettisia soveltamismahdollisuuksia olisikin. Biologisten menetelmien esim. spesifisten entsyymien korkeat kehitys- ja valmistuskustannukset ovat olleet toisinaan esteenä bioteknisten menetelmien kehittämiseksi hintakilpailuille puuteollisuuden tuotteille. Tosin entsyymien käyttö rakennusmateriaaleissa on jo arkipäivää esimerkiksi itsepuhdistuvissa lasissa.

Viime vuosina on tutkittu mm. mäntyöljyn mahdollisuuksia puun kyllästyksessä, kuivauksessa ja pintakäsittelyssä. Alustavien tulosten mukaan öljyllä käsitelty pyöreä puu kuivuu nopeasti ja halkeilematta ja menetelmä lisää puun lahon ja säänkesto-ominaisuuksia. Biologisesti hajoavana tuotteena mäntyöljyllä käsitellyt tuotteet ja työstöjätteet voidaan polttaa tai kompostoida (Ahola 2001). Mäntypohjaiset öljyt ovat keskeisessä asemassa kehitettäessä pinta- ja suoja-aineita modifioituille puutuotteille (Westin 2004).

### **3.3 Sellu- ja paperiteollisuus**

#### **Merkitys**

Sellu- ja paperiteollisuudessa kehitykseen näyttävät vaikuttaneen seuraavat tekijät:

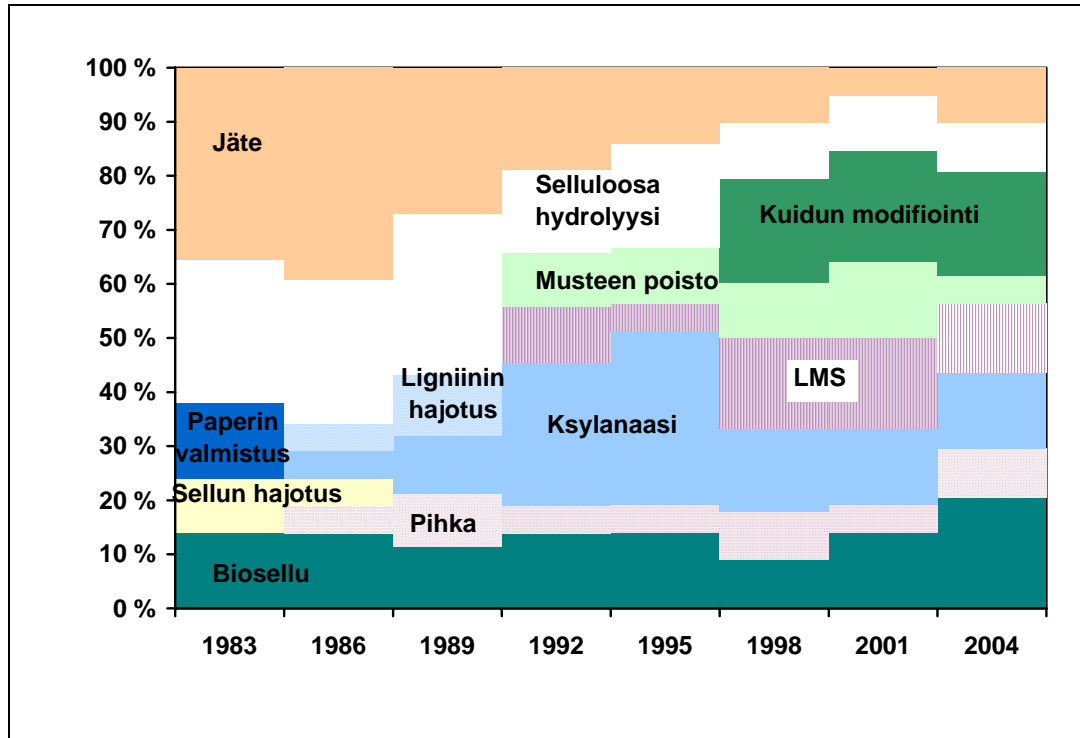
- (1) Prosessien tehokkuuden lisääminen
- (2) Lopputuotteiden laatu- ja arvoketjujen optimointi
- (3) Ympäristövaikutuksen pienentäminen

Kaksi ensimmäistä ovat erittäin merkittäviä, ympäristövaikutuksen pienentämisen ratkaisevat vuodet ovat jo ohi, nyt paikkaillaan jäljelle jääneitä pienempiä ongelmia ja uuden muuttuvan ympäristölainsäädännön tuomia muutoksia. Avainasioita ovat prosessin investointikustannus, muunneltavuus, energian tuotanto ja tarve, saanto, laatu ja ympäristökuormitus. Tuotanto- ja kulutusrakenteen kansainvälinen muutos, jossa kuitutuotteiden kysyntä lähimarkkinoilla kasvaa enää hyvin hitaasti ja eteläisiin istutusmetsiin perustuva tuotanto kehittyvissä talouksissa kasvaa varsin voimakkaasti, kiristää pohjoisen pallonpuoliskon puujalostusteollisuuden kilpailuasemaa. Tästä johtuen teollisuus suunnittelee tuotteensa entistä asiakaslähtöisemmin ja sen pitäisi pystyä tehostamaan sekä erilaistamaan tuotantoteknologiaansa kilpailijoihin nähden. Uusien, mahdollisesti biotekniikkaan perustuvien teknologioiden on alennettava investointikustannuksia, oltava käytettävissä nykyisten suurten tuotantolaitosten kehittämisessä ja tarjottava riskiä vastaava korkea tuotto investoinneille.

Sellu- ja paperiteollisuudessa biotekniikkaa on sovellettu jo pitkään mm. entsyymien käytössä sellun alkuvalkaisussa ja biologisessa jätevesien puhdistuksessa sekä analytiikassa. Biotekniikka mahdollistaa kuitenkin prosessien innovatiivisen kehittämisen koko

sellun- ja paperinvalmistusketjussa. Kansainvälinen sellu- ja paperiteollisuuden 9. konferenssissa (ICBPPI, International Conference on Biotechnology in the Pulp and Paper Industry) esitettiin konferenssissa esitettyjen bioteknisten tutkimushankkeiden kohdentuminen viimeisen 20 vuoden ajalta, kuvio 3.3.

**Kuvio 3.3 Katsaus ICBPPI:ssa esitettyihin tutkimuksen osa-alueisiin**



Lähde: ICBPPI 9/VTT 2004

Jätteen luokiteltavien sivutuotteiden ja jäteveden käsittely oli ensimmäisiä osa-alueita, johon biotekninen tutkimus keskittyi 1980-luvulla. Kiinnostusta oli myös energian käytön vähentämiseen käyttämällä biotekniikkaa sellun valmistuksessa ja pilkkomisessa. Viime vuosina biotekninen kehitys on mahdollistanut uusien menetelmien soveltamisen kuitujen muokkauksessa parempien laatuominaisuuksien ja uusien tuotteiden aikaansaamiseksi. Edistystä on saavutettu myös entsyymipohjaisten valkaisu menetelmien kehittämisessä. Teolliset sovellukset jo pitkään tutkituista menetelmistä vaativat edelleen tutkimuspanostusta. On pidettävä mielessä, että biotekniset menetelmät voivat onnistuessaan todellakin mullistaa puumassojen valmistuksen, ovathan pääprosessit (keitto, kemikaalien talteenotto ja valkaisu) 40 – 140 vuotta vanhoja keksintöjä. Huikeita mahdollisuuksia on esittänyt esim. Ragauskas 2001 arvioidessaan, että läpimurto esim. biologisessa sellunvalmistuksessa saattaa vähentää investointikustannuksia yli 50%. Entsymaattinen kuidun modifiointi ja valkaisu mahdollistaa asiakaslähtöisen kuitujen valmistuksen mikä vähentää paperin valmistuksessa tarvittavaa kuidun ja energian määrää.

Teknillisen korkeakoulun selluloosatekniikan laboratorio on ollut mukana useissa suomalaisissa metsäteollisuuden biotekniikkatutkimuksissa. Seuraavassa esitetään luettelomaisesti mutta luokitellen tehtyjen tutkimusten ja kirjallisuusselvitysten esille tuomia biotekniikan mahdollisuuksia, jotka ovat hyvin moninaisia ja niissä on edelleen paljon tutkittavaa ja kehitettävää.

## A. PROSESSITEKNISET MAHDOLLISUUDET

### A1. Mekaaninen massanvalmistus

- Energiansäästö on erittäin tärkeää koko prosessin tulevaisuudelle
- Valkaistavuus, ligniiniä säästään
- Mekaanisen massakuidun pinnan muokkaus, uutteen poisto ja lujuuden lisäys

### A2. Kemiallinen massanvalmistus

- Keittoprosessin tehostaminen, lyhyempi keittoaika, kemikaalisäästö, tuotannon lisäys
- Jäännösligniinin vähentäminen, valkaistavuuden parantaminen

### A3. Massan valkaisu

- Ksylanasiin käyttö valkaisun tehostajana tunnetaan jo hyvin, tehostaakin vielä voi
- Lakkaasi/mediaattorien käyttö delignifioivassa valkaisussa
- Uudet entsyymit

### A4. Massojen jauhatus (paperimassat ja rejektit)

- Entsyymeillä tehostettu jauhatus näköpiirissä

### A5. Kuituominaisuuksien muokkaaminen entsyymeillä

### A6. Uuteaineiden poisto ja hallinta

- Pihkanpoisto hakkeista ja kuiduista: sienet, bakteerit ja entsyymit, esimerkiksi lipaasit
- Uuteaineiden poisto entsyymaattisesti paperinvalmistuksessa

### A7. Limantorjunta paperikoneella

### A8. Siistaus ”DIP” kierrätyskuitumassat, erittäin lupaava alue entsyymeille

- Siistauskemikaalien olennainen vähentäminen, vedetöntymisen parantaminen

### A9. Biotekninen ”Kidney”-tekniikka

- Orgaanisen materiaalin poisto tuorevedestä suljetun tehtaan vesikierrossa

### A10. Massa- ja paperiteollisuuden jätevesien tehostettu puhdistus mikro-organismien avulla

## B. MAHDOLLISUUDET VAIKUTTAA TUOTTEIDEN OMINAISUUKSIIN

A-kohtien prosessisovellusten lisäksi bioteknisin keinoin voidaan vaikuttaa suoraan kuitujen ja kuitutuotteiden laatuominaisuuksiin, kuten

- Vaaleus
- Optiset ominaisuudet
- Lujuusominaisuudet
- Puhtaus



## C. TALOUDELLISET MAHDOLLISUUDET

- Kemikaalisäästöt (mm. keitto ja valkaisu ja siistaus)
- Tuotantokapasiteetin lisäys
- Energiansäästö, erityisesti mekaanisen massan valmistus ja jauhatus
- Bioesikäsittely verrattuna muuhun kemialliseen esikäsittelyyn
- Paperi-, kartonki- ja sellunkuivauskoneiden parempi ajettavuus
- Investointikustannukset verrattuna konventionaalisiin ratkaisuihin
- Muuttuvat kustannukset verrattuna kemiallisiin prosesseihin
- Biotekniset prosessit pullonkaulaprosessien avartajina

## D. YMPÄRISTÖVAIKUTUKSEN NÄKÖKULMA

- Ympäristöä mahdollisimman vähän kuormittavat prosessit
- ”Luonnonmukaisuus” ts. kemikaalien käyttö mahdollisimman vähäistä
- Suomalaisia mikrobikantoja Suomen luontoon

## E. UUDET ENNALTA-ARVAAMATTOMAT MAHDOLLISUUDET

- Rääätälöidyt ”superentsyymit” delignifiointiin
- Biotekniikan ja edullisen kemiallisen tekniikan yhdistelmät, jotka eivät yksinään riitä nykyisiin vaatimuksiin, esim. rikitön bio-alkalinen keitto, jolla voisi olla suuri energiatehokkuuden kasvatuspotentialiaali

Kaikilla edellä mainituilla mahdollisuuksilla on tai saattaa olla taloudellista merkitystä. Erilaisten bioteknisten mahdollisuuksien kirjo ja kombinaatioiden määrä sellu / mekaaninen massa / DIP-massa / paperi / kartonki teollisuudessa on valtava, vaikkei mitään totaalista vallankumousta ole tullut esille. Kokonaisvaltaista arvoketjujen lisäarvopotentiaalin tarkastelua tarvittaisiin kipeästi, jotta oikeat ja arvokkaat tutkimusaiheet ja niiden vaatimat resurssit ja tutkimusyhteistyökumppanit voitaisiin systemaattisesti selvittää. Tähän mennessä tehdyille biotekniikan massa- ja paperiteollisuuden alan tutkimukselle on ollut tyypillistä tieteelliseen havaintoon tai ideaan perustuneet lähinnä perustutkimusprojektit, joissa pikemminkin etsitään potentiaalisia sovelluskohteita, kuin haettaisiin ensin tuottavimpia sovelluksia ja sen jälkeen kehitettäisiin niihin tarvittavaa biotekniikkaa. Nykyinen tiedon taso mahdollistaisi jo teknis-taloudellisen T&K-toiminnan teknis-tieteellisen jatkoksi ja rinnalle.

### 3.4 Metsäklusterin tuottamat biologiset yhdisteet

Puun ja sen aineenvaihdunnan tuottamia yhdisteitä on hyödynnetty moninaisesti käyttötarkoituksiin kotitalouksissa ja teollisestikin vuosisatojen ajan. Viime vuosina tutkimus on kohdistunut uusiin innovatiivisiin käyttötarkoituksiin. Huomattava osa viimeaikoina käyttöön otetuista biologisista yhdisteistä soveltuu terveysvaikutteisten elintarvikkeiden tai kosmetiikan raaka-aineeksi. Xylitol ja kolesterolin muodostumista ehkäisevät kasvisetanolit ovat olleet jo pitkään tuotannossa. Viime vuosina on selvitetty puun eri osien kemiallista koostumusta ja löydetty mielenkiintoisia yhdisteitä. WoodBiocon hankkeessa selvitetään mahdollisuuksia tuottaa arvokkaita yhdisteitä mm. vähäarvoisesta kuoresta. Tutkimus selvittää mm. valkaisuun soveltuvien suberiini johdannaisten ja ekstraktien tuottamiseen ja edelleen jalostamiseen entsyymien, mikrobiologisin solujen tai kemiallisen käsittelyn avulla liittyviä mahdollisuuksia (Nakari-Setälä 2004).

Puun sisäoksan fenolisten suoja-aineet estävät rasvojen hapettumista ja ovat mahdollisesti käyttökelpoisia syöpälääkkeiden ja sydän ja verisuonilääkkeiden kehityksessä sekä terveystuotteissa elintarvikkeissa (Holmbom 2004).

Koivutisleiden sisältämät aineet ovat osoittautumassa luonnonmukaisen kasvinsuojelun uudeksi aarrearkuksi. Tisleen sisältämät noin 10 000 bioaktiivista yhdistettä muodostavat lähtökohdan biologiselle kehitykselle, jolla voidaan korvata synteettisiä yhdisteitä. Suurin kiinnostus on fenolit, joiden tisleet poikkeavat huomattavasti havupuiden tervoista. Jo perinteisten käyttötapojen lisäksi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus selvittää nyt tisleiden soveltuvuutta mm. rikkakasvien, tuholaisten ja kasvitautien torjuntaan. Hyviä tuloksia on jo saatu espanjansiruetaan (Arion lusitanicus) torjunnasta viljely- ja koristekasviviljelmillä. Tisleiden valmistus on jo patentoitu (MTT 2004).

Bioteknologiaa voidaan soveltaa myös mm. saastuneiden maa-alueiden kunnostamiseen. Modifioidut lahottajasienikannat pystyvät hajottamaan vanhoilla saha-alueiden maaperässä esiintyviä kloorattuja fenoleita, dioksiineja ja furaaneita (Hatakka, 2004).

#### 4. Johtopäätökset

Metsäteollisuuden erikoistuminen uudistaa klusterin sisäistä työnjakoa ja kasvattaa keskinäisriippuvuutta. Se voi myös siirtää klusterin painopistettä sen ytimestä laidoilta. Metsäteollisuuden globalisoituminen asettaa lisäksi kovia haasteita sellaisten erityispanosten, kuten tietoteknisten palveluiden tarjoajille, joiden on kasvettava ja kansainvälistyttävä onnistuneesti klusterin ytimen muodostavien asiakkaidensa perässä.

Suomen metsäklusterin kasvu ja erityisesti työllistävä kasvu on mahdollista klusterin rajapinnoilla. Koneet ja laitteet vaativat huoltoa, kunnossapitoa ja asiantuntevaa operointia. Uusien ympäristösäännösten myötä prosesseja kehitetään. Tulevaisuudessa etsitään arvonalisäystä metsäteollisuudessa hyödyntämättömien tuotosten jalostamisesta energiatuotteiksi tai raaka-aineeksi toisille aloille, kuten elintarvike- ja lääketeollisuuteen. Erityisesti kehitystyötä ja yritystoimintaa olisi synnyttävä tietointensiivisissä palveluissa käyttäen hyväksi kotimaista tietopohjaa ja kansainvälistyneitä metsäklusterin yrityksiä, jotka ovat samalla potentiaalisimmat referenssiasiakkaat.

Kuluttajilla on ristiriitainen suhtautuminen muita kuin suoraan terveydenhoitoon liittyviä maa- ja metsätalouden sekä metsäteollisuuden bioteknisiä tuotteita kohtaan. Tämä saattaa jatkossakin rajoittaa bioteknisten tuotteiden kysyntää ja tulevaisuuden markkinapotentiaalia Euroopassa. Näiden alojen sovelluksia voitaisiin kehittää ensi sijassa Pohjois-Amerikan ja Aasian markkinoita varten. Ympäristötekniikan alalla voitaisiin kehittää myös jätteiden käsittelyä ja jalostusta polttoaineiksi.

Kuluttajien ristiriitaisen suhtautumisen takia metsäklusterin bioteknisten sovellusten kaupallisen menestymisen edellytyksenä on se, kykenevätkö toimijat korostamaan teknologioiden sijasta lopputuotosten synnyttämiä vaikutuksia ja ominaisuuksia, kuten puhtaampia jätevesiä tai veren kolesterolin alentamista. Tämä on tärkeätä myös business-to-business markkinoinnissa. Ilman loppukäyttäjän tarpeiden huomioimista, biotekniikan kehittämisestä saattaa tulla vain insinöörien touhuilua, jota vastustetaan tai varotaan varmuuden vuoksi.

## Jatkotutkimus

Jatkotutkimuksessa selvitetään metsäklusterin mahdollisuuksia kehittää uutta innovatiivisuuteen ja poikkitieteellisyteen perustuvaa bioteknologista tuotantoa suomalaisessa metsäklusterissa siten, että klusterilla on jatkossakin suhteellista kilpailuetua kansainvälisilläkin markkinoilla.

Jatkotutkimus etsii vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Mille alueille metsäklusteriin liittyvä biotekninen kehitys keskittyy ja mitä kehittämistarpeita on identifioitu?
2. Miten biotekniset sovellukset voivat tulevaisuudessa edistää Suomen metsäteollisuuden kilpailukykyä suhteellisen kilpailuedun periaatteen mukaisesti?
3. Missä määrin metsäklusteri voi vuorovaikutteisesti toimia merkittävänä kotimaisen bioteknisen kehityksen ja yritystoiminnan edistäjänä käyttäessään ja kehittäessään bioteknisiä sovelluksia omassa arvoketjussaan?

Tutkimuksen tulokset auttavat uusien tehokkaiden ja usein myös ympäristöystävällisiin bioteknologisiin prosesseihin liittyvän tutkimuksen ja tuotannon kohtaamista sekä osoittaa, mille osa-alueille ja kehitysvaiheeseen tarvitaan lisätukea. Tämän mukaisesti jatkotutkimuksen tuloksena syntyvät seuraavat aihealueet kattava kokonaisuus:

1. Selvitys tutkimuksen ja yritysten metsäklusteriin liittyvästä bioteknisestä tietotaidosta.
2. Selvitys metsäklusteriin liittyvien bioteknisten sovellusten kotimaisista ja kansainvälisistä kasvuvaikutuksista ja markkinapotentiaalista
3. Selvitys bioteknisistä sovelluksista, joilla on suhteellinen kilpailuetu
4. Yleiset suositukset alan strategiseksi kehittämiseksi.

## 5. Kirjallisuutta

Ahola, Pirjo 2001. VTT Puun materiaalitekniiikan ryhmä, tiedote 30.8.2001

Aronen, Tuija. 2002. Metsäpuilla tehtävä bio- ja geenitekkinen tutkimus. Taustaselvitys maa- ja metsätalousministeriölle. Metla. 41 s.

Hermans, Raine 2004. International Mega-Trends and Growth Prospects of the Finnish Biotechnology Industry – Essays on New Economic Geography, Market Structure of the Pharmaceutical Industry, Sources of Financing, Intellectual Capital and Industry Projections. Doctoral thesis for the Department of Industrial Engineering and Management, Helsinki University of Technology. ETLA A-40, 172 pages. Taloustieto Oy, Helsinki.

Hermans, Raine – Kulvik, Martti 2004. Projected Growth Effects of the Biotechnology Industry in Finland – The Fourth Pillar of the Economy? The International Journal of Biotechnology, forthcoming.

Hermans, Raine – Kulvik, Martti – Ylä-Anttila, Pekka 2004. International Mega-trends and Growth Prospects of the Finnish Biotechnology Industry: Recent Economic Research and Policy Implications. Journal of Commercial Biotechnology, forthcoming in vol. 11, no. 2.

Hernesniemi, H. – Lindström, M. – Martikainen, O. 2004. *Tietointensiivisten palvelujen rooli metsäklusterissa*. Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos ETLA, Keskusteluaiheita No. 902.

Kettunen, Jyrki. 2004. Paperi ja Puu – Paper and Timber Vol.86/No. 6/2004 s. 427-9.

- Laestadius, S. 2000. Biotechnology and the Potential for a Radical Shift of Technology in Forest Industry. *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 12, no. 2, pages 193-212.
- Lipponen, Katriina. 2001. Juurikäypäpuhot kuriin biologisella torjunnalla. *Metsäntutkimus* 2/2001.
- Mankinen, Reijo. 2004. Teollisuuden kustannuskilpailukyky. 61 sivua. ETLA, Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, Helsinki.
- Niemi, Karoliina. 1998. Mykorritsasienet juurilahotaudin torjunnassa. *Taimiuutiset* 2/1998. Metla.
- Niemi, Karoliina. 1998. Mykorritsasienet parantavat pohjoissuomalaisten mäntypistokkaiden juurtumista. *Taimiuutiset* 2/1998. Metla.
- Metsänjalostuksen neuvottelukunta 2003. Kokousmuistio 2/2003.
- Palva, Tapio. 2004. Identification of EST polymorphisms and candidate genes for growth and wood properties in silver birch. Julkaisussa: *Wood Material Science Year Book 2004. Finnish Swedish Research Programme 2003-2007. Report 1/2004.* s. 9-12.
- Pennanen, T., Müller, M., Rikala, R., Korkama, T., Tammi, H., Timonen, S., Garbaye, J. 2004. Proceedings in National Mycorrhiza meeting, April 19-20, 2004. Metla.
- Pennanen, T., Müller, M. 2004. Mykorritsasienet metsätaimien hoitoon. *Taimiuutiset* 2/2004. Metla.
- Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. The McMillan Press, London.
- Ragauskas, A.J. 2001. Biotechnology in the Pulp and Paper Industry: A Challenge for Change, ICBPPI 8 June 4-8, 2001, Helsinki s. 15-16.
- Ritschkoff, Anne-Christine. 2004. New eco-efficient, durable and high performance wood composites (WPS's) and wood-wpc-hybrids for joinery product. Julkaisussa *Wood Material Science Year Book 2004. Finnish Swedish Research Programme 2003-2004. Report 1/2004.* Helsinki. s. 62-66.
- Sen, Robin. 2004. Towards biological control of conifer root diseases utilizing mycorrhizal fungi. Proceedings in National Mycorrhiza meeting April 19-20, 2004.
- Suomen Akatemia Publications 11/02. Biotechnology in Finland. Impact of Public Research Funding and Strategies for the Future Evaluation Report 97 s.
- Söderlund, Hans; Keränen, Sirkka; Penttilä, Merja; Ruohonen, Laura; Takkinen, Kristiina; Viikari, Liisa. Uutta biotekniikkaa luonnonvarojen hyödyntämiseksi. VTT Teollinen biotekniikka -ohjelma soveltaa luonnon omaa kemiaa ihmisen ja ympäristön parhaaksi. *Kemia - Kemi.*, vol. 28 (2001) 3, s. 158 – 164
- Valtioneuvoston kanslia 2003: Tulevaisuusfoorumit 2002 – Tulevaisuus luodaan yhteistyössä. Toim. Marja Mesimäki. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 2003/3.
- Vesterinen, Pirkko. Uusiutuvien energiamuotojen edistäminen Euroopassa kirjavaa. *Bioenergia*. (2004) 1, s. 40 - 43.
- Viitamo, E. (2002) *Metsäteollisuuden palvelut. Tilastollinen katsaus*. Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos ETLA, Keskusteluaiheita No. 705.
- Viitamo, E. (2003) *Knowledge-intensive Services and Competitiveness of the Forest Cluster – Case Finland*. The Research Institute of the Finnish Economy, Discussion Papers No 845.
- Yanchuk, Alvin. 2002. The role and implications of biotechnology in forestry. *Forest Genetic Resources* No. 30. FAO, Rome, Italy. p. 18-23.

## Liite: Projektiin liittyvä tutkimusmateriaali

### Esitykset (5)

- Haltia, Olli (2003): Finnish Biobusiness in the European Context; Biobusiness Oulu; University of Oulu, Finland; September 10, 2003
- Haltia, Olli (2003): BioFund in the Evolution of the European Biotech Industry. Biotech03 Conference. Helsinki
- Haltia, Olli (2004): Suomen metsäsektorin tulevaisuus globaalissa kehityksessä; Kansantaloudellinen yhdistys ja Metsäekonomistiklubi; 21.4.2004
- Haltia, Olli (2004): Metsäteollisuuden kansainvälinen kilpailutilanne; Itä-Suomen Metsäpäivä; 27.10.2004
- Haltia, Olli (2004): Miten sellukattilan korroosiosuojauksesta kasvoi metsäklusterin globaali know-how liiketoiminta. Paperi-insinöörien syyskokous 19.11.2004

### Evaluaatiot (11)

- Indufor Oy 2004: Suomen metsäsektorin tulevaisuus globaalissa kehityksessä. The role of ICT and biotech innovations in the forest cluster. Unpublished project report.
- Indufor Oy 2004: The Competitiveness of Finnish Forest Industries. Productivity gains based on biotech and other innovations. Unpublished project report.
- Indufor Oy 2004: Preparation of a Strategic Plan for Environmental and Social Management of Forestry Operations (Conversion of Mixed Hardwood Forests on Peat Soil Acacia Plantations in Riau Province, Sumatra). Private forest company. Indonesia.
- Indufor Oy 2004: Evaluation of CERTFOR certification scheme for plantation forests. Fundación Chile. Chile
- Indufor Oy 2003: Investment Opportunities in the Chinese Pulp and Paper Industry. Unpublished project report.
- Indufor Oy 2003: Benchmarking Analysis of Forest-Based Operations Between Brazil and Finland
- Indufor Oy 2001: Preparation of Investment Memorandum for Forest Plantation Development. Plantaciones de Tehuantepec S.A. de C.V. Mexico.
- Indufor Oy 2000: Business and Investment Opportunities in the pulp and Paper Industry in the Indian Subcontinent. Unpublished project report.
- Indufor Oy 1999: Development of Containerized Seedling Production and Tree Improvement Techniques and Activities in Turkey, Phase I –II. Ministry of Forestry of Turkey, General Directorate of Afforestation and Erosion Control (AGM). Turkey.
- Indufor Oy 1998. Brazilian Forest Products Industry into the 21st Century. Unpublished project report.
- Indufor Oy 1997: Reforestation and Tropical Forest Management Project (Mechanized Nursery and Plantation Project), Phases I-VII. Ministry of Forestry of Indonesia & Ministry for Foreign Affairs of Finland. Indonesia.
- Indufor Oy 1992: Feasibility study on the establishment of eight central nurseries (Indonesia-Nordic Forestry Programme). Ministry of Forestry of Indonesia, Directorate General of Reforestation and Land Rehabilitation. Indonesia.

### Väitöskirjat (1)

- Hermans, Raine (2004a): International Mega-Trends and Growth Prospects of the Finnish Biotechnology Industry – Essays on New Economic Geography, Market Structure of the Pharmaceutical Industry, Sources of Financing, Intellectual Capital and Industry Projections. Dissertation for the Department of Industrial Engineering

and Management, Helsinki University of Technology. ETLA A-40, 172 pages. Taloustieto Oy, Helsinki.

### **Kansainvälisissä tiedejulkaisuissa hyväksytyt artikkelit (5)**

- Hermans, Raine – Kulvik, Martti (2004a): Projected Growth Effects of the Biotechnology Industry - The Fourth Pillar of the Finnish Economy? The International Journal of Biotechnology, forthcoming.
- Hermans, Raine – Kulvik, Martti (2004b): Measuring Intellectual Capital and Sources of Equity financing – Value Platform Perspective within the Finnish Bio-Pharmaceutical Industry. International Journal of Learning and Intellectual Capital, vol. 1, no 3, 282- 303.
- Hermans, Raine – Kulvik, Martti - Ylä-Anttila, Pekka (2004): International Mega-trends and Growth Prospects of the Finnish Biotechnology Industry: Recent Economic Research and Policy Implications. Journal of Commercial Biotechnology, forthcoming in vol. 11 no. 2.
- Linnosmaa, Ismo – Hermans, Raine – Hallinen, Taru (2004): Price-cost Margin in the Pharmaceutical Industry - Empirical Evidence from Finland. The European Journal of Health Economics, vol.5, no. 2, 122-128.
- Tahvanainen, Antti-Jussi (2004a): Growth Inhibitors of Entrepreneurial Academic Spin-Offs: The Case of Finnish Biotechnology. International Journal of Innovation and Technology Management, forthcoming.

### **Artikkelit toimitetuissa kirjoissa tai suomalaisissa julkaisuissa (9)**

- Hermans, Raine (2004b): Mistä on lääkealan biotekniikkayritykset tehty? Teoksessa Luukkonen, Terttu (toim.) (2004): Biotekniikka – tietoon perustuvaa liiketoimintaa. ETLA sarja B 207, sivut 65-90.
- Hermans, Raine (2003a): Lääkealan biotekniikkayritysten rahoitusrakenteet ja toimialan ominaispiirteet. Dosis, farmaseuttinen aikakauskirja, vol. 19, nro 3/2003, sivut 133-145. Suomen farmasialiitto/Proviisoriliitto, Helsinki.
- Hermans, Raine (2003b): Biotekniikkateollisuus Suomessa. Suhdanne 1/2003, sivut 108-113.
- Hermans, Raine – Kulvik, Martti (2004c): The Health Care Cost Crisis and the Growth Potential of the Biotechnology Industry. The Finnish Economy and Society, pages 103-108.
- Hermans, Raine – Kulvik, Martti (2004d): Bioteollisuuden kasvupotentiaali ja terveydenhuollon kustannuskriisi. Suhdanne nro. 2/2004, sivut 133-138. ETLA, Helsinki.
- Hermans, Raine – Ylä-Anttila, Pekka (2004): Biotekniikka-ala ja Suomen teollinen tulevaisuus. Teoksessa Luukkonen, Terttu (toim.) (2004): Biotekniikka – tietoon perustuvaa liiketoimintaa. ETLA sarja B 207, sivut 105-119.
- Luukkonen, Terttu – Hermans, Raine (2002): Finnish Biotechnology Industry in a Dynamic Stage. The Finnish Economy and Society 4 / 2002, pages 72-79.
- Luukkonen, Terttu – Tahvanainen, Antti-Jussi – Hermans, Raine (2004): Suomen biotekninen teollisuus – yleiskatsaus. Teoksessa Luukkonen, Terttu (toim.) (2004): Biotekniikka – tietoon perustuvaa liiketoimintaa. ETLA sarja B 207, sivut 7-28.
- Tahvanainen, Antti-Jussi – Hermans, Raine (2004a): Pienten biotekniikkayritysten rahoituslähteet. Teoksessa Luukkonen, Terttu (toim.) (2004): Biotekniikka – tietoon perustuvaa liiketoimintaa. ETLA sarja B 207, sivut 91-104.

### **Keskustelualoitteet ja muut julkaisut (12)**

- Hermans, Raine (2004c): Finance of Small Bio-pharmaceutical Industry in Finland - Descriptive Analysis. ETLA Discussion Paper No. 888, 22 pages.
- Hermans, Raine (2003b): New Economic Geography of Market Potential – Innovation Intensity and Labor Structure in EU Regions. ETLA Discussion Paper No. 883, 25 pages.
- Hermans, Raine (2003c): Biotekniikkateollisuus Suomessa. Suhdanne 2003/1, sivut 108-113, ETLA, Helsinki.
- Hermans, Raine – Kauranen, Ilkka (2003a): Intellectual Capital and Anticipated Future Sales in Small and Medium-sized Biotechnology Companies. ETLA Discussion Paper No. 856, 30 pages.
- Hermans, Raine – Kulvik, Martti (2004e): Projected Growth Effects of the Biotechnology Industry - The Fourth Pillar of the Finnish Economy? ETLA Discussion Paper No. 894, 18 pages.
- Hermans, Raine – Linnosmaa, Ismo (2003a): Price Markups and R&D Inputs: The Pharmaceutical Industry in Finland and the USA. ETLA Discussion Paper No. 877, 18 pages.
- Hermans, Raine – Luukkonen, Terttu (2002): Findings of the ETLA Survey on Finnish Biotechnology Firms, ETLA Discussion Paper No. 819, 30 pages.
- Hermans, Raine - Tahvanainen, Antti-Jussi (2002): Ownership and Financial Structure of Biotechnology SMEs: Evidence from Finland. ETLA Discussion Paper No. 835, 41 pages.
- Linnosmaa, Ismo – Hermans, Raine – Karhunen, Taru (2002a) Price-cost margin in the pharmaceutical industry: empirical evidence from Finland. ETLA Discussion Paper No. 818, 20 pages.
- Tahvanainen, Antti-Jussi (2004b): Academic Spin-offs in Finnish Biotechnology. ETLA Discussion Paper No. 900, 34 pages.
- Tahvanainen, Antti-Jussi (2003): Capital structure of Finnish Biotechnology SMEs – an empirical analysis. ETLA Discussion Paper No. 864, 62 pages.
- Tahvanainen, Antti-Jussi - Hermans, Raine Financial (2004b): Financial Pecking Order and the Value Platform of Intellectual Capital. ETLA Discussion Paper No. 926, 34 pages.

### **Esitykset tieteellisissä konferensseissa (11)**

- Hermans, Raine (2004d): Price Markups and R&D Inputs: The Pharmaceutical Industry in Finland and the USA. 5th European Conference On Health Economics, 8-11 September 2004, London, UK.
- Hermans, Raine (2003d): Biotechnology Industry and Economy-wide Growth Impacts: Monte Carlo Simulations in Input-output Forecast Model. BioTech Society. 29-30 September 2003, Espoo, Finland.
- Hermans, Raine (2002a): Biotechnology as a Part of Finnish Economy: Growth Forecast Based on Expectations of Firms, Foresight of Research Potential, and Public Finance Information. The 4th Triple Helix Conference Track 10: Technology Foresight in the Triple Helix, November 6-9 2002. Copenhagen, Denmark.
- Hermans, Raine (2002b): Intellectual Capital and Growth Prospects - Empirical Evidence on Finnish Biotechnology Firms. The Workshop "The Economics and Business of Bio-Sciences & Bio-Technologies: What can be learnt from the Nordic countries and the UK?" September 25-27, 2002, Gothenburg, Sweden.

- Hermans, Raine (2002c): Economic Integration and Spatial Agglomerations - European Regions in a Synthetic Free Trade Area Analysis, 23 pages. EcoMod Conference: Policy Modeling. July 4-6, 2002, Brussels, Belgium.
- Hermans, Raine – Kauranen, Ilkka (2003b): Intellectual Capital and Anticipated Sales in Small and Medium-sized Biotechnology Companies. “Innovations and Entrepreneurship in Biotech/ Pharmaceuticals and IT/ Telecom”, School of Technology Management & Economics, Chalmers University of Technology, May 19-20, 2003, Gothenburg, Sweden.
- Hermans, Raine – Kulvik, Martti (2004f): Measuring Intellectual Capital and Sources of Equity financing – Value Platform Perspective within the Finnish Bio-Pharmaceutical Industry. Conference on “I & C about IC - Interpretation and Communication of Intellectual Capital”, 2-3 September 2004, Helsinki, Finland.
- Hermans, Raine – Kulvik, Martti (2004g): The Health Care Cost Crisis and the Growth Potential of the Biotechnology Industry. The 25th Nordic Health Economists Study Group Meeting 20 - 21 August 2004, Reykjavik, Iceland.
- Hermans, Raine – Linnosmaa, Ismo (2003b): Price and cost structure of the pharmaceutical industry in Finland and USA. The 24th Nordic Health Economists' Study Group Meeting, 15 - 16 August 2003, Bergen, Norway.
- Linnosmaa, Ismo – Hermans, Raine – Karhunen, Taru (2003): Price-cost margin in the Finnish pharmaceutical industry. 4th World Congress, International Health Economics Association, June 15-18, San Francisco, USA. (The paper had to be sent to the evaluation process almost a year before the conference.)
- Linnosmaa, Ismo – Hermans, Raine – Karhunen, Taru (2002b): Price-cost margin in the Finnish pharmaceutical industry. The 23rd Nordic Health Economists' Study Group Meeting, 23 - 24 August 2002, Helsinki, Finland.



**ELINKEINOELÄMÄN TUTKIMUSLAITOS (ETLA)**  
THE RESEARCH INSTITUTE OF THE FINNISH ECONOMY  
LÖNNROTINKATU 4 B, FIN-00120 HELSINKI

---

Puh./Tel. (09) 609 900  
Int. 358-9-609 900  
<http://www.etla.fi>

Telefax (09) 601753  
Int. 358-9-601 753

**KESKUSTELUAIHEITA - DISCUSSION PAPERS ISSN 0781-6847**

Julkaisut ovat saatavissa elektronisessa muodossa internet-osoitteessa:  
<http://www.etla.fi/finnish/research/publications/searchengine>

- No 926 ANTTI-JUSSI TAHVANAINEN – RAINE HERMANS, Financial Pecking Order and the Value Platform of Intellectual Capital. Observing the Finnish Biotechnology Industry. 25.08.2004. 34 p.
- No 927 JYRKI ALI-YRKKÖ – MAARIT LINDSTRÖM – MIKA PAJARINEN – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Suomen asema globaalissa kilpailussa – yritysten sijaintipäätöksiin vaikuttavat tekijät. 30.08.2004. 83 s.
- No 928 PETRI BÖCKERMAN – EDVARD JOHANSSON – SATU HELAKORPI – RITVA PRÄTTÄLÄ – ERKKI VARTIAINEN – ANTTI UUTELA, Does a Slump Really Make You Thinner? Finnish Micro-level evidence 1978-2002. 01.09.2004. 20 p.
- No 929 ANTTI KAUKANEN – HANNU PIEKKOLA, What Makes Performance-Related Pay Schemes Work? Finnish Evidence. 13.09.2004. 22 p.
- No 930 KARI E.O. ALHO, Palkankorotusten vaihtoehdot ja talouden kasvu – toimialatarkasteluja Suomen teollisuudella. 04.10.2004. 17 s.
- No 931 EDVARD JOHANSSON – HANNU ALHO – URPO KIISKINEN – KARI POIKOLAINEN, Abstaining from Alcohol and Labour Market Underperformance – Have we forgotten the "dry" alcoholics? 23.09.2004. 12 p.
- No 932 MATTHIAS DESCHRYVERE, Health and Retirement Decisions: An Update of the Literature. 24.09.2004. 35 p.
- No 933 MATTHIAS DESCHRYVERE, Labour Force Behaviour of Elderly Two Adult Households: Evidence from EU-countries. 24.09.2004. 50 p.
- No 934 JARI HYVÄRINEN, EU Outsourcing to the East, Governance and Innovation Systems in the Baltic Countries – A Three-Stage Approach. 27.09.2004. 70 p.
- No 935 VILLE KAITILA, Integration and Conditional Convergence in the Enlarged EU Area. 07.10.2004. 17 p.
- No 936 MIKA PAJARINEN – PEKKA YLÄ-ANTTILA, Miksi yritykset investoivat ulkomaille? Yrityskyselyyn perustuva analyysi. 08.10.2004. 23 s.
- No 937 OTTO TOIVANEN, Choosing Standards. 11.10.2004. 31 p.
- No 938 TERTTU LUUKKONEN, Patentointi biotekniikka-alalla. 15.10.2004. 14 s.
- No 939 ESSI EEROLA – NIKU MÄÄTTÄNEN – PANU POUTVAARA, Citizens Should Vote on Secession. 20.10.2004. 15 p.

- No 940 MIKA WIDGRÉN – PEKKA SULAMAA, Aasian regionalismi vs. globaali vapaakauppa: Simulointitutkimus taloudellisista vaikutuksista. 21.10.2004. 23 s.
- No 941 MIKA WIDGRÉN, Suomen, Aasian ja uusien EU-maiden suhteellinen etu ja kilpailuasetelmien muutos. 21.10.2004. 28 s.
- No 942 MIKA MALIRANTA – SATU NURMI, Do Foreign Players Change the Nature of the Game among Local Entrepreneurs? 26.10.2004. 22 p.
- No 943 JYRKI ALI-YRKKÖ, Impact of Public R&D Financing on Private R&D – Does Financial Constraint Matter? 29.10.2004. 22 p.
- No 944 STEFAN NAPEL – MIKA WIDGRÉN, The Inter-Institutional Distribution of Power in EU Codecision. 05.11.2004. 26 p.
- No 945 MATHIAS CALONIUS, Luovan yhteiskunnan rakenteet, luovat toimialat ja muotoilu. 08.11.2004. 31 s.
- No 946 ARI HYYTINEN – MIKA PAJARINEN, Is the Cost of Debt Capital Higher for Younger Firms? 11.11.2004. 17 p.
- No 947 MARKKU STENBORG, Explaining Open Source. 11.11.2004. 34 p.
- No 948 OLAVI RANTALA, Toimialojen T&K-panostusten ja tuottavuuden ennustejärjestelmä – Julkisen t&k-rahoituksen vaikuttavuus ja tuottavuuden pitkän ajan kasvu. 12.11.2004. 54 s.
- No 949 CHRISTOPHER PALMBERG – OLLI MARTIKAINEN, The Finnish Telecom Sector Facing next Generation Standards – Indigenous Capabilities Versus R&D Alliances. 17.11.2004. 26 p.
- No 950 ARI HYYTINEN – LOTTA VÄÄNÄNEN, Mandatory Auditor Choice and Small Firm Finance: Evidence from Finland. 22.11.2004. 31 p.
- No 951 HANNU PIEKKOLA – MATTHIAS DESCHRYVERE, Retirement Decisions and Option Values: Their Application Regarding Finland, Belgium and Germany. 23.11.2004. 46 p.
- No 952 TUOMAS MÖTTÖNEN, Turvallisuus ja kilpailukyky – kansainvälisten kilpailukykykymittareiden valossa. 25.11.2004. 79 s.
- No 953
- No 954 TUOMAS MÖTTÖNEN, Totilaallinen T&K-panostus ja kilpailukyky. 25.11.2004. 29 s.
- No 955 RAINE HERMANS – ANNE ARVOLA – LEENA HAUHIO – MAARIT LINDSTRÖM – HANNA NIKINMAA – PANU TIKKA – OLLI HALTIA, Bioteknologisten sovellusten arvonluonti Suomen metsäklusterissa. 03.12.2004. 28 s.
- No 956 SATU NURMI, Employment Dynamics and Openness to Trade in Finnish Manufacturing. 01.12.2004. 28 p.
- No 957 DEREK C. JONES – PANU KALMI – MIKKO MÄKINEN, The Determinants of Stock Option Compensation: Evidence from Finland. 01.12.2004. 32 p.
- No 958 EDVARD JOHANSSON, Job Satisfaction in Finland – Some results from the European Community Household panel 1996-2001. 01.12.2004. 46 p.

Elinkeinoelämän Tutkimuslaitoksen julkaisemat "Keskusteluaiheet" ovat raportteja alustavista tutkimustuloksista ja väliraportteja tekeillä olevista tutkimuksista. Tässä sarjassa julkaistuja monisteita on mahdollista ostaa Taloustieto Oy:stä kopiointi- ja toimituskuluja vastaavaan hintaan. Papers in this series are reports on preliminary research results and on studies in progress. They are sold by Taloustieto Oy for a nominal fee covering copying and postage costs.