

# **Elinvoimaa ja lisäarvoa metsien sivuvirroista Satakunnassa**

Satakunnan metsätalouden kasvuohjelma

**2.12.2020**

Satakunnan metsätalouden ja –teollisuuden sivuvirtoja selvittävä ja kehittävä hanke



**SATAKUNTALIITTO**  
Regional Council of Satakunta

# Sisällys

Esipuhe .....	4
Tiivistelmä.....	5
1. LÄHTÖKOHDAT JA MÄÄRITTELYT.....	7
1.1. Laadintaprosessin kuvaus.....	7
1.2. Tausta .....	8
1.3. Metsäalaan vaikuttavat megatrendit ja osaamistarpeet .....	9
1.4. Metsäalaan kytkeytyviä strategioita ja ohjelmia.....	10
1.5. Satakunnan metsävarat ja metsäbiotalouden merkitys Satakunnassa.....	13
1.6. Satakunnan metsäteollisuus.....	14
2. METSÄTALOUDEN JA -TEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEET SATAKUNNASSA.....	17
2.1 Metsätalouden sivutuotteet.....	17
2.1.1. Suoraan metsästä tuleva energiapuu.....	17
2.1.2. Luonnontuotteet .....	19
2.2. Metsäteollisuuden sivutuotteet .....	20
2.2.1. Metsäteollisuuden sivutuotteiden tuotantomäärät ja käyttö .....	20
2.3. Metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden kulkuvirtamalli ja logistiikka .....	22
2.3.1. Puusivutuotelogistiikan nykytila.....	24
2.4. Kaskadiperiaatteen toteutumisesta Satakunnassa .....	25
3. SELLU- JA PAPERITEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEET .....	26
3.1. Sellu- ja paperiteollisuuden prosessien sivuvirtojen uusia käyttökohteita ja tuotteita .....	27
4. TUHKA.....	30
4.1. Tuhkan käyttö metsänlannoituksessa .....	31
4.2. Tuhkan käyttö metsätien rakennuksessa .....	32
5. PUUSIVUTUOTEMARKKINAT.....	33
5.1. Puun huoltovarmuus ja varastointi .....	34
5.2. Puusivutuotemarkkinat 1995–2019 .....	36
5.3. Puusivutuotemarkkinoiden nykytila ja markkinahinnat.....	37
5.4. Puusivutuotemarkkinat 2024 .....	39
5.5. Näkymä puusivutuotteiden liiketoimintaympäristöön .....	40
6. METSÄTALOUS JA -TEOLLISUUS SATAKUNTALAISESSA SIVUVIRTAEKOSYSTEEMISSÄ.....	42
6.1. Suomen metsäteollisuuden puusivutuotteiden käytön skenaariot 2030 .....	42

6.2. Metsätalous ja -teollisuus satakuntalaisten kestävän kehityksen sivuvirtaekosysteemin moottorina.....	44
7. KEHITTÄMISTEEMAT JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET.....	48
7.1. Sahanpurusta ja kuoresta sekä muista metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteista korkearvoisempia tuotteita .....	49
7.2. Ravinteet kiertoon tuhkalannoituksella .....	50
7.3. Energiapuun korjuun lisääminen.....	51
7.4. Satakunnan biosivutuote-ekosysteemin ja -osaamisen kehittäminen.....	52
Lopuksi.....	53
Lähteet.....	54

## Esipuhe

Satakunnan maakuntaohjelma 2018-2021 sisältää maakunnan strategiset aluekehittämistavoitteet, joiden tavoitteena on maakunnan kilpailukyvyyn ja elinvoiman vahvistaminen. Elinkeinoelämän menestystä edistetään vahvistamalla maakunnan tukijalkoja ja kasvua mahdollistavia aloja; uudistuvaa vastuullista teollisuutta, energia-alaa ja elintarvikeketjua, bio- ja kiertotaloutta sekä sinistä kasvua.

Bio- ja kiertotalouden kasvun ja kilpailukykyisen toimintaympäristön edistäminen edellyttää toimijoiden yhteistyötä ja sitoutumista sekä osaamisen kehittämistä. Luonnonvarojen vastuullisella ja innovatiivisella käytteisellä voidaan vahvistaa alue- ja paikallistaloutta, luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä työpaikkoja. Metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteet ovat merkittävä osa Satakunnan bio- ja kiertotaloutta sekä energiatuotantoa. Metsäpohjaisen kiertotalouden kehittäminen synnyttää uusia ekosysteemejä, kumppanuuksia ja verkostoja sekä luo yhteistyötä yli toimialarajojen. Metsien kestävä hyödyntäminen ja metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden hyödyntäminen uusien tuotteiden raaka-aineena ja energiantuotannossa on esillä useissa EU-tason, kansallisissa ja alueellisissa strategioissa ja ohjelmissa.

Satakunnan metsätalouden kasvuohjelma – Elinvoimaa ja lisäarvoa metsien sivuvirroista Satakunnassa, on tuotettu Satakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtoja selvittäneessä hankkeessa, jonka tavoitteena on ollut tuottaa kokonaiskuva Satakunnan alueella tuotettavista ja käytettävistä metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteista ja niiden kulkuvirroista. Lisäksi on selvitetty sivutuotemarkkinoita ja sivutuotteiden käytön muutoksia tulevina vuosina. Selvitystyön taustalla on ollut ajatus metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden optimaalisesta ja kaskadiperiaatteen mukaisesta ohjautumisesta. Tähän kasvuohjelmaan laadituista selvityksistä ovat vastanneet Ari Vastamäki Anuari Oy:stä, Tapio Nummi Suomen Metsäkeskuksesta ja Heikki Perko Prizztech Oy:stä.

Selvitystyön rungon on muodostanut maakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden tuottajien ja käyttäjien haastatteluista saatu tietopohja. Lisäksi työssä on käytetty saatavilla olevia tilastoaineistoja. Selvitysten ja valmisteluprosessin aikana maakunnan toimijoilta saatujen näkemysten pohjalta on noussut esiin teemoja, joissa on maakunnallista kehittämispotentiaalia. Kehittämisteemoja ja niihin liittyviä toimenpide-ehdotuksia on kuvattu luvussa 7. Tämän kasvuohjelman kehittämisteemoissa on tuotu esille toimenpiteitä, joilla on mahdollista edistää ratkaisuja metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden mahdollisimman kattavaan, kannattavaan ja optimoituun hyödyntämiseen.

Hankkeen toteutuksesta vastasi Satakuntaliitto. Hankkeen rahoitus saatiin valtion vuoden 2019 talousarvion momentilta 32.01.40 Työ- ja elinkeinoministeriön kautta. Satakuntaliitto kiittää työssä eri tavoin mukana olleita, selvitystöiden toteuttajia sekä työpajoihin ja haastatteluihin osallistuneita toimijoita, jotka ovat tuoneet arvokasta tietoa tämän kasvuohjelman pohjaksi.

Porissa xx.12.2020

xx xxx

Satakuntaliitto

## Tiivistelmä

Tiivistelmässä esitetään keskeisiä havaintoja kasvuohjelman taustaselvityksissä käsitellyistä metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirroista ja niiden käyttöön ja tuotantoon liittyvästä kehittämispotentiaalista.

Satakunnan metsistä korjataan pääosin hakkuiden yhteydessä metsähaketta 472 000 m<sup>3</sup> ja siitä 30 % viedään maakunnan ulkopuolelle. Energiapuun korjuumäärät ovat lähellä laskennallisia potentiaaleja, mutta energiapuun korjuuta voidaan toki vielä lisätä esimerkiksi lisäämällä kantojen nostoa. Metsätalouden sivutuotteista koivun lehdet ja kuusenkerkät kerätään erilliskeräyksenä, mutta niiden keruun yhdistämistä hakkuisiin ja taimikonhoitoon voidaan kehittää.

Metsäteollisuus on sekä puusivutuotteiden käyttäjä että tuottaja. Sellu- ja paperitehtailla kuorta ja seulontapurua syntyy kuitupuun kuorinnan, haketuksen ja hakkeen seulonnan yhteydessä. Sahoilla sahauksen sivutuotteina syntyy pääasiassa sahaketta, sahanpurua, kuorta. Kuori poltetaan usein teollisuuslaitosten omissa tai kumppanien lämpö- ja voimalaitoksissa sahatavaran kuivaamiseksi. Sahahake käytetään sellu- ja paperitehtailla. Sahanpuru päättyy nykyisessä markkinatilanteessa polttoaineeksi.

Metsäteollisuus tuotti puusivutuotteita (sahanpuru, seulapuru, kuori, puumurskeet ja kutterinlastu) hankkeessa tehtyjen haastattelujen mukaan 2019 yhteensä 1 864 GWh. Tuotetusta sivutuotemäärästä käytettiin Satakunnassa 1184 GWh eli noin 65 %. Satakunnassa tuotetuista ja käytetystä sahanpurusta ja kuoresta yli 90 % ohjautui polttoon. Satakunnan sahoilla syntyi sahaketta noin 700 000 m<sup>3</sup>, sahanpurua 565 GWh, kuorta 472 GWh, puumurskeita 65 GWh sekä kutterinlastua 30 GWh. Sahahake käytettiin käytännössä kaikki Satakunnassa. Sahanpurun tuotannosta toimitettiin ympäröiviin maakuntiin 44 %.

Satakunnassa sahakke ohjautuu kaskadiperiaatteen mukaisesti kokonaisuudessaan korkeamman jalostusarvon eli selluloosan ja paperin valmistukseen. Muiden puusivutuotteiden osalta kaskadiperiaate toteutuu vajavaisesti, koska ne ohjautuvat lähes kokonaan polttoon. Energiantuotannon kannalta ne ovat kuitenkin hyvin merkittäviä polttoaineita.

Metsäteollisuuden ja metsätalouden puusivutuotteet ovat voimalaitoksissa toisiaan korvaavia polttoaineita. Metsäteollisuuden kaikki puusivutuotteet ovat täysimääräisesti käytössä. Metsätalouden sivutuotteiden hankintaa voidaan vielä tehostaa. Metsätalouden puusivutuotteiden lisämäärien hankinnan perusedellytys on kannattava liiketoiminta. Kestävän metsätalouden rahoituslain (KEMERA) pienpuun korjuutuki on tärkeä osa lisämäärien hankinnan mahdollistamista.

Puun huoltovarmuus perustuu pääosin laaja-alaiseen jatkuvaan metsätalouden ja metsäteollisuuden puusivutuotteiden tuotantoon. Puusivutuotteita voidaan varastoida tuotannon ja käytön tasaamiseksi puuterminaaleissa ja näin voidaan parantaa myös huoltovarmuutta. Puusivutuotemarkkinoilla on ollut selkeitä epätasapainotilanteita kysynnän ja tarjonnan suhteen lähihistoriassa. Myös päästökaupan hiilidioksiditonin hinnan vaihtelu on vaikuttanut puusivutuotteiden hintaan.

Satakunnassa sivutuotteiden tuottajat ovat melko tyytyväisiä nykyiseen markkinatilanteeseen. Hintataso on noussut viimeisen kahden vuoden kuluessa 10-20 %. Puusivutuotteiden arvo Satakunnassa on 62 milj. €. Puusivutuotemarkkinoiden odotetaan kasvavan kuluvalle vuosikymmenellä eniten turpeen käytön vähentymisen vuoksi. Satakunnassa käytettiin 2019 turvetta 725 GWh, mikä vastaa noin 350 000 kiintokuutiota puusivutuotteita. Metsä Groupin Raumalle rakenteilla oleva suuri mäntysaha muuttanee puusivutuotteiden ohella kuitupuun ja myös koko energiapuun markkinatilannetta. Myös mahdolliset investoinnit esim. biokonversiolaitokseen vaikuttavat toteutuessaan laajalti markkinaan.

Satakunnassa syntyy tuhkaa 89 000 tn/v. Siitä valtaosa päätyy erilaiseen infrarakentamiseen. Metsien tuhkalannoituksen määrät ovat pieniä ja metsälannoitukseen soveltuvaa tuhkaa jää käyttämättä suuria määriä. Ravinteiden kierrätystä tuhkalannoituksella takaisin metsään, etenkin turvemaille, on mahdollista lisätä huomattavasti. Samalla metsien hiilensidonta lisääntyisi nopeasti.

# 1. LÄHTÖKOHDAT JA MÄÄRITTELYT

## 1.1. Laadintaprosessin kuvaus

Satakunnan metsätalouden kasvuohjelma - Satakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtoja selvittävä ja kehittävä hanke 2019–2020 sai rahoituksen valtion vuoden 2019 talousarvion momentilta 32.01.40 Työ- ja elinkeinoministeriön kautta. Hankkeen toteutusaika oli 1.10.2019 – 31.12.2020. Hanketta koordinoi Satakuntaliitto.

Osana ohjelman laadintaa järjestettiin avoimia työpajoja (3.2.2020, 1.10.2020 ja 5.11.2020), joihin osallistui yhteensä noin 90 henkilöä. Alkuvuodesta 2020 alkanut koronaviruspandemia vaikutti hankkeen toteuttamiseen siten, että 1.10.2020 järjestetty työpaja (Satakunnan metsäfoorumi) toteutettiin hybridimallisena, eli siihen oli mahdollista osallistua paikan päällä ja etäyhteydellä ja 5.11.2020 järjestetty työpaja (Elinvoimaa ja lisäarvoa metsiemme sivuvirroista) toteutettiin kokonaan etäyhteydellä. Syksyn työpajoissa fasilitaattorina ja sähköisten työpaja-alustojen toteuttajana toimi MDI Public Oy. Selvitysluonnokset olivat nähtävillä ja kommentoitavana Satakuntaliiton nettisivuilla 15.9.-13.10.2020. Kommentteja saatiin 5 kpl. Ohjelmaan sisältyvistä taustaselvityksistä vastasivat Anuari Oy, Suomen metsäkeskus ja Prizztech Oy. Keskeisen osan selvitystyön taustasta muodostavat Satakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteita tuottavien ja käyttävien toimijoiden haastattelut, joita toteutettiin noin 60 kpl.

Luvun 7 kehittämisteemoissa tuodaan esille ne metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteisiin liittyvät teemat, joissa on selvitysten ja työpajoissa saatujen näkemysten havaittu olevan kehittämispotentiaalia maakunnassa. Kehittämisteemojen yhteydessä on esitetty tavoiteltavia kokonaisuuksia sekä teemoihin liittyviä toimenpide-ehdotuksia tavoitteisiin pääsemiseksi ja jatkotoimenpiteiden pohjaksi.

Huomioitavaa on, että tämän kasvuohjelman tausta-aineistoksi laadittujen selvitysten tiedot ovat pääosin saatu maakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden tuottajien ja käyttäjien haastatteluista keväältä 2020. Lisäksi työssä on käytetty saatavilla olevia tilastoaineistoja, joiden kohdalla tekstissä on lähdeviittaus. Tiedot eivät tästä syystä ole kaikilta osin vertailukelpoisia. Erot voivat johtua myös siitä, että tilastointivuosi on eri kuin haastatteluvuosi. Haastattelujen kautta on saatu arvokasta ja ajantasaista tietoa metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden käytön ja tuotannon nykytilanteesta Satakunnassa.

Laki viranomaisten suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnin 3 § mukaan suunnitelmasta tai ohjelmasta vastaava viranomainen veloitetaan selvittämään ympäristövaikutukset ja huolehtimaan siitä, että suunnitelman tai ohjelman ympäristövaikutukset selvitetään ja arvioidaan riittävässä määrin valmistelun kuluessa, jos suunnitelman tai ohjelman toteuttamisella saattaa olla merkittäviä ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten huomioon ottaminen on tärkeä osa Satakunnan metsätalouden kasvuohjelman toteuttamista. Ohjelman keskeiset ympäristövaikutukset ovat lähtökohdiltaan myönteisiä. Myönteisten vaikutusten syntyminen edellyttää, että toimenpide-ehdotuksiin sisältyvien toimien ja hankkeiden toteuttaminen on suunnitelmallista ja hallittua. Hankkeet tulee aina suunnitella ja toteuttaa siten, että haitalliset vaikutukset ympäristöön mukaan lukien sosiaaliset vaikutukset jäisivät mahdollisimman vähäiseksi.

Taustaselvitysten teemat ja niiden laatijat olivat:

- Sivutuotteiden tunnistaminen ja määrittely (Suomen metsäkeskus, Prizztech Oy, Anuari Oy)
- Sivutuotteiden tuottajien ja käyttäjien haastattelut (Suomen metsäkeskus, Prizztech Oy, Anuari Oy)
- Sivutuotteiden potentiaalien laskenta. Sivutuotteiden potentiaaliset uudet käyttö- ja jatkojalostusmahdollisuudet, sivutuotteiden tuotanto ja käyttö. Sivutuotteita käyttävien yritysten kartoitus ja tulevaisuuden tarpeet (Suomen metsäkeskus, Prizztech Oy, Anuari Oy)
- Sivutuotteiden kulkuvirtamallin laadinta (Suomen metsäkeskus)
- Sivutuotemarkkinan ja -logistiikan nykytilan kartoitus, markkinahintalaskelmat ja sivutuotteiden markkinoilla tapahtuvat tiedossa olevat muutokset 2020-21 ja ennuste vuoteen 2024 (Anuari Oy)
- Puutuhkan käyttömahdollisuuksien selvitys (Suomen metsäkeskus, Anuari Oy)
- Sivutuotteiden uusien käyttömahdollisuuksien selvitys (Prizztech Oy)

## 1.2. Tausta

Biotalousella tarkoitetaan taloutta, joka käyttää uusiutuvia luonnonvaroja ravinnon, energian, tuotteiden ja palvelujen tuottamiseen. Biotaloudelle on ominaista uusiutuvien biopohjaisten luonnonvarojen ja ympäristöä säästävän puhtaan teknologian käyttö sekä materiaalien tehokas kierrätys. (Sitra 2018). Biotalous kattaa maatalouden, metsätalouden, kalatalouden, elintarvikealan, bioenergian ja biopohjaiset tuotteet.

Metsiin ja puuhun perustuva, metsäbiomassan ja siihen perustuva teolliset sivuvirrat sisältävä metsäbiotalous kattaa useita erilaisia teollisuuden ja tuotannon aloja ja toimintoja. Metsäbiomassaan luetaan kuuluviksi runkopuu, kannot, hakkuutähteet, puun kuori sekä marjat, kävyt ja metsäkasvit. Metsäbiotalouteen kuuluu esimerkiksi metsäbiomassan jalostaminen metsä-, energia-, kemian- tai elintarviketeollisuudessa. Puuraaka-aineeseen pohjautuvien tuotantoprosessien lisäksi metsäbiotalouteen kuuluvat metsien muut tuotteet (marjat, sienet, riista) sekä luontomatkailu ja metsien virkistys- ja terveystuotteet (Tapio).

Biotaloudessa on osa-alueita, jotka ovat myös kiertotaloutta, kuten metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen esimerkiksi ravinteina, biokaasun tuotannossa tai tuotteissa. Kiertotalouteen luetaan kuuluvaksi myös raaka-aineiden hyödyntäminen tavallista korkeammissa, neitseellisiä raaka-aineita korvaavissa, pitkäikäisissä ja hiiltä sitovissa tuotteissa, kuten puupohjaisissa tekstiileissä tai biomuoveissa sekä ravinteiden kierrätys takaisin maaperään esim. maaperän ravinteiden sitomista parantavat tekniikat (Sitra 2018). Metsäteollisuus on osa biopohjaista kiertotaloutta, jossa kestävästi tuotettua uusiutuvaa raaka-ainetta, puuta, hyödynnetään tehokkaasti ja jätemäärää minimoidaan.

Kiertotaloudessa hyödynnetään raaka-aineita tehokkaasti ja kierrätetään tuotteita, jotta niiden arvo säilyy mahdollisimman pitkään. Kiertotaloudessa tuotteet suunnitellaan siten, että ne ovat uudelleen käytettävissä ja kierrätettävissä, suositaan uusiutuvia luonnonvaroja, tuotteita korvataan palveluilla ja energia tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä (Sitra 2014). Kiertotaloudessa pyritään hyödyntämään yritysten sivuvirrat uusilla palvelumuodoilla ja liiketoimintamalleilla.



Resurssitehokkuus on osa kiertotaloutta. Se tarkoittaa materiaalien optimaalista käyttöä, hukan vähentämistä ja välttämistä sekä luonnonvarojen riittämisen edistämistä. Uutta arvoa pyritään luomaan pienemmistä materiaalisista panoksista. Resurssitehokkuudessa tuotannon sivuvirrat ovat arvokasta raaka-ainetta uusiin tuotteisiin ja hyötykäyttöön. Resurssiviisautta on kyky käyttää resurssit kuten luonnonvarat, energia, raaka-aineet, tuotteet ja palvelut, tilat ja aika, harkitusti ja kestävästi kehitystä sekä hyvinvointia edistävällä tavalla. (Sitra 2018). Suomessa puuraaka-aine hyödynnetään resurssiviisaasti ja metsäteollisuuden sivuvirtoja hyödynnetään monipuolisesti ja tehokkaasti. Puusta ja puunjalostuksen tuotteista saadaan perinteisten tuotteiden lisäksi ainesosia erilaisiin uusiin tuotteisiin, kuten kemikaalien, kosmetiikan, liikennepolttoaineiden, lääkkeiden, älypakkausten, pinnoitteiden, liimojen, muovien, komposiittien, eläinrehujen ja funktionaalisten elintarvikkeiden tuottamiseen ja kangaskuituihin (MMM 2019). Materiaalitehokkuutta on puun eri osien käyttö siellä, missä niillä on eniten arvoa.

Materiaalivirtojen hyödyntämisen optimointi, erilaiset teolliset symbioosit sekä korkeamman jalostusasteen liiketoiminnan kehittäminen käyttämättömistä materiaalivirroista edellyttävät yrityksiltä uusien arvoketjujen kehittämistä sekä uudenlaisia kumppanuuksia myös oman toimialan yli.

Kaskadiperiaate tarkoittaa raaka-aineiden käytön tärkeysjärjestykseen asettamista, mikä mahdollistaa resurssitehokkuuden. Periaatteen mukaan raaka-aineita käytetään ensisijaisesti korkean jalostusasteen tuotteisiin, jotka ensin käytetään, sitten uusiokäytetään tai kierrätetään ja vasta lopuksi hyödynnetään esimerkiksi energiantuotannossa. Tämä tarkoittaa puun käytön kohdalla yksinkertaistettuna puumateriaalin teollisen hyödyntämisen ja kierrätyksen asettamista energiakäytön eli polttamisen edelle. (Sitra 2018).

Hyvin hoidetut ja kasvavat metsät toimivat vahvoina hiilinieluinä. Puuperäiset tuotteet sitovat hiiltä pitkiäkin aikoja ja korvaavat fossiilisia raaka-aineita. Siksi metsien ja metsästä saatavien tuotteiden sekä niiden sivuvirtojen jatkuvaan kehittämiseen tulee panostaa entistä enemmän.

### 1.3. Metsäalaan vaikuttavat megatrendit ja osaamistarpeet

Kansallinen metsästrategia tuo esille meneillään olevia globaaleja muutoksia ja ilmiöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi metsäalan toimintaympäristöön. Näitä muutostekijöitä ovat luonnonvarojen niukkeneminen, ilmastonmuutos, luonnon monimuotoisuuden väheneminen, energian kysynnän kasvu erityisesti kehittyvissä maissa, maailmantalouden painopisteiden muutokset sekä teknologian nopea kehitys ja digitalisaatio. Kestävyyden kokonaisvaltainen turvaaminen edellyttää toimintaympäristön muutuskulkujen havaitsemista ja niiden huomioimista ja yhteensovittamista metsäalalla. (MMM 2019).

Metsäbiotaloudella ja biokiertotaloudella on mahdollista vastata ilmiöiden tuomiin haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Osana kiertotalouden ja vähähiilisyden edistämistä ratkaisuja ovat mm. uudet energianlähteet, sivuvirtojen hyödyntäminen sekä puun käyttäminen fossiilisten raaka-aineiden ja muovin korvaajana.

Metsien käyttö sekä metsien hiilinielut ja -varastot ovat nousseet ilmastonmuutokseen liittyen laajasti esille. Osana resurssiviisasta biotaloutta uudet biomateriaalit tuovat perinteisten tuotteiden rinnalla uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Nopea teknologinen kehitys mahdollistaa uusien puuhun ja metsiin

perustuvien tuotteiden ja palveluiden kehittämisen. Digitalisaatio, automaatio ja robotiikka tuovat uusia mahdollisuuksia esimerkiksi teollisiin symbiooseihin ja älykkääseen biomassojen ohjaukseen liittyviin ratkaisuihin. Edellä kuvatut muutuskulut tulevat vaikuttamaan myös työvoiman osaamisvaatimuksiin tulevaisuuden bio-, kierto-, digi-, alusta-, verkosto- yms. talouksissa.

Opetushallitus on selvittänyt koko metsäalan kattavia keskeisiä osaamistarvekokonaisuuksia, joita tarvitaan jo nyt ja joiden merkitys tulee tulevaisuudessa korostumaan. Osaamistarpeita on tuotu esille mm. seuraavissa kokonaisuuksissa: ympäristöosaaminen, teknologiaosaaminen mm. automaation, robotiikan ja digitalisaation osalta, tutkimus- ja kehittämisosaaminen, prosessi- ja raaka-aineosaaminen, metsänkasvatus- ja hakkuumenetelmien tuntemus, viestintätaidot, yrittäjyys- ja asiakasosaaminen, toimiminen eri toimialojen rajapinnoilla ja eri alojen asiantuntijoiden kanssa, verkostoitumistaidot sekä työturvallisuus (OPH 2017).

#### 1.4. Metsäalaan kytkeytyviä strategioita ja ohjelmia

*YK:n kestävän kehityksen agendan 2030* tavoitteet ja toimintaohjelma ohjaavat kestävän kehityksen edistämistä vuoteen 2030 saakka kaikkialla maailmassa. Agenda 2030 pyrkii talouden, ihmisten hyvinvoinnin ja ympäristön kannalta kestävään kehitykseen. Kestävän kehityksen agenda tavoittelee mm. edullisen, luotettavan, kestävän ja uudenaikaisen energian saatavuuden varmistamista (tavoite 7). Kestävän kehityksen agendan tavoitteena on myös lisätä resurssien tehokasta käyttöä sekä edistää puhtaiden teknologioiden ja prosessien käyttöä rohkaisemalla innovaatioita ja lisäämällä tieteellistä tutkimusta (tavoite 9). Agenda tavoittelee kulutus- ja tuotantotapojen kestävyuden varmistamista mm. luonnonvarojen kestävän ja tehokkaan käytön kautta (tavoite 12). Tärkeänä tavoitteena on myös kiireellisesti toimia ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan (tavoite 13). (UM 2018.)

*EU:n vuonna 2018 julkaisemassa Biotalousstrategiassa* (A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment) esitetään toimenpiteet Euroopan yhteiskuntaa, ympäristöä ja taloutta palvelevan kestävän ja kierto- perustuvan biotalouden kehittämiseksi. Strategian avulla pyritään parantamaan ja lisäämään uusiutuvien luonnonvarojen kestävä käyttöä, jotta voidaan puuttua ilmastonmuutoksen ja kestävän kehityksen kaltaisiin maailmanlaajuisiin ja paikallisiin haasteisiin. Strategia korostaa sitä, että biotalouden eli kiertotalouden uusiutuvan osa-alueen kehittämisellä on mahdollista löytää uusia ja innovatiivisia tapoja tuottaa energiaa ja uusia tuotteita. Tämä tarkoittaa mm. uusien biopohjaisten tuotteiden kehittämistä ja sivuvirtojen hyödyntämistä. (Euroopan komissio 2018).

*EU:n alkuvuodesta 2021 julkaistava uusi metsästrategia (EU Forest strategy)* kattaa koko metsänkierron ja edistää metsien monia palveluja. Strategialla luodaan edellytykset terveille ja selviytymiskykyisille metsille, jotka ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta, edistävät ilmastotavoitteita, säilyttävät elinkeinoja sekä tukevat kiertobiotaloutta. Painopisteinä tulevat olemaan EU:n metsien suojelu, ennallistaminen ja kestävä hoito. Metsästrategia perustuu komission aiemmin julkaisemaan Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaan (Green deal) sekä biodiversiteettistrategiaan. (Euroopan komissio 2020).

*Euroopan vihreän kehityksen ohjelma (European Green Deal)*, on Euroopan komission joulukuussa 2019 julkaisema kasvustrategia, jonka päätavoitteena on EU:n ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä.

Ohjelmalla edistetään resurssien tehokasta käyttöä, siirtymistä kiertotalouteen, ilmastonmuutoksen hillintää ja biologisen monimuotoisuuden säilyttämistä sekä vähennetään saastumista. Vihreän kehityksen ohjelmassa metsäsektoria on käsitelty erityisesti monimuotoisuuden, suojelutavoitteiden ja hiilinielujen kasvattamisen kannalta. (Euroopan komissio 2020).

*Oikeudenmukaisen siirtymän mekanismi ja Oikeudenmukaisen siirtymän rahasto (Just Transition Fund)*  
Euroopan komissio on esittänyt EU:n ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi oikeudenmukaisen siirtymän mekanismia. Mekanismi sisältää mm. uuden oikeudenmukaisen siirtymän rahaston (Just Transition Fund, JTF) perustamisen ohjelmakaudelle 2021–2027. Rahaston tarkoituksena on tukea niitä alueita ja toimialoja, joihin hiilineutraaliin yhteiskuntaan siirtyminen eniten vaikuttaa. Rahasto kohdentuu fossiilisista polttoaineista (hiili, turve, öljyliuske) riippuvaisille alueille ja paljon kasvihuonekaasuja aiheuttavaan teollisuuteen. (Euroopan komissio 2020).

Pääministeri Sanna Marinin *hallituksen ohjelmassa* (2019) ”Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta” on hiilinielujen ja -varastojen vahvistamiseen liittyvä tavoite. Tavoitteen saavuttamisen yhtenä keinona on korkean jalostusarvon ja pitkään hiiltä varastoivien puutuotteiden tutkimusta ja tuotekehitystä sekä sivuvirtojen kestävää hyödyntämistä. Tähän liittyy sen varmistaminen, että puumarkkinat ovat läpinäkyvät ja toimivat, jotta puuaines ohjautuu tarkoituksenmukaisesti. (Valtioneuvosto 2019).

*Kansallisen biotalousstrategian (Kestävää kasvua biotaloudesta, Suomen biotalousstrategia 2014)*  
tavoitteena on luoda uutta talouskasvua ja uusia työpaikkoja biotalouden liiketoiminnan kasvulla sekä korkean arvonlisän tuotteilla ja palveluilla, turvaten samalla luonnon ekosysteemien toimintaedellytykset. Metsien hyvästä kasvukunnosta ja metsäluonnon monimuotoisuudesta huolehtimisen sekä puumarkkinoiden määrätietoisesta vahvistamisesta nähdään olevan ratkaisevassa asemassa metsien käyttöasteen nostamisessa sekä perustana kestävä biotalouden kasvun synnyttämiselle. Strategia korostaa biomassavarojen viisasta hyödyntämistä, niihin liittyvän teknologian ja uusien arvoverkkojen kehittämistä, uusia käyttötapoja korkean arvonlisän tuotteisiin ja palveluihin sekä niiden liiketoimintamahdollisuuksia esim. innovatiivisissa pitkälle jalostetuissa puutuotteissa ja erilaisista puun ainesosista valmistetuissa uusissa tuotteissa. Kansallisen biotalousstrategian päivitystyö on käynnistynyt vuonna 2020. Päivityksen tavoitteena on luoda biotalouden avulla uusia tuotteita ja palveluja, jotka tukevat talouskasvua ja työllisyyttä ja edistävät samalla hiilineutraaliin yhteiskuntaan siirtymistä. (MMM 2014)

*Suomen kiertotalouden tiekartta* (Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016–2025) kuvaa, millä konkreettisilla toimilla voidaan vauhdittaa Suomen siirtymää kohti kilpailukykyistä kiertotaloutta. Yhtenä painopistealueena tiekartassa ovat metsäperäiset kierrot. (Sitra 2016).

*Kansallisessa metsästrategiassa 2025* kuvataan metsäalan kehittämisen painopisteet ja toimenpiteet, joihin julkinen valta keskittyy osana alan yhteistä kehittämistä. Metsästrategia painottaa mm. metsiin, metsänomistukseen ja puun ja muiden metsistä saatavien raaka-aineiden käyttöön liittyvien innovaatioiden, yrittäjyyden, uusien investointien, liiketoiminnan kasvun sekä uusien työpaikkojen luomista sekä metsien aktiivista, taloudellisesti, ekologisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä ja monipuolista käyttöä. Metsästrategia tuo esille, että perinteiset metsäteollisuuden tuotteet ovat edelleen taloudelliselta merkitykseltään keskeisessä asemassa, mutta niiden rinnalla kehitetään ja tuotetaan uusia innovatiivisia puuhun perustuvia korkean lisäarvon tuotteita. Lisäksi puuhun perustuvan energian tuotanto kasvaa

erityisesti lämmön ja biopolttoaineiden tuotannossa. Alueelliset metsäohjelmat toteuttavat metsästrategian tavoitteita alueellisella tasolla. (MMM 2019.)

Uudet *alueelliset metsäohjelmat* kaudelle 2021-2025 valmistuivat syyskuussa 2020. Ne edistävät metsien monipuolista ja kestävää käyttöä. Niiden tavoitteena on tuoda maakuntiin lisää työtä ja hyvinvointia, turvata metsäluonnon monimuotoisuutta sekä antaa eväitä ilmastonmuutokseen varautumiseen. Lounais-Suomen alueellisen metsäohjelman tavoitetilana on Lounais-Suomen metsien aktiivinen, kestävä hoito ja käyttö, joka lisää hyvinvointia sekä maaseudun elinvoimaisuutta. Alueellisen metsäohjelman metsäenergiaa koskevassa kehittämistavoitteissa tavoitteena on maltillisesti lisätä kestävästi tuotettua metsäenergiaa ja hyödyntää metsätalouden sivuvirtoja uusiutuvan energian tuotannossa. Metsäohjelman ilmastokestävään metsätalouteen liittyvässä tavoitetilassa metsä- ja sahateollisuuden sivuvirrat hyödynnetään tehokkaasti ilmastovaikutukset huomioiden. Ilmastokestävän metsätalouden teemassa tavoitteena on puuraaka-aineen monipuolinen ja tehokas käyttö. Tavoitetta toteutetaan mm. tukemalla metsä- ja sahateollisuuden sivuvirtojen hyödyntämistä ja jatkojalostusta. (Suomen metsäkeskus 2020).

*Satakunnan vaihemaakuntakaavassa 2* on bioenergian osalta tarkasteltu mahdollisia bioenergian käsittelyyn ja varastointiin liittyviä maakunnallisesti merkittäviä terminaalitoimintojen alueita. Terminaalitoimintojen alueilla voidaan tukea ja täydentää nykyistä energialaitosten ja bioenergian varastointi- ja käsittelyalueiden verkostoa. Lisäksi voidaan monipuolistaa järjestelmää edistämällä puupohjaisten energijakeiden lisäksi myös muiden biotuotteiden kuljettamista samaa logistista järjestelmää hyödyntämällä. (Satakuntaliitto 2019).

*Satakunnan maakuntaohjelman 2018–2021* kehittämisteemassa bio- ja kiertotalous tavoitteena on kehittää biotalouden kasvulle kilpailukykyinen toimintaympäristö sekä luoda uutta monialaista yrittäjyyttä ja työpaikkoja sekä uusia ekosysteemejä ja pitkälle jalostettuja korkean arvonlisäyksen biopohjaisia tuotteita ja palveluja. Kehittämispotentiaalia nähdään mm. energiainnovaatioissa sekä metsä-, kemian ja energiateollisuuden uusissa biopohjaisissa tuotteissa ja materiaaleissa sekä näitä tukevissa teknologioissa ja palveluissa. Metsäbiotalouden ekosysteemit ja arvoketjut mahdollistavat uusia ratkaisuja sekä liiketoiminnan mahdollisuuksia. Satakunnassa halutaan maakuntaohjelman tavoittein edistää metsävarojen monipuolista ja kestävää hyödyntämistä luonnon monimuotoisuus huomioiden sekä huolehtia metsien käytön ja suojelun tasapainosta. Maakuntaohjelma linjaa myös tärkeäksi innovatiivisten ja pitkälle jalostettuja biopohjaisten tuotteiden kehittämisen ja puurakentamisen edistämisen sekä teollisuuden ja alkutuotannon sivuvirtojen hyödyntämisen ja erilaisten teollisten symbioosien luomisen. Maakuntaohjelma korostaa myös alemman asteisen tieverkon kunnossapitoa, joka on merkittävää erityisesti maakunnan metsäbiotalouden kannalta. Bio- ja kiertotalouden osaaminen vahvistaa maakunnan älykästä erikoistumista ja mahdollisuuksia kasvuun. (Satakuntaliitto 2017.)

Muita maakunnallisesti metsäalaan kytkeytyviä strategioita ja ohjelmia ovat mm. Ilmasto- ja energiastrategia, jota parhaillaan päivitetään Satakunnan ammattikorkeakoulun koordinoimana osana Canemure -hanketta sekä Satakunnan bio- ja kiertotalouden kasvuohjelma (Satakuntaliitto 2019).

## 1.5. Satakunnan metsävarat ja metsäbiotalouden merkitys Satakunnassa

Satakunnan maakunnan pinta-ala on 782 000 hehtaaria. Siitä 561 000 hehtaaria on metsätalousmaata ja 522 000 hehtaaria metsämaata. Puuston tilavuus metsä- ja kitumaalla on 77 milj. m<sup>3</sup> ja keskitilavuus metsämaalla 146 m<sup>3</sup>/ha. Satakunnan alueella on 3,1 % koko maan metsien puustosta. Puustosta on 46 % mäntyä, 36 % kuusta, 14 % koivua ja 4 % muita lehtipuita. Puuston vuotuinen kasvu Satakunnassa on 3,3 milj. m<sup>3</sup> ja vuotuinen poistuma (2015–2019) oli 3,0 milj. m<sup>3</sup>. Luvut perustuvat Luonnonvarakeskuksen toteuttamaan valtakunnan metsien (VMI) tuoreimpiin tuloksiin, jossa inventointi on tehty vv. 2015 - 2019. Inventoinnin mukaan 57 % Satakunnan puuntuotannon metsämaan alasta on varttuneita kasvatusmetsiä ja uudistuskypsiä metsiä, joten metsien uudistamismahdollisuuksia on runsaasti.

Satakunnassa metsäbiotalouden tuotoksen, arvonlisän ja investointien osuus suhteessa muihin toimialoihin on selvästi suurempi kuin koko maassa keskimäärin. Metsäbiotalouden osuus Satakunnan biotalouden tuotoksesta on 41 %. Euromääräisesti metsäbiotalouden tuotos on Satakunnassa 1 532 miljoonaa euroa, joka on koko maan keskiarvoa (1 355 milj. e) korkeampi. Metsäbiotalouden arvonlisäys Satakunnassa on 368 miljoonaa euroa, joka vastaa 6 % kaikkien toimialojen arvonlisäyksestä maakunnassa. Maakunnassa keskimäärin metsäbiotalouden osuus kaikkien toimialojen arvonlisäyksestä on 4 %. Metsäbiotalouden investoinnit Satakunnassa olivat 66 miljoonaa euroa, kun investoinnit olivat maakunnassa keskimäärin 64 milj. euroa. (Tapio 2016)

Metsäbiotalouden työllisyyden osuus kaikkien toimialojen työllisyydestä on Satakunnassa valtakunnan keskitasoa. Metsäbiotalouden osuus Satakunnan kaikkien toimialojen työllisyydestä on 3 %. Työllisten määrä (3 580 hlö) on kuitenkin maakuntien keskiarvoa (4 513 hlö) alempi. Työn tuottavuus (tuotos/henkilötyövuosi) on Satakunnassa korkea, sillä valtaosa metsäbiotalouden tuotoksesta muodostuu massa- ja paperiteollisuudessa. Puuenergian tuotannossa markkinoille Satakunta on toiseksi suurin kaikista maakunnista. Satakunnan metsäbiotalouden toimialoista massa- ja paperiteollisuus on selkeästi suurin ja suurempi kuin toimialan maan keskiarvot. Metsänhoidon ja puunkorjuun sekä puutuotteiden osalta Satakunta on valtakunnallisen keskiarvon alapuolella. Tiedot on saatu Tapio Oy:n toteuttamasta ja Suomen Metsäsäätiön rahoittamasta Metsäbiotalouden arvoketjut -raportista ja sen maakunnallisesta aineistosta (2016). Tiedot perustuvat Tilastokeskuksen aluetilinpäivän aineistoihin 2011-2013. (Tapio 2016).

Toimintaympäristöä on kuvattu julkaisussa myös mm. metsätalouden ja metsäteollisuuden sivutuotteita sekä paperi- ja selluteollisuutta käsittelevissä luvuissa.

## 1.6. Satakunnan metsäteollisuus

Metsäteollisuus on ollut eri puolilla Satakunnan hyvinvoinnin tuottajana 1800-luvulta asti paikallisesti uudistuen yhteiskunnan kehittymisen mukana. Maakunnassa keskeiset toimipaikat ovat siirtyneet rannikolle muodostaen metsäteollisuusvyöhykkeen Merikarvialta, Porin Kaanaan ja Aittaluodon ja Luvian kautta Raumalle. Ainoa poikkeus on Jujo Thermal Oy, joka sijaitsee Eurassa perinteisellä metsäteollisuusalueella, jossa sama paperikone on ollut käynnissä jo yli sata vuotta.

Raumalla toimii Metsä Fibre Oy:n sellutehdas ja UPM Communication Papers Oy aikakausi- ja painopaperitehdas. Sahoja on neljä: Luvian Saha Oy, Porin Kaanaassa Westas Pihlava ja Aittaluodossa UPM Seikun saha sekä Merikarvialla Metsä Fibre Oy:n saha. Porissa on lisäksi Corex Oy:n kartonkitehdas. Satakunnassa on myös muutamia pienehköjä sahoja ja höyläämöitä sekä monipuolinen puutuoteteollisuus. Levyteollisuutta ei enää ole.

Maakunnassa on kaksi erilaista metsäteollisuuden keskittymää etelässä Rauman ja Euran sellu- ja paperiteollisuuteen keskittynyt alue, jota on kehitetty pitkäjänteisesti symbioosissa Metsä Fibre Oy:n, UPM Communication Papers Oy:n, Rauman kaupungin sekä alueella toimivien energiayhtiöiden kanssa. Myös kaksi laboratoriopalvelua tuottavaa yritystä Eurofins Nab Labs Oy ja Experimentis Oy ovat sijoittuneet alueelle. Rauman alue vahvistuu ja monipuolistuu edelleen Metsä Fibre Oy:n suursahan käynnistyttyä.

Yrityskauppojen myötä maakunnassa on läsnä kansainvälisiä yrityksiä kuten Raumalla toimivan Fochem Oy:n omistaja portugalilainen Respol-konserni, jonka päätoimiala on mäntyhartsijohdannain valmistaminen ja Eurassa Jujo Thermal Oy:n omistava japanilainen Nippon Paper Industries. Kummallakin omistajalla on laajaa tuotekehitystoimintaa kotimaassaan, joka tuottaa uusia tuotteita valmistettavaksi Satakunnassa sijaitseviin laitoksiin.

Toinen keskittymä on hajanaisempi ja laajempi Luvialta Merikarvialle ulottuva alue, jossa sahateollisuus on vahvasti edustettuna. Porin Kaanaan ja Aittaluodon alueet ovat olleet monipuolisesti teollisuuden käytössä vuosikymmeniä ja molemmilla alueilla perinteinen metsäteollisuus on vahvasti läsnä. Kaanaassa on Westas Pihlavan Saha ja Meriporin Saha. Aittaluodossa on UPM Seikun saha ja Corexin kartonkitehdas. Porin Kaanaan ja Aittaluodon alueiden teollisuutta palveleva logistiikka ja muu infra mahdollistavat uuden modernin teollisen toiminnan käynnistämisen Euroopan mittakaavassakin ajatellen kustannustehokkaalla tavalla.

Toimiala jatkaa uudistumistaan seuraten globaaleja ja kotimaisia megatrendejä. Digitaalisuus mahdollistaa uusien liiketoimintakonseptien syntyminen, uutta teknologiaa tulee markkinoille kiihtyvällä tahdilla ja tuotantolaitoksia rakennetaan lähelle asiakkaita. Logistiikkaa tukeva infra määrittää alueiden teollisen aktiviteetin ja kilpailukyvyn. Satakunnassa logistiikka tukee melko hyvin teollisuuden tarpeita.

Ilmastomuutos ja ekologisen tasapainon järkkäminen ovat toisaalta iso mahdollisuus metsäteollisuudelle mutta myös uhka, ellei toimiala kykene helposti ymmärrettävällä tavalla viestimään positiivisesta vaikuttavuudestaan.

Satakunnan metsäteollisuuden raakapuun käyttö vuonna 2019 oli 5,3 milj. m<sup>3</sup>, mikä oli maakunnista viidenneksi eniten. Lisäksi raakapuuta, pääosin hakkuutähteitä ja pienpuuta, käytettiin energialaitoksissa 0,3

milj. m<sup>3</sup>. Satakunnan kemiallinen metsäteollisuus käytti raakapuun lisäksi sahojen sivutuotteita, haketta ja purua, 1,4 milj. m<sup>3</sup>. Energialaitokset käyttivät sahojen sivutuotteita, purua ja kuorta 1,2 milj. m<sup>3</sup>. Yhteensä metsäteollisuuden kiinteiden sivuvirtojen määrä oli v. 2019 siten 2,6 milj. m<sup>3</sup>. Tämän lisäksi sellun tuotannossa syntyy merkittäviä määriä mustalipeää, jota käytetään energiantuotannossa. Myös puutuoteteollisuudessa syntyy sivutuotteita, joita voitaisiin käyttää esimerkiksi pellettien tuotannossa.

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

Sellu- ja paperiteollisuus näkyy voimakkaimmin Raumalla, jossa on eurooppalaisittainkin arvioituna yksi merkittävimmistä metsäteollisuuden keskittymistä. Pienempiä erikoistuneita yksioita on lisäksi Porissa toimiva kierrätyspaperista kartonkia 120 000 t/v kapasiteetilla tuottava Corex Oy:n tehdas sekä Eurassa lämpöherkkää ja päällystettyä paperia 70 000 t/v valmistava Jujo Thermal Oy:n tehdas, joiden sivuvirrat ovat paperiteollisuuden tyypillisiä sivuvirtoja jatkokäyttö- ja kierrätysaasteineen.

1960-luvulla paperin kulutuksen kasvun myötä Rauman tehdasalueelle alkoi rakentua sellu- ja paperikoneita kiihtyvään tahtiin. Vielä 2000 -luvun alussa Suomessa tuotettiin paino- ja kirjoituspaperia 10 milj. tonnia, samaan aikaan Raumalla sijaitsevien paperikoneiden kapasiteetti oli 1,2 milj. tonnia. Valmistuskapasiteettia on sen jälkeen maassamme suljettu painopaperin kysynnän hiipuessa ja se on lähes puoliintunut huippuvuosista. Huolimatta kahden paperikoneen sulkemisesta Raumalla, sen suhteellinen osuus Suomen paino- ja kirjoituspaperituotannosta on säilyttänyt asemansa, joka indikoi alueen hyvällä tasolla olevaa kilpailukykyä. Sellun osalta Rauman tuotantokapasiteetti on hieman alle 10 % vuoden 2019 Suomen tuotannosta, joten sekin vahvistaa kokonaisuutta.

Rauman tehdasalueella toimii nykyään Metsä Fibre Oy Rauman sellutehdas, LWC-aikakausilehtipaperia valmistava UPM Communication Papers Oy:n Rauman tehdas, mm. hygieniatuotteisiin ja vaippoihin käytettävää revinnäismassaa (fluff-sellua) valmistava UPM RaumaCell, Forchem Oy:n mäntyöljytislaamo ja Rauman Biovoima Oy. Alueella on myös teollisuuden ja kaupungin jätevesien yhteispuhdistamo, jonka toiminnasta UPM Communication Papers Oy vastaa. Metsä Fibren tehtaan läheisyyteen on sijoittunut märkää sellua hyödyntävä biokomposiittia valmistava Aqvacom Oy.

Metsä Fibre Oy kapasiteetti on 650 000 t/v havusellua ja puunkäyttö 3,2 milj.m<sup>3</sup>. UPM Communication Papers Oy LWC-aikakausilehtipaperin tuotannon kapasiteetti on 700 000 t/v. Täyttä kapasiteettia varten puuta käytetään noin 1 milj. m<sup>3</sup>. UPM RaumaCell Oy:n tuotantokapasiteetti revintämassalle, fluff-sellulle, on 100 000 t/v. Metsä Fibren tekemä kehitysinvestointi uuden sahan rakentamiseksi Raumalle etenee maanrakennuksesta rakentamiseen ja laiteasennuksiin, jotka alkavat ensi vuoden alussa. (Metsä Group osavuosisikatsaus, 29.10.2020) Sahan valmistuminen vaikuttaa sivuvirtojen määrään ja logistiikkaan erittäin merkittävällä tavalla Satakunnassa mutta myös Suomen mittakaavassa.

Tälle sivulle tulee kartta, jossa kuvataan Satakunnan metsäteollisuuskeskittymät, sahat ja höyläämöt, puuta käyttävät merkittävät kaukolämpölaitokset, raaka- ja energiapuun käsittelyyn soveltuvat satamat

Kuva 1. Satakunnan metsäteollisuuskeskittymät, sahat, merkittävimmät puuta käyttävät kaukolämpölaitokset sekä raaka- ja energiapuun käsittelyyn soveltuvat satamat.



## 2. METSÄTALOUDEN JA -TEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEET SATAKUNNASSA

Metsätalouden sivutuotteeksi määritellään tässä julkaisussa normaalien metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä tukki- ja kuitupuun lisäksi syntyvät tuotteet, joita voidaan hyödyntää muihin tarkoituksiin. Tällaisia ovat metsähakkeet (tehty pienpuusta, hakkuutähteistä, runkopuusta ja kannoista), koivunlehdet, kuusenkerkät sekä pienessä määrin männyn neulaset ja kuori. Puusivutuotteille on ominaista aina se, että niitä syntyy vain metsä- ja puutuoteteollisuuden päätuotannon ohessa. Metsätalouden puusivutuotteita voidaan hyödyntää parhaiten päätehakkuiden jälkeen, jolloin hakkuutähde ja kannot ovat maastossa hyvin saatavilla.

Metsäteollisuuden sivutuotteita, sahadaketta, sahanpurua, kuorta ym., syntyy vain, kun valmistetaan paperia, sellua, sahatavaraa, vaneria jne. Puun poltossa syntyvää tuhkaa käsitellään selvityksessä, koska sitä syntyy puusivutuotteista ja voidaan hyödyntää metsissä lannoitteena ja esim. metsäteiden rakenteissa.

Tässä julkaisussa keskitytään niihin puusivutuotteisiin, joita Satakunnan alueella eniten syntyy. Varsinaisten puusivutuotteiden ohella tarkastellaan myös kierrätyspuuta, kokopuuta ja rankapuuta, koska yhdessä ne muodostavat puusivutuotteiden markkinan ja toimivat usein toisiaan korvaavina tuotteina. Kierrätyspuukin syntyy pääosin rakentamisen ja kaupan sekä teollisuuden toiminnan sivutuotteena.

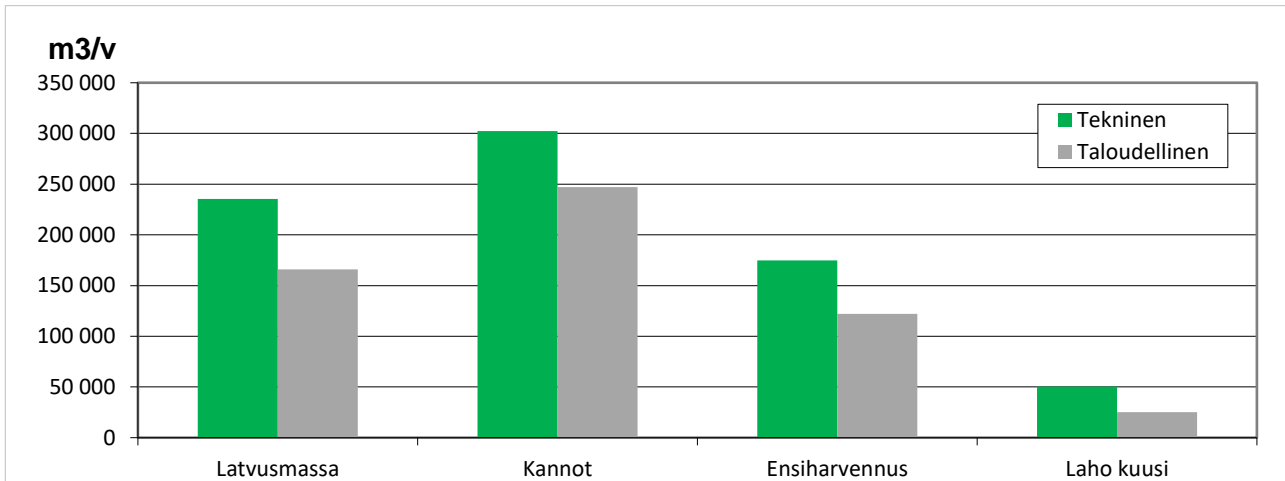
Omina tuotteina käsitellään sahadake, sahanpuru (sahanpuru + seulapuru), kuori, puumurskeet (tasaamohakkeet ja muu murskattu tai haketettu tehdaskentille kertyvä puu), kutterinlastu, kierrätyspuu, latvusmassa (metsätähdehake), pienpuu (koko- ja rankapuuhake) sekä kannot.

### 2.1 Metsätalouden sivutuotteet

Metsätalouden sivutuotteeksi määritellään tässä julkaisussa normaalien metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä tukki- ja kuitupuun lisäksi syntyvät tuotteet, joita voidaan hyödyntää muihin tarkoituksiin.

#### 2.1.1. Suoraan metsästä tuleva energiapuu

Hakkuiden pääasiallinen tarkoitus on kerätä ainespuuta – tukkia ja kuitupuuta. Hakkuiden yhteydessä syntyy runsaasti myös hakkuutähteitä – oksia, latvoja, lahoa tai viallista puuta, joita voidaan kerätä energiakäyttöön. Jonkin verran tehdään nuorissa, tiheissä metsissä myös pelkkää energiapuun korjuuta, mikä on tässä selvityksessä otettu mukaan tarkasteluun, jotta saadaan kokonaiskuva tarjolla olevasta energiapuumarkkinasta. Suomen metsäkeskus on selvittänyt metsävaratietojen pohjalta Satakunnan energiapuupotentiaalin (kuva 2). Sen mukaan **metsäenergian taloudellinen potentiaali on 570 000 m<sup>3</sup>/v. Tekninen potentiaali on 774 000 m<sup>3</sup>/v**, mikä voi toteutua, jos metsäenergian hinta nousee nykytasoa korkeammaksi. Tällöin energiapuun korjuu tulee kannattavaksi myös korjuukustannuksiltaan kalliimmilta kohteilta.

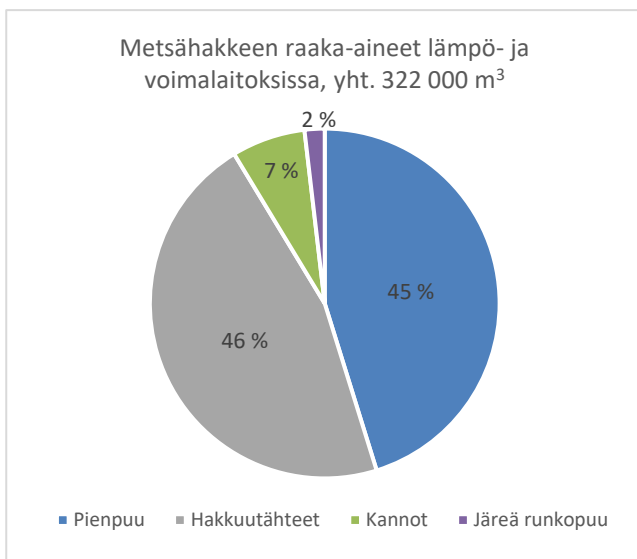


Kuva 2. Satakunnan vuotuinen metsäenergiapotentiaali (Metsäkeskus)

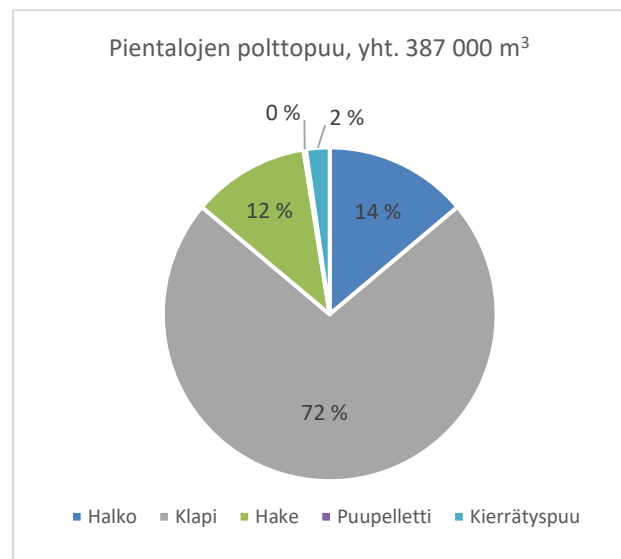
Vuonna 2019 Satakunnassa käytettiin metsähaketta Luonnonvarakeskuksen tilastojen mukaan 322 000 m<sup>3</sup> (645 GWh) (kuva 3). Lisäksi pientalot käyttivät puuta lämmitykseen 387 000 m<sup>3</sup> (757 GWh) (kuva 4). Yhteensä metsästä suoraan tulevan energiapuun määrä oli siten 709 000 m<sup>3</sup>, eli 92 % teknisestä potentiaalista. Käytännössä myös ainespuuksi kelpavaa puuta käytetään energiantuotantoon sekä pientaloissa että energia- ja lämpölaitoksissa. Näin ollen käyttö voi hyvin ylittää laskennallisen potentiaalin.

Kuitupuusta ja energiapuusta maksetaan lähes yhtä paljon. Sen vuoksi kemialliseen metsäteollisuuteen kelpavaa kuitupuuta ohjautuu lämpö- ja voimalaitoksien energiantuotantoon korjuuteknisten tai puun kysyntään liittyvien syiden vuoksi. Tästä määrää ei tilastoida, mutta sen suuruusluokka on 10 % kuitupuun määrästä.

Hakkuutähteet kerätään energiaksi pääosalta kuusivaltaisista avohakkuukohteista. Avohakkuiden yhteydessä on mahdollista nostaa myös kantoja. Kantojen nosto oli noin 10 vuotta sitten yleisempää, mutta on sittemmin vähentynyt viidennekseen huippuvuosien tasosta.



Kuva 3. Metsähakkeen raaka-aineet lämpö- ja voimalaitoksissa v. 2019. Lähde: Luke 2019, puun energiakäyttö



Kuva 4. Metsähakkeen raaka-aineet lämpö- ja voimalaitoksissa v. 2019. Lähde: Luke 2019, puun energiakäyttö

## 2.1.2. Luonnontuotteet

Metsistä saadaan merkittäviä määriä luonnontuotteita. Merkittävimpiä niistä ovat marjat ja sienet. Ne kerätään kuitenkin erikseen ”päätuotteina”. Metsätalouden sivutuotteiksi on tässä selvityksessä määritelty hakkuiden tai taimikonhoidon yhteydessä kerättävissä olevat luonnontuotteet. Näistä merkittävimmät ovat koivunlehdet ja kuusenkerkät sekä pienessä määrin männyn neulaset ja kuori. Näiden kysyntä kohdistuu erityisesti luomukeruualueisiin, joita Satakunnassa oli vuoden 2019 lopussa 1142 ha (Arktiset aromit ry 2020.) Muita vastaavia sivuvirtoja voisivat olla koristehavut ja kävyt, mutta niiden määrät ovat niin pieniä, että niitä ei tässä selvityksessä käsitellä.

### **Koivunlehdet**

Koivunlehtiä käytetään mm. teehe, salaatteihin, mausteseoksiin, kosmetiikkaan, kylpyihin, saunatuoksuihin sekä oksineen vihtoihin.

Koivunlehtiä voidaan kerätä jo toukokuun alkupuolelta alkaen ja keräyskausi päättyy yleensä juhannukseen mennessä. Toukokuussa lehdet eivät ole vielä täysimittaisia, jolloin niitä kutsutaan pihkalehdiksi. Jonkin verran lehtiä voi kerätä juhannuksen jälkeenkin. Koivunlehtien keruu ei ole jokamiehen oikeus, vaan siihen tarvitaan maanomistajan lupa. Pääosin lehdet kerätään käsin erilliskeruuina taimikkojen pystykoivuista.

Keruumen yhdistäminen taimikonhoitoon mahdollistaisi tehokkaamman keruumen ja apuvälineiden käytön. Esimerkiksi raivaussahalla tehtävän taimikonhoidon jälkeen kaadetut koivut voitaisiin vetää esimerkiksi traktorin peräkärriin kiinnitetyn isokokoisena ”haravan” läpi, jolloin lehdet putoaisivat suoraan keruumen astiaan. Tämä edellyttäisi tiivistä yhteistyötä metsäpalveluyrittäjien ja metsänhoitoyhdistysten sekä luonnontuotteiden kerääjien kesken.

Satakunnassa tehdään taimikonhoitoa vuodessa noin 4000 ha. Siitä määrästä koivun lehtien keruumen sopivana ajankohtana tehdään noin 15 %, ja kohteista keruumen sopivia on noin kolmannes. Siten keruumen sopivia kohteita on noin 200 ha vuodessa. Teoreettinen taimikonhoidossa kaadettavien koivujen lehtien määrä on noin 1000 tuorekiloa/ha. Käytännössä siitä on talteen otettavissa puolet. Suuntaa antavana lopputuloksena on, että taimikonhoidon yhteydessä talteen saatavissa oleva koivun lehtien määrä Satakunnassa on 100 000 kg/v. Koivunlehtien kysynnän arvioidaan olevan vastaavasti 3000 – 4000 kg, joten potentiaalia on moninkertaisesti. Kustannustehokkaammat kohteet voidaan siis valita keruumen. Koivunlehddestä maksetaan 25 € kuivakilolta, mikä vastaa 6 € tuorekilolta.

### **Kuusenkerkät**

Kuusenkerkkiä käytetään ruoanvalmistuksessa, hilloihin, siirappiin ja juomien valmistuksessa. Kerkät kerätään niiden ollessa vielä supussa, yleensä alle 4 cm pituisia. Keruumen aika on lyhyt, 2 – 3 viikkoa ja ajoittuu yleensä toukokuun loppuun. Myyntiin tarkoitetut erät pitää saada pakastukseen samana päivänä. Logistiikan kannalta on tärkeää, että kerääjiä on samalla alueella useita, jotta kuljetus saadaan järjestettyä tehokkaasti.

Kuusenkerkät kerätään pääosin käsin nuorista pystykuusista. Keruumen yhdistäminen hakkuisiin on haasteellista. Keruumen aika on lyhyt ja puun kaatamisesta keruumen kannalta on suhteellisen vähän hyötyä pystypuusta keruumen verrattuna. Keruumen tehostamiseksi olisi paras työkalu etsiä metsävaratiedon

perusteella parhaat nuoret kuusikot ja suunnata keruu sinne. Poimijalle maksetaan kuusenkerkstä 5 € tuorekilolta. Kysyntä on 2500 – 3000 tuorekilon luokkaa.

Hakkuiden yhteydessä keruu voi toimia siten, että puut kaadetaan ensin. Seuraavaksi kerätään kerkät. Puut karsitaan ja katkotaan tämän jälkeen. Mineraaliöljyä ei tule käyttää, joten puhtaan tuotteen keräämiseksi puut tulisi kaataa moottorisahalla, jossa teräketjuöljynä käytetään kasviöljyä. Edellä kuvattua menetelmää voidaan käyttää myös ruoanvalmistuksessa käytettävien männyn neulasten keruuseen sekä lisäravinteena käytettävän männyn kuoresta valmistettavan uutejuoman raaka-aineen hankintaan.

## 2.2. Metsäteollisuuden sivutuotteet

Metsäteollisuus on sekä puusivutuotteiden käyttäjä että tuottaja. Sellu- ja paperitehtaat ovat sekä puusivutuotteiden tuottajia että käyttäjiä. Kuorta ja seulontapurua syntyy kuitupuun kuorinnan, haketuksen ja hakkeen seulonnan yhteydessä. Usein se poltetaan integraatin voimalaitoksella ja ylijäämä myydään markkinoille. Tehtaat taasen ostavat sahaketta merkittäviä määriä raaka-aineksi.

Kaikilla sahoilla käytetään tukin kuorinnasta syntyvää kuorta joko omassa lämpölaitoksessa tai yhteistyökumppanin omistamassa voimalaitoksessa. Sahojen kuorella tuotetaan energiaa lähinnä sahatavaran kuivaamiseen. Osa kuivasta hakkeesta ja puumurskeesta sekoitetaan talvikausina kosteaan kuoreen parantamaan sen poltto-ominaisuuksia. Myös kutterinlastua ja sahanpurua voidaan tarvittaessa käyttää kuoren polton tukena. Sahojen oma puusivutuotteiden käyttö on kuitenkin verraten vähäistä niiden markkinoille tuottaman sivutuotemäärän rinnalla.

Jokaista tuotettua sahatavarakuutiota varten tarvitaan noin 2,1 m<sup>3</sup> tukkia eli sahatavarakuutiota kohden syntyy sivutuotteita noin 1,1 kuutiota. Sahan oma polttokäyttö on vain noin 0,2 m<sup>3</sup> eli markkinoille päätyy noin 0,9 m<sup>3</sup> sivutuotteita (sahahake 0,5 m<sup>3</sup>, sahanpuru 0,25 m<sup>3</sup> ja vähän kuorta ym.). Sahanpurua sekä kuorta syntyykin markkinoille puupolttoaineeksi muutettuna noin 0,6 MWh/tuotettu sahatavarakuutio. Selluhakkeestakin suuri osa päätyy sellutehtaalla energiaksi, kun keittoprosessissa liennut ligniini poltetaan meesauunissa.

### 2.2.1. Metsäteollisuuden sivutuotteiden tuotantomäärät ja käyttö

Metsäteollisuus tuotti puusivutuotteita (sahanpuru, seulapuru, kuori, puumurskeet ja kutterinlastu) hankkeessa tehtyjen haastattelujen mukaan Satakunnassa vuonna 2019 yhteensä 1 864 GWh. Tuotetusta sivutuotemäärästä käytettiin Satakunnassa 1184 GWh eli noin 65 %. Maakunnasta kuljetettiin hakeautoilla sivutuotteita pois 650 GWh (35 %). Satakunnan naapurimaakunnista puusivutuotteita ohjautui eniten sekä Pirkanmaalle että Varsinais-Suomeen kumpaankin noin 280 GWh ja Etelä-Pohjanmaalle noin 90 GWh. Pieniä määriä sahanpurua toimitettiin aina Kymenlaaksoon saakka selluteollisuuden raaka-aineksi.

Satakunnassa käytetyistä sivutuotteista (sahanpuru ja kuori, ei sahakke) yli 90 % ohjautui polttoon. Kuorta käytettiin kompostoinnin tukiaineena ja katekuorimarkkinoilla ja kutterinlastua sekä sahanpurua eläinten

kuivikkeena. Maakunnasta pois kuljetettu sivutuote ohjautui pääasiassa (yli 90 %) polttoon voimalaitoksissa ja jonkin verran sahanpurua toimitettiin puupellettitehtaiden raaka-aineeksi ja myös sellun raaka-aineeksi.

Satakunnan sahoilla syntyi sahaketta noin 700 000 m<sup>3</sup>, sahanpurua 565 GWh, kuorta 472 GWh, puumurskeita 65 GWh, sekä kutterinlastua 30 GWh. Sahahake käytettiin käytännössä kaikki Satakunnassa, Raumalla sijaitsevilla sellu- ja paperitehtailla. (Jatkossa puusivutuotteita käsiteltäessä sahakkeen määrät eivät sisälly lukuihin tai päätelmiin.)

Muista sivutuotteista käytettiin 819 GWh (73 %) Satakunnassa ja maakunnasta vietiin pois 310 GWh (27 %). Sahanpurun tuotannosta toimitettiin ympäröiviin maakuntiin 44 % ja kuorestakin noin 10 %. Suurimmat vientisuunnat olivat Varsinais-Suomi ja Pirkanmaa.

Sellu- ja paperitehtailla kuorta syntyi yhteensä 513 GWh ja seulapurua arviolta 150 GWh. Näiden puusivutuotemäärien käyttö jakautui tasan Satakunnan ja maakunnan ulkopuolisen käytön kanssa sekä kuorella että seulapurulla.

Satakunnan lähialueilla on kolme merkittävämpää sahaa Varsinais-Suomessa ja yksi Etelä-Pohjanmaalla ja Kanta-Hämeessä sekä yksi koivua viiluttava tehdas Pirkanmaalla. Näiden tuottamista sivutuotteista ainoastaan sahaketta tuotiin Satakuntaan merkittäviä määriä.

Luke:n tilaston mukaan sahakkeen kokonaiskäyttö Satakunnassa oli 1 380 000 m<sup>3</sup> (Luke 2019). Sahahakkeesta noin puolet tuli Satakunnasta ja toinen puoli naapurimaakunnista ja etenkin Varsinais-Suomesta. Sahanpurua, kuorta tai muita sivutuotteita ei käytännössä tuotu Satakuntaan ollenkaan, vaan ne käytettiin tuotantomaakunnissaan.

Puutuoteteollisuus, höyläämöt ja piensahayritykset tuottavat vuositasolla 40 000 m<sup>3</sup> pääasiassa kutterinlastua ja sahanpurua. Valtaosa tuotteista päättyy paikalliseen tai lähialueille eläimille kuivikkeiksi. Polttoon päättyy noin 10 %.

Kierrätyspuuta tuotettiin Satakunnassa pääosin jätehuoltoyritysten toimesta. Myös muutamat voima- tai lämpölaitokset vastaanottivat puhdasta kierrätyspuuta ja murskasivat sitä puuterminaaaleissaan kiinteillä tai mobiilimurskaimilla. Kierrätyspuun energiakäyttö Satakunnassa oli noin 440 GWh. Terminaaleissa otettiin vastaan myös muuta puuta, kuten oksia, risuja, runkopuuta ym. puhdasta puuta.

### ***Sivutuotteiden käyttäjät Satakunnassa ja laajemmalla markkina-alueella***

Puusivutuotteita käytettiin Satakunnassa lähinnä sellutehtaalla ja paperitehtaalla sekä energian tuotannossa. Muusta käytöstä merkittäväintä oli kuoren käyttö katekuorikkeena sekä maa- ja hevostilojen sahanpurun ja kutterinlastun kuivikekäyttö.

Puuta poltettiin Satakunnan voima- ja lämpölaitoksissa Luonnonvarakeskuksen tilaston mukaan yhteensä 2,26 TWh. Merkittävimmät yksittäiset puuta käyttäneet laitokset olivat Pori Energian Aittaluodon ja Porin Prosessivoima Oy:n Kaanaan voimalaitos sekä Rauman Biovoima Oy. Myös esim. Kankaanpäässä, Kokemäellä ja Nakkilassa käytettiin puuta merkittäviä määriä ja tietysti Luvian Sahan ja Merikarvian sahan omissa lämpölaitoksissa poltettiin kuorta runsaasti. Satakunnassa on useita pienehköjä (alle 5 MW:n teho) lähinnä ranka- ja kokopuuhakkeita käyttäviä lämpölaitoksia.

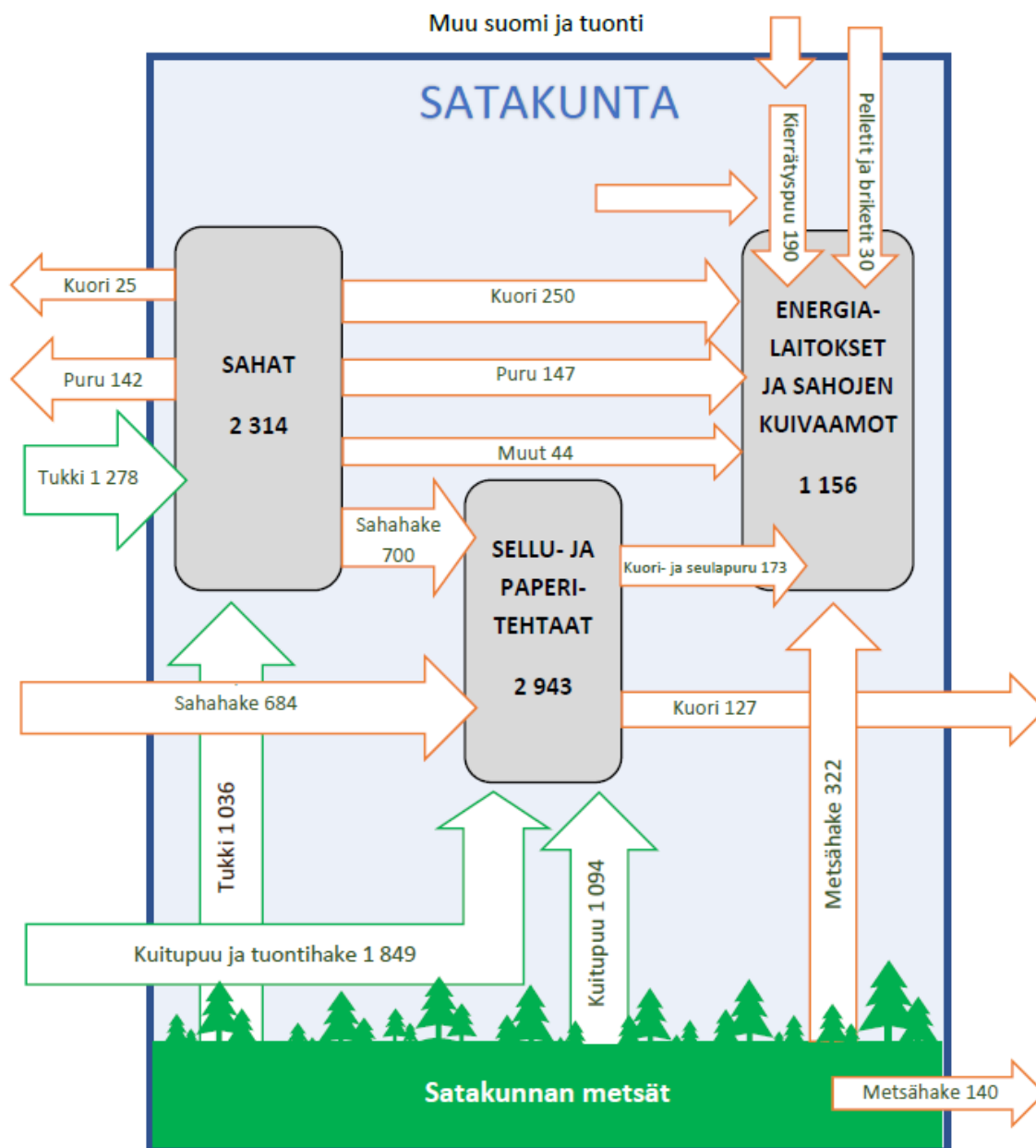
Puupolttoaineiden kysyntä Satakunnan lähialueilla on kasvanut voimakkaimmin viime vuosina Varsinais-Suomessa. Erityisesti Naantalin, Turun, Raision ja Uudenkaupungin uudet puuta polttavat laitokset ovat kasvattaneet puupolttoaineiden kysyntää myös Satakunnan alueelta ja lisänneet samalla kilpailua markkinoilla. Myös Pirkanmaalla puupolttoaineiden käyttö on kasvanut ja tulee kasvamaan jatkossakin esim. Tampereen Sähkölaitoksen uuden voimalaitosinvestoinnin myötä.

Katemateriaalina mm. puutarhoissa käytetään laatuvaatimuksiltaan korkeatasoista, pääosin sahatukin kuorinnassa syntyvää, männyn tyvikaarnaa. Kompostoinnissa voidaan käyttää myös heikkolaatuisempaa kuorta. Biolan Oy Eurassa ja Kekkilä Oy Parkanossa ovat alan suurimmat toimijat. Kuoren käyttö on noin 40 000–50 000 irtokuutiometriä. Maatiloille ja hevostalleille meni sahanpurua ja kutterinlastua arviolta 10 000 irtokuutiometriä.

### 2.3. Metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden kulkuvirtamalli ja logistiikka

Alla olevassa kuvassa 5 on esitetty Satakunnassa käytetyt metsätalouden ja -teollisuuden pääsivuvirrat v. 2019. Luvut kuvaavat nettomääriä, koska sivuvirtoja liikkuu yli maakunnan rajojen molempiin suuntiin. Taulukossa 1 kuvataan metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtojen tuotanto Satakunnassa v. 2019.

Sivuvirtojen kokonaisvolyymi on lähes 3 milj. m<sup>3</sup>, josta Satakunnassa käytetään 2,5 milj. m<sup>3</sup> ja siitä energiakäyttöön menee noin 45 %. Metsä- ja energiateollisuudelle suoraan metsästä tulevan raakapuun määrä oli 5,6 milj.m<sup>3</sup>, joten siihen verrattuna sivuvirtojen määrä on merkittävä.



Kuva 5. Satakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirrat v. 2019, 1000 kiintokuutiometriä. Sivuvirrat on merkitty kaavioon punaisella. Kaavio perustuu Luonnonvarakeskuksen (Luke) tilastoihin ja toteutettuihin haastatteluihin.

Taulukko 1. Metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtojen **tuotanto** Satakunnassa v. 2019, kiintokuutiometriä vuodessa. Luvut perustuvat Luonnonvarakeskuksen (Luke) tilastoihin ja hankkeen tekemiin haastatteluihin.

Sivuvirta	Tuotanto yhteensä	Käytetään Satakunnassa	Käytetään muualla
Sahahake	700 000	700 000	
Puru	289 000	147 000	142 000
Kuori, sahat	275 000	250 000	25 000
Kuori, sellu- ja paperitehtaat	300 000	150 000	150 000
Muut	162 000	120 000	42 000
Metsähake	472 000	332 000	140 000
<b>Yhteensä</b>	<b>2 198 000</b>	<b>1 699 000</b>	<b>499 000</b>
<b>Yhteensä, %</b>	<b>100</b>	<b>77</b>	<b>23</b>

### 2.3.1. Puusivutuotelogistiikan nykytila

Satakunnassa tuotetuista metsäteollisuuden puusivutuotteista hieman yli puolet (53 %) käytettiin samalla tehdasalueella ja ne siirtyivät kuljettimia (usein pyöräkuormaajaa apuna käyttäen) pitkin polttoon joko omaan tai yhteistyöyrityksen voimalaitokseen. Vajaa puolet (47 %) kuormattiin pyöräkuormaajilla hakeautoihin ja kuljetettiin asiakkaille. Huomattavaa on se, että Satakunnassa tuotetuista ja käytetyistä sivutuotteista yli 80 % käytettiin tehdaspaikoilla kuljettimilla kuljetettuina. Hakeautoon kuormatuista sivutuotteista noin 80 % kuljetettiin pois maakunnasta ja vain viidennes jäi maakuntaan.

Puusivutuotteiden kuljetuksessa käytettävät hakeautot ovat yleensä kokonaismassaltaan 76 t täysiperävaunuyhdistelmiä, ja niiden kuormatilavuus on 150–175 m<sup>3</sup> ja kuorman massa on noin 48-50 t. Kuormassa kulkee puuta kerrallaan lähelle 100 MWh energiasisällöksi muutettuna. Kuljetuskustannus (alv 0%) on suorissa kuljetuksissa keskimäärin 1,8 €/jkm eli 50 km etäisyydelle kuljettuna kustannus on noin 180 €/kuorma ja 1,8 €/MWh ja vastaavasti 100 km etäisyydellä 3,6 €/MWh. Suuremmilla etäisyyksillä kuljetuksissa pyritään hyödyntämään meno-paluu kuljetuksia, jolloin kustannusta voidaan pystyä pienentämään tapauskohtaisesti 10-30 %. Käytännössä hakeautot ajavatkin noin 70 % ajokilometreistä kuorma päällä. Logistiikan optimoinnilla pystytään pitämään kuljetuskustannus kohtuullisena ja kuitenkin kuljetusyrittäjälle kannattavana.

Kuljetuskustannus vaikuttaa olennaisesti puusivutuotteiden markkinoihin. Mikäli puusivutuotteiden myyntihinnoissa ei ole käytännön eroja, kuljetuskustannus ohjaa puusivutuotteet yleensä lähimpään tai kuljetuskustannuksiltaan edullisimpaan käyttöpisteeseen. Pitkä kuljetusetäisyys väistämättä nostaa puusivutuotteen hintatasoa. Nykyisillä markkinoilla puusivutuoteasiakkaan onkin oltava valmis maksamaan enemmän kaukaa kuljetettavasta puusta, mikä taasen helposti nostattaa yleistäkin hintatasoa. 50 km:n lisäkuljetusetäisyys lisääkin puusivutuotteen hintaa käyttöpaikalla noin kymmenellä prosentilla.

Hakeautojen kuljetuskustannusten kehitys on ollut hyvin maltillista lähivuosina. Tähän on vaikuttanut eniten se, että lainsäädäntö on mahdollistanut kuljetuskaluston kuormatilavuuden ja kuorman massan kasvun noin 25 %:lla. Tuottavuuden kasvu onkin kompensoinut yleistä kustannusten nousua. Myös logistiikan hallinta meno-paluu kuljetuksissa on tuonut kustannussäästöjä. Kustannuspaineita tuleville vuosille tuovat mm. hakeautojen uudet vaatimukset päästöjen ja tekniikan suhteen.

Satakunnan metsäteollisuuden puusivutuotteiden ajossa on pääosin noin 30 hakeautoa. Raumalle ajetaan saharaketta Varsinais-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan sahoilta yli kymmenellä hakeautolla. Hakeautokalustoa voidaan käyttää myös turpeen, kierrätyspuun ym. tuotteiden ajoon ja sivusta-aukeavilla hakeautoilla voidaan kuljettaa myös kappaletavaraa. Satakunnan alueella liikennöi noin 60 hakeautoa, kun mukaan lasketaan metsähakkeen ja turpeen kuljetuksissa käytettävä kalusto.

Alemman asteisen tieverkon kunnossapito on merkittävässä roolissa metsäbiotalouden menestyksellisen harjoittamisen ja puuta käyttävän teollisuuden toimintaedellytysten kannalta.

Raaka- ja energiapuun käsittelyyn soveltuvia satamia on Satakunnassa viisi kappaletta, jotka sijaitsevat Merikarvialla, Tahkoluodossa, Mäntyluodossa, Olkiluodossa ja Raumalla.



## 2.4. Kaskadiperiaatteen toteutumisesta Satakunnassa

Kaskadiperiaatteella tarkoitetaan ”raaka-aineiden käytön asettamista tärkeysjärjestykseen resurssitehokkuuden aikaansaamiseksi. Esimerkiksi puusta tehdään ensin korkeamman jalostusasteen tuotteita, jotka uusiokäytetään tai kierrätetään ja vasta viimeiseksi hyödynnetään energiaksi.”

Satakunnassa kaskadiperiaatteen mukaisesti sahanake ohjautuu kokonaisuudessaan korkeamman jalostusarvon eli selluloosan ja paperin valmistukseen. Satakunnassa tai sen lähialueilla ei ole muita puusivutuotteita, kuten sahanpurua, hyödyntävää sellu- tai levyteollisuutta. Vähäisiä määriä sahanpurua on ohjautunut Kotkamills Oy:n Kotkan tehtaalle ja Vapo Oy:n Peräseinäjoen puupellettitehtaalle. Sahanpurua ja myös seulapurua on siis mahdollisuus ohjata merkittäviä määriä suoraa polttoa jalostuneempaan käyttöön.

Satakunnassa tuotetuista puusivutuotteista, sahanake pois lukien, yli 95 % on poltettu voima- ja lämpölaitoksissa energian tuottamiseksi. Puusivutuotteet ovatkin olennainen ja tärkeä polttoaine energiantuotannossa, vaikka kaskadiperiaatteen mukaisesti sitä katsotaankin ”vähempiarvoiseksi” käytöksi. Puun kuorta käytetään myös katekuoreksi viherrakentamiseen, mikä voidaan ehkä katsoa korkeamman jalostusarvon käytöksi. Energiatuotannon suuri osuus on selkeä mahdollisuus siihen, että puusivutuotteita voitaisiin määrällisesti ohjata korkeamman jalostusarvon tuotantoon Satakunnassa. Investointien perusedellytys on tietysti kannattava liiketoiminta ja riittävä varmuus käytettävän raaka-aineen riittävydestä.

### 3. SELLU- JA PAPERITEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEET

Selluntuotannosta syntyy paljon erityyppisiä sivuvirtoja, jotka ovat usein raaka-aineita muulle teollisuudelle. Ennen haketusta puu kuoritaan, josta syntyy sivuvirtana kuorta, ja kuorihiekkaa sekä energiakäytön jälkeen lentotuhkaa, pohjatuhkaa ja petihiekkaa. Keittoprosessista syntyy oksarejettiä ja lajittamon kuitujaetta sekä bio-, kuitu-, ja sekalietteitä. Mustalipeän käsittelystä syntyy meesakalkkia, viherlipeäsakkaa ja soodasakkaa, joka sisältää lentotuhkaa, kemikaaleja ja raskasmetalleja ja on vaikeimmin hyötykäytettävissä. (Lehtovaara 2017).

Tuotannosta nykyisin syntyvät sivuvirrat hyödynnetään 100 %:sti. Kaikki toimijat painottavat jatkuvaa parantamista niin teknologisten ratkaisujen kuin sivutuotteiden käytössä. Yleinen näkemys on, että sivuvirroille voisi löytyä paremmin kunkin sivuvirran ominaisuuksia hyödyntäviä käyttökohteita.

Yhtiöillä on käynnissä kehittämishankkeita eri kumppaneiden kanssa, joissa tutkitaan mm. sivuvirtojen lannoitus- ja maanparannusominaisuuksia sekä vaikutusta ravinteiden valumiseen vesistöihin. Lannoitekäyttöön alueen sivuvirroista menee nyt noin 55 000 tn/v, mutta lähivuosina määrän ennakoidaan kasvavan.

Massastabilointi on vielä toistaiseksi usein käytetty ratkaisu hyödyntää vaikeasti kierrätettävät prosessien sivuvirrat ja jätteet. Massastabilointia käyttämällä pystytään hallituilla menetelmillä rakentamaan esimerkiksi varastoalueita ja täyttämään tehdasalueella metsäteollisuuden aikaisemmin tarvitsemia altaita. Rauman metsäteollisuusalueella massastabilointikohteita ovat mm. Sampaanalanlahden altaat.

Raumalla massastabiloinnissa käytetään teollisuuden sivutuotteista pohjatuhkaa, lentotuhkaa, meesaa, kaoliinipastaa ja soodasakkaa (Malm 2017).

Sellu- ja paperitehtaan prosesseista syntyy merkittäviä määriä erityyppistä tuhkaa, josta osalle on jo löytynyt käyttökohteita lannoitteina tai peltojen ravinteiden valuntaa vähentävinä tuotteina. Apila Group on koonnut jo vuonna 2013 julkaisun ”Metsäteollisuuden ravinteet – Tuotekortit Metsäteollisuuden sivuvirtojen lannoituskäytön ohjeet lyhyesti”, jossa on esitetty ohjeet osalle massastabiloinnissa tavanomaisesti käytetyille sivuvirroille vaihtoehtoisia käyttökohteita.

#### ***Mäntyöljy ja biokomposiitti***

Sellunkeitossa syntyy puun laadun mukaan noin 30-40 kg raakamäntyöljyä sellutonna kohti, joka koostuu monista ainesosista ja on siten arvokas sivuvirta. Euroopassa tuotettiin 2016 noin 650 000 tonnia mäntyöljyä ja maailmassa noin 2 milj. tonnia. (Eduskunta 2017).

Forchem Oyj:n tislaamon kapasiteetti on 170 000 tonnia vuodessa. Mäntyöljystä on maailmalla niukkuutta ja vapaata tislauskapasiteettia katsotaan olevan vapaana myös Suomessa (Afrin 2018.)

Forchem Oyj jalostaa mäntyöljystä korvaavia tuotteita fossiilisista raaka-aineista valmistetuille tuotteille. Mäntyöljy on monipuolinen raaka-aine, jolla on paljon teollisuuden ja kuluttajien arvostamia ominaisuuksia. Tunnettuja ja perinteisiä tuotteita ovat puhdistus- ja saippuatuotteet, voiteluaineet sekä sideaineet ja liimat. Vettä hylkivä ominaisuus mahdollistaa jalosteen käytön maaleissa ja pinnoitteissa. Erityistä on tuotteiden

hyvin alhainen hiilijalanjälki. Tutkimustyön kautta mäntyöljylle on löydetty yhä arvokkaampia sovelluksia. (Forchem Oyj)

Suomen Rehun patentoima Progres®-tuote on Hankkijan ja Forchemin kehittämä mäntyöljyjakeen antibakteerisuuteen perustuva rehun lisäaine, joka vähentää vastasyntyneiden porsaiden kuolleisuutta. Rehun lisäaine on käytössä useilla rehutehtailla ja se on vientituote. (Biotalous 2018).

Aqvacomp Oy valmistaa biokomposiittia, jossa puukuitua lisätään vahvistamaan muovia. Komposiitti kestää kierrätystä paremmin ja on siten ekologisesti kestävämpää. Aquvacomp on sijoittunut tehdasalueelle siten, että se voi käyttää märkärainausmenetelmää, joka vähentää komposiitin valmistusprosessin vaiheita ja on siten ympäristölle kestävämpi valmistustapa. (Haapanen 2016).

Puukuidut voidaan lisätä yhtä hyvin bioperäisestä kuin fossiiliraaka-aineesta valmistettuun muoviin. Aquvacompin kehittämä komposiitti ei ole riippuvainen tai perustu sivuvirran hyödyntämiseen vaan tuotantoprosessin kautta minimoi sivuvirtajakeiden syntymisen.

### 3.1. Sellu- ja paperiteollisuuden prosessien sivuvirtojen uusia käyttökohteita ja tuotteita

Sellu- ja paperiteollisuuden prosessit tuottavat erityyppisiä sivuvirtoja, joista osa määritetään jätteeksi ja osa sivutuotteeksi. Tässä selvityksessä käsitellään kokonaisuutta sivuvirtoina sitä yksityiskohtaisesti erottelematta.

Rauman metsäteollisuusalueella toimivat yritykset hyötykäyttävät tai kierrättävät käytännössä kaikki sivuvirrat eikä sivuvirroista synny kaatopaikalle vietävää jätettä. Sivuvirtojen hyötykäytön tasoa nostetaan jatkuvasti. Yritykset ovat rekrytoineet henkilöitä tutkimus- ja kehitystehtäviin sekä optimoimaan prosesseja. Alueen sivuvirroissa on kasvava potentiaali uusien tuotteiden ja liiketoiminnan syntymiselle ja on nähtävissä, että tutkimuksen ja kokeilujen kautta uusia käyttökohteita ja tuotteita tulee löytymään lähivuosien aikana lisää. Nämä uudet avaukset pitäisi pystyä juurruttamaan Satakuntaan.

Metsä Fibren kehitysinvestointi rakentaa maailman modernein saha Raumalle laajentaa potentiaalia integroida uusien tuotteiden valmistus osaksi alueen teollista ympäristöä. Prosessiteollisuudelle on tuttu näkökulma toimia BAT – paras mahdollinen teknologia- periaatteen mukaan. Kaskadi -mallin mukainen toiminta ei teoriassa siitä eroa, mutta käytäntöön soveltaminen vaatii suuremman kokonaisuuden huomioimisen. Niukkenevat resurssit ja raaka-aineet ohjaavat liike-elämän päätökset kohti kaskadiperiaatetta.

Mäntyöljyä on jalostettu jo useita kymmeniä vuosia eri tuotteiksi eikä ole nähtävissä tuon kehityskulun muuttumista, nyt myös tuhkan, ja kuitujakeiden hyödyntäminen on lähtenyt samalle tielle. Alueen päätoimijat Metsä Fibre, UPM ja Forchem toteuttavat hankkeita omista lähtökohdista, mutta ovat avoimia uusille avauksille. Yritykset etsivät aktiivisesti uusia kumppanuuksia ja ovat helposti lähestyttäviä joko suoraan yhteydenotoilla tai digitaalisia kanavia käyttämällä. Pohja uudelle metsäteollisuuden sivuvirtoja hyödyntävälle liiketoiminnalle on olemassa.

## **Mäntyöljy**

Mäntyöljystä valmistetaan raaka-aineita kaupallisille tuotteille, joihin törmäämme arjessa tiedostaen tai tietämättämme. Esim. mäntynestesaippua lienee tuttu kaikille. Mäntyöljypohjaisia tuotteita tullaan hyödyntämään yhä enemmän maaleissa, pinnoitustuotteissa, liimoissa ja vastaavissa tuotteissa, jossa fossiiliset raaka-aineet ovat nyt edullisuutensa vuoksi käytössä.

Mäntyöljyn antimikrobinen ominaisuus lienee kuitenkin tulevaisuudessa isossa roolissa. Mäntyöljyn laaja käyttö maataloudessa rehujen lisäaineena luo ruokaturvaa ja antibioottivapaita tuotteita. Huomioitavaa on, että mitä pidemmälle ruoantuotannon arvoketju ja varsinkin eläimet säilyvät antibioottivapaana sitä enemmän maatalouden sivuvirroille on käyttöä.

Mäntyöljystä valmistetaan lääkkeitä ja terveysvaikutteisia tuotteita (sterolit, benecol) ja se soveltuu myös liikennepolttoaineen raaka-aineeksi, jolloin se vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä.

Muita tuotteita esim. liimat, kumit, painomusteet, maalit ja pinnoitteet, saippuat, pesuaineet, desinfiointiaineet, voiteluöljyt, tekstiiliöljyt ja metallikiillokkeet, porausnesteet, erotusnesteet, metallityöstö, flotaatio kaivosteollisuudessa (Storaenso)

## **Kuitujakeet**

Kuitujakeita voidaan jalostaa joko sivuvirrasta, joka on syntynyt ennen selluprosessia (kuori) tai hyödyntää ja jatko käsitellä selluprosessin loppupään sivuvirtaa ja etsiä sille käyttökohteita (Luke, kuituhanke.). Nämä osoittavat sen monimuotoisuuden, miten ja missä vaiheessa prosessia sivuvirtaa voidaan käsitellä.

Lannoitekäytön ja kompostituotteiden pioneereja ovat Biolan Oy ja Kekkilä Oy, Soilfood Oy ja Ecolan Oy kukin hieman eri lähtökohdista. Kattavan oppaan ”Metsäteollisuuden ravinteet – Tuotekortit Metsäteollisuuden sivuvirtojen lannoituskäytön ohjeet lyhyesti on julkaissut Apila Group Oy vuonna 2013 (Apila Group 2013). Informaatiota ja tutkimustuloksia julkaistaan yhä kiihtyvällä tahdilla ja samalla myös tuotteet ovat kehittyneet kilpailukykyisemmiksi.

Suomen mekaanisessa ja kemiallisessa metsäteollisuudessa syntyy vuodessa kolme miljoonaa tonnia havupuun kuorta, joka päättyy lähinnä energian tuotantoon. VTT:n kehittämällä menetelmällä kuoresta voidaan uuttaa aiempaa paremmalla saannolla puhdasta tanniiniä hartsin raaka-aineeksi puuliimoihin. Jäljelle jäävästä kuitujakeesta voidaan tehdä sokeria fermentointituotteiden raaka-aineeksi, ja se soveltuu myös materiaalisovelluksiin (VTT 2018).

Luonnonvarakeskus on käynnistänyt laajan projektin kompostoidun maanparannuskuidun vesistövaikutuksista ja hyödyistä peltoviljelylle. Tavoitteena on tutkia vähentääkö metsäteollisuuden kuituliete valumia ja parantaako se maan vedenpidätyskykyä. Metsäteollisuuden sivuvirroissa on myös paljon hiiltä ja ravinteita, joilla voitaisiin korvata keinolannoitteita. (Luke, kuituhanke).

## **Ligniini – uusia tuotteita elintarvikkeista liimoihin**

Paperiteollisuudelle ligniini on ollut aikaisemmin energian lähde. Maailmassa ligniiniä tuotetaan vuodessa arviolta 70 miljoonaa tonnia pääasiassa paperi- ja selluteollisuuden sivutuotteena ja ainoastaan 1,3 miljoonaa tonnia jatkojalostetaan kemikaaleiksi, joten sen saatavuus hyvä ja hinta edullinen. (Koivisto 2020, viitattu

Orbis Research, 2017). Tämän lisäksi ligniini on myrkytön, biohajoava sekä uusiutuva materiaali (Koivisto 2020, viitattu Huang et al., 2019) Puusta on otettu talteen selluloosa ja ligniinin erottaminen on ollut runsaasti kemikaaleja ja energiaa kuluttava komponentti. Toisaalta ligniini on paljon energiaa sisältävä polttojäte ja oleellinen osa energiatuotantoa. Paperitehtaissa ligniini eli jopa kolmasosa puusta on lähinnä poltettu energiaksi.

Vaikka ligniiniä on tutkittu jo vuosikymmeniä niin ehkäpä vasta viime vuosina lisääntyneen soveltavan tutkimustyön myötä ligniinille on löydetty paljon uusia kaupallisia käyttökohteita. Ligniini on monikäyttöinen materiaali, joka sopii monille eri aloille, kuten auto-, rakennus-, pinnoite-, muovi- ja lääketeollisuuteen. Jalostetulla ligniinillä voidaan korvata öljypohjaisia fenoleja, joita käytetään vanerin, OSB-levyn, LVL-viilupuun, paperilaminaatin ja eristemateriaalin hartseissa.

Muita esimerkkejä ja mahdollisia käyttökohteita ovat hiilikuitu ja energian varastoinnissa käytettävä hiili, biopolttoaineet, autojen ja lentokoneiden komponentit, tuuliturbiinien komponentit, biokemikaalit, liimat, hartsit rakennuslalle sekä käyttö asfaltin sideaineena. (YLE 2018).

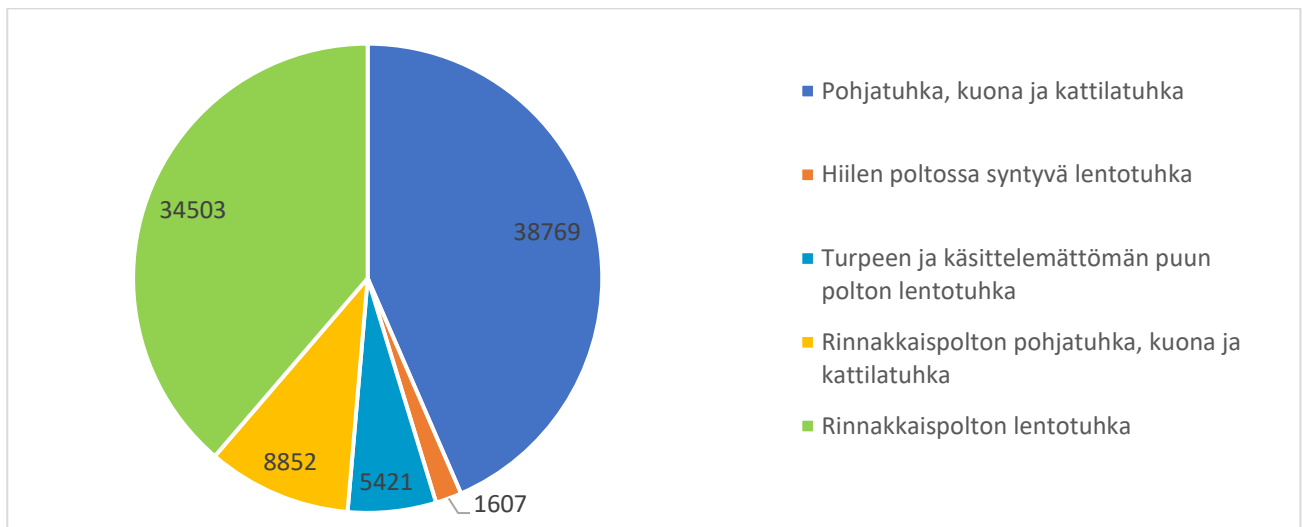
### ***Biohiili***

Biohiili tuotetaan korkeassa lämpötilassa, vähähappisessa pyrolyysissä eli kuivatislauksessa. Raaka-aineena käytetään kasviperäistä biomassaa, yleensä puuainesta, purua, kuorta tai haketta. Lopputuote on erittäin huokoinen, jolloin siinä on paljon pinta-ala, minkä vuoksi se reagoi tehokkaasti mm suodattimissa. Biohiiltä voidaan käyttää vaativissa teollisissa prosesseissa teräksen valmistuksesta jäteveden puhdistukseen mutta myös maaperän puhdistamisessa tai kasvualustana. (Siipola et al. 2019).

## 4. TUHKA

Satakunnan lämpö- ja voimalaitosten energiantuotannossa käytettiin v. 2019 puupolttoaineita 1,153 milj. m<sup>3</sup> (2,262 TWh). Turvetta käytetään 725 GWh. Valtaosa energiantuotannosta tapahtuu puun ja turpeen yhteispolttona.

Luonnonvarakeskus ja Tapio Oy ovat 2018 koonneet tuhkan tuotannon määrätietoja Biomassa-atlas – verkkopalveluun (Luke, [www.luke.fi/biomassa-atlas/](http://www.luke.fi/biomassa-atlas/)). Sen mukaan Satakunnassa syntyy tuhkaa 89 000 tn/v (kuva 6). Valtaosa tuhkasta on pohjatuhkaa ja rinnakkaispolton lentotuhkaa, jota syntyy leiju- ja kiertopetikattiloiden savukaasujen puhdistamisen yhteydessä.



Kuva 6. Tuhkan lajit, tn/vuosi, Satakunta (Biomassa-atlas)

Eri tuhkalajit soveltuvat parhaiten erilaisiin käyttötarkoituksiin. Puutuhka sisältää eniten ravinteita ja soveltuu parhaiten metsänlannoituksiin. Turvetuhka puolestaan kelpaa maanrakennustarkoituksiin. Hiilenpolton lentotuhka soveltuu betoniteollisuuden raaka-aineeksi. Yhdyskuntajätteen polttaminen vähentää tuhkan hyödyntämiskelpoisuutta ja tällainen tuhka päätyy kaatopaikoille tai tietyt raja-arvot ylitettyään ongelmajätteen kaatopaikoille tai tuhkan käsittelylaitokselle. Taulukossa 2 on kuvattu tarkemmin eri tuhkalajeja ja niiden määritelmää.

Taulukko 2. Tuhkien luokitteluun käytetyt määritelmät (Energiateollisuus 2012).

	Nimike	Määritelmä
<b>Keräyspaikka</b>	Pohjatuhka	Kattilan pohjalle kerääntyvä tai poistettavan leijupetimateriaalin mukana poistuva tuhka-aine
	Lentotuhka	Savukaasuista erotettava tuhka-aine
<b>Polttoainekoostumus</b>	Kivihiilen poltto	Kivihiilen polton lentotuhka
	Seospolttol	Tavanomaisten polttoaineiden seospolttol
	Rinnakkaispolttol	Jätteiden ja tavanomaisten polttoaineiden rinnakkaispolttol

Ecolan Oy:llä on Nokiolla tehdas, jonne viedään Satakunnan itä- ja pohjoisosista metsänlannoitukseen ja infrarakentamiseen soveltuvaa puun ja turpeen poltosta syntyvää lentotuhkaa. Määrät ovat olleet toistaiseksi pieniä, 300 tn/v, mutta määrä on kasvamassa 800 tonnin tasolle. Valtaosa Satakunnassa syntyvästä tuhkasta päätyy sellaisenaan infrarakentamiseen, kuten esim. terminaalien pohjamateriaalina ja myös kaatopaikkojen peitemateriaalina. Rauman sataman laajentaminen on ollut merkittävä tuhkan sijoituskohde. Toinen merkittävä tuhkan vastaanottoaika on Fortumin tuhkan käsittelylaitos Porin Mäntyluodossa (30-40 000 t/v). Kaatopaikalle sijoitettavasta tuhkasta joutuu maksamaan veroa 70 euroa tonnilta. Tuhkalla ei ole markkinahintaa, osa tuhkan vastaanottajista perii porttimaksua.

Voimalaitokset pyrkivät käyttämään sellaisia polttoaineita, jotka sopivat heidän laitokselleen teknisesti ja taloudellisesti ja ovat myös ympäristöystävällisiä. Tuhkan käsittelystä aiheutuva kustannus on yksi eri polttoaineiden käyttöön vaikuttava tekijä, joskin sen vaikutus on polttoaineiden hintavaikutuksia pienempi. Voimalaitosten kannalta olisi tärkeää löytää alueita, joihin on mahdollista välivarastoida tuhkaa sen myöhempää jalostusta tai muuta jatkokäyttöä varten. Yhdistämällä energiatermiinaihin tuhkan läjitysmahdollisuus pystyttäisiin kuljetuksia jossain määrin tehostamaan meno-paluu kuljetusten muodossa (Hollmén 2015).

#### 4.1. Tuhkan käyttö metsänlannoituksessa

Puutuhka sisältää runsaasti fosforia ja kaliumia, mutta ei typpeä. Turvetuhka sisältää huomattavasti vähemmän ravinteita. Puun ja turpeen yhteispoltossa syntyvää tuhkaa voidaan yleensä käyttää lannoitteeksi, mikäli turpeen osuus on alle puolet. Tällöin tuhkan ravinnesisältöä voidaan parantaa tarpeen mukaan lisäämällä rakeistuksen yhteydessä booria, typpeä, fosforia ja kaliumia.

Käsittelemätön tuhka pölyää, joten se ei sellaisenaan sovellu levitykseen. Sen tähden tuhka on rakeistettava. Menetelminä on itsekovetus (kastelu ja kuivattaminen) tai rakeistaminen laitoksilla.

Tuhkaa suositellaan ojitettujen turvemaiden lannoitukseen. Lannoitettaviksi valitaan sellaisia kohteita, joissa kuivatus toimii eikä liika vesi rajoita puiden kasvua. Lannoitettavan alueen ojien on oltava kunnossa tai se kunnostusojitetaan lannoituksen yhteydessä. Tuhkalannoituksella saadaan pitkä vaikutusaika, 20–50 vuotta. Lannoitus vähentää maaperän happamuutta ja siten parantaa ravinteiden saatavuutta. Tutkimusten mukaan tuhka lisää puuston kasvua 2–6 kuutiometriä hehtaarilla vuodessa.

Hyviä tuhkalannoituskohteita runsastyyppiset ja paksuturpeiset metsäojitusalueet, joilla fosforin ja kaliumin puute rajoittaa puuston kasvua. Nämä kasvupaikat ovat alkujaan olleet nevaisia ja märkiä soita. Tuhkalannoitus soveltuu myös vanhojen turvetuotannosta poistettujen alueiden metsityslannoitukseen.

Suosittelvat käyttömäärät vaihtelevat kohteista ja tuhkan laadusta riippuen 3–8 tonniin hehtaarilla. Levitys voidaan tehdä helikopterilla tai metsätraktorilla maalevityksenä. Maalevitys on parhaiten toteutettavissa harvennus- ja ojalinjahakkuun jälkeen talvella roudan aikaan. Kantavilla kohteilla maalevitys voidaan tehdä myös kesällä.

### **Lannoituspotentiaali ja -määrät**

Satakunnassa on arvioitu olevan tuhkalannoituksen sopivia soita 33000 ha (Markku Remes, Suomen metsäkeskus). Jos lannoitusta tehtäisiin 30 vuoden välein, vuotuinen lannoituspinta-ala olisi 1100 ha. Tuhkalannoituksella saatavissa oleva kasvunlisäyspotentiaali on yli 100 000 m<sup>3</sup>/v, mikä vastaa 4 % Satakunnan metsien nykykasvusta.

Satakunnassa tehtiin terveyslannoituksia 251 ha v. 2018. Vuonna 2019 määrä laski 103 hehtaariin (Luonnonvarakeskus, metsänhoito- ja metsänparannustyöt). Aiemmin määrät olivat 70 ha:n vuositasolla. Terveyslannoitus on pääosin tuhkalannoitusta. Tuhkaan voidaan lisätä myös typpeä, jolloin se soveltuu niukkatyppisempien turvemaiden ja kivennäismaiden lannoitukseen.

Tuhkalannoitus on kannattava investointi, jolla saadaan pitkäaikainen kasvunlisäys. Kannattavuutta lisää Kestävän metsätalouden rahoituslain 30 prosentin valtion tuki. Lannoitus ja erityisesti tuhkalannoitus on nähty nopeavaikutteisena keinona lisätä metsien kasvua ja samalla hiilensidontaa. Esimerkiksi vuoden 2020 ajaksi Kestävän metsätalouden rahoituslain ehdoista on poistettu vaatimus ravinneanalyysin tekemisestä.

Lannoitushankkeet tehdään pääsääntöisesti useamman tilan yhteishankkeena. Tällaisen hankkeen kokoaminen vaatii pitkäjänteistä työtä, hyvää metsänomistajien tuntemusta ja ajantasaista metsävaratietoa. Metsänhoitoyhdistykset ja metsäyhtiöt ovat tässä työssä onnistuneet, mutta tuhkalannoituksen määrän edelleen kasvattaminen on työlästä.

## **4.2. Tuhkan käyttö metsätien rakennuksessa**

Tuhkan käytöstä esimerkiksi metsätienrakennuksen materiaalina on saatu hyviä kokemuksia. Metsätierakenteissa tuhkaa voidaan käyttää sellaisenaan tiivistettynä 30–50 cm kerroksena 10 cm pintamurskekerroksen alla. Tuhkakerros pitää eristää myös sivuilta murskeella. Toinen käyttötapa on sekoittaa noin 20 painoprosenttia lentotuhkaa pintamateriaalina käytettävän kalliomurskeen sekaan ja levittää seosta 10 cm kerros metsätien pintarakenteeksi (Tapio 2020).

Tiedon puute ja tuhkan käytön tiukka säätely on toistaiseksi johtanut siihen, että tuhkaa ei ole juurikaan käytetty metsäteiden rakentamisessa Satakunnassa.

Tuhkien ominaisuuksia ja käyttöä on tarkasteltu tarkemmin Tuhkien muodostuminen Satakunnassa - liitteessä (Nurmi 2020)



## 5. PUUSIVUTUOTEMARKKINAT

Tässä luvussa tarkastellaan kausivaihtelujen sekä eri puusivutuotteiden ja laatuojen vaikutusta puusivutuotteiden markkinoihin. Lisäksi lukuun sisältyy puusivutuotemarkkinoiden tarkastelu vuodesta 1995 nykypäivään sekä ennakoitaan markkinoiden muutoksia vuoteen 2024 mennessä.

### ***Kausivaihtelujen vaikutus markkinoihin***

Puusivutuotteita syntyy jonkun muun tuotannon (esim. saha) sivuvirtana vain silloin, kun päätuotettakin eli esim. sahatavaraa valmistetaan. Puusivutuotteiden käyttö asiakkailta määräytyy esim. energiamarkkinoilla kaukolämmön, sähkön ja/tai prosessihöyryjen tarpeen mukaan. Sähkön määrälliseen tarpeeseen vaikuttaa myös sen hinta sähköpörssissä.

Puusivutuotteiden kysyntä ja tarjonta eivät välttämättä kohtaakaan eri vuodenaikoina eikä lyhyemmälläkään ajanjaksoilla. Tästä johtuen puusivutuotteita pitää varastoida ajoittain tuottajien tai asiakkaiden piholla tai sopivissa logistisissa paikoissa sijaitseviin puuterminaaleihin. Puun käyttömäärien ja toimitusvastuiden kasvaessa puuterminaalit ovatkin tulleet lähes välttämättömiksi kausivaihteluiden tasaajina.

### ***Eri puusivutuotteiden ja laatuojen vaikutus markkinoihin***

Metsäteollisuuden ja metsätalouden puusivutuotteet ovat voimallaitoksissa toisiaan korvaavia polttoaineita. Tässä julkaisussa käsiteltävistä "puusivutuotteista" ainoastaan pienpuun (kokopuu ja rankapuu) ja runkopuun hankintamääriä voidaan säädellä itsenäisesti kulloisenkin markkinatilanteen mukaan. Kaikki muut puutuotteet ovat riippuvaisia metsäteollisuuden tuotannosta, metsätaloudessa puunkorjuusta tai vaikkapa kierrätyspuun osalta paljolti rakentamisen määrästä eri suhdanteissa. Puusivutuotteita käyttävien asiakkaiden tarpeet voivatkin poiketa paljon siitä, miten puusivutuotteita "luontojaan" tulee markkinoille.

Metsäteollisuuden kaikki puusivutuotteet ovat täysimääräisesti jo käytössä. Hakkuutähteen hankintaa voidaan vielä tehostaa eli puunkorjuun sivutuotteena metsiin jäävä oksa- ja latvusmassaa ja kantoja ei hyödynnetä täysimääräisesti. Niiden käyttömäärää voidaan kasvattaa useita kymmeniä prosentteja tarkemmalla talteenotolla. Pienpuun ja runkopuun korjuu- ja käyttömääriä voidaan myös kasvattaa merkittävästi, mutta se aiheuttaa samalla sen, että ainespuukokoista kuitupuuta ohjautuu nykyistä enemmän energiantuotantoon.

Metsätalouden puusivutuotteiden lisämäärien hankinnan perusedellytys on se, että puusta markkinoilla saatava hinta kattaa kaikki sen korjuusta ja logistiikasta aiheutuvat kulut ja on kannattavaa liiketoimintaa. KEMERAn (kestävän metsätalouden rahoituslaki) pienpuun korjuutuki vaikuttaa olennaisesti koko- ja rankapuun hankinnan määriin ja kannattavuuteen. Lisämääristä maksettava korkeampi hintataso nostattaa markkinataloudessa helposti myös muiden puusivutuotteiden hintatasoa.

## 5.1. Puun huoltovarmuus ja varastointi

Puun huoltovarmuus perustuu pääosin laaja-alaiseen ja jatkuvaan metsätalouden ja metsäteollisuuden puusivutuotteiden tuotantoon. Puun huoltovarmuutta voidaan parantaa varastoterminaalien ja metsätalouden puuvarastoilla. Terminaaleissa parhaiten säilyy hakettamaton runkopuu ja kannot. Myös tuontipuulla on mahdollisuus parantaa huoltovarmuutta. Puun huoltovarmuuden merkitys korostuu tulevaisuudessa turpeen energiakäytön vähentyessä.

Huoltovarmuus ja varastointi lisäävät kustannuksia pääoman sitoutumisena, ylimääräisinä työkustannuksina sekä raaka-ainehävikkinä. Varastoja on huoltovarmuuden näkökulmasta ehkä edullisinta kasvattaa lisäämällä pystyvarantoa metsätaloudessa eli ostettujen, mutta hakkaamattomien pienpuuleimikoiden määrää sekä metsätienvarsivarastoja. Koneyrittäjien korjuu-, haketus- ja kuljetuskapasiteetti asettaa rajat sille, miten nopeasti puu saadaan metsästä tehtaille tai voimalaitoksille.

### ***Puusivutuotteiden varastointi***

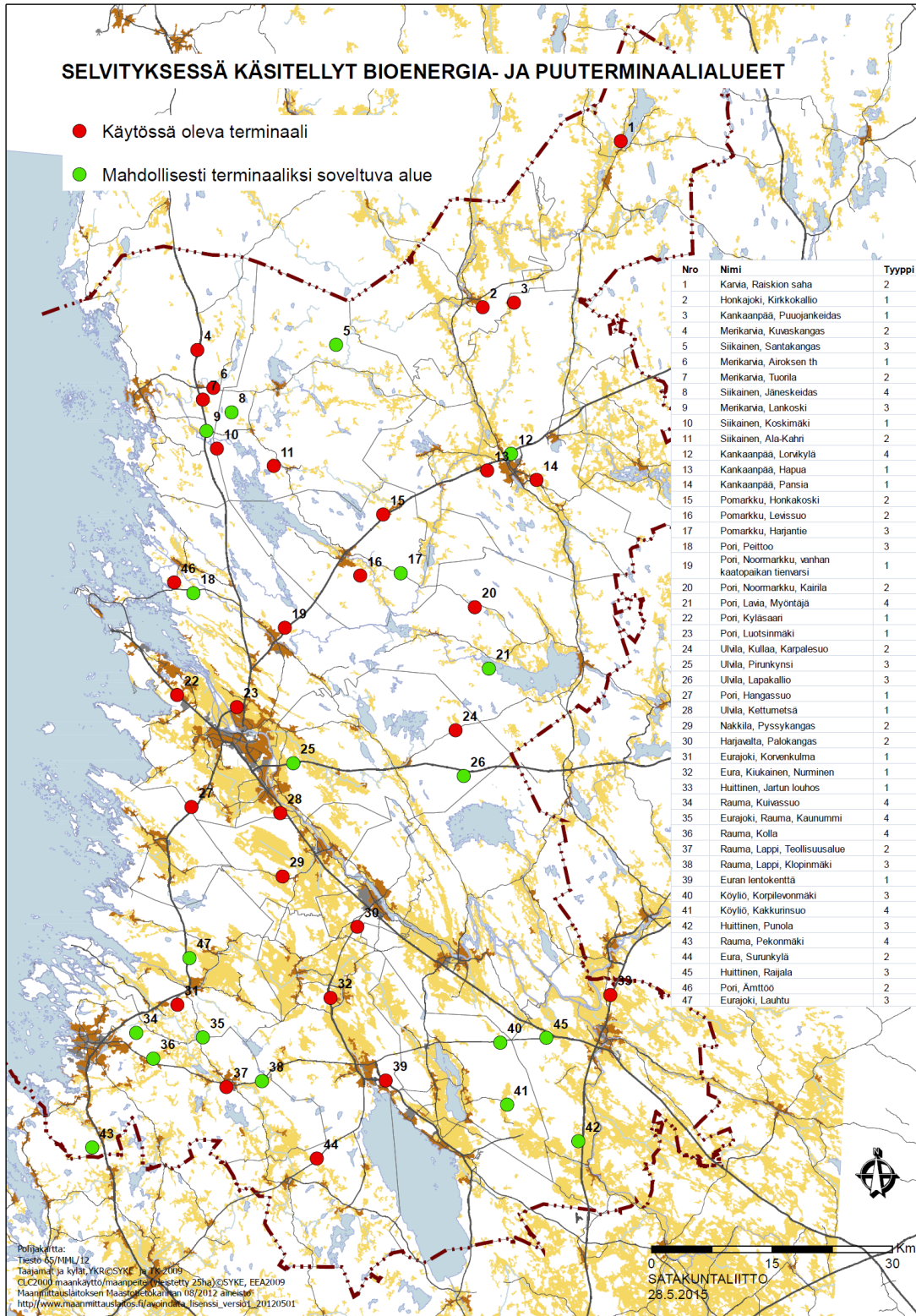
Puusivutuotteita voidaan varastoida tuotannon ja käytön tasaamiseksi yleensä asfalttipäällysteisissä terminaaleissa, joita voi luontevasti olla esim. sahojen omilla piha-alueilla ja tehtaiden tai voimalaitoksien puun vastaanottoasemien välittömässä läheisyydessä. Puusivutuotteiden tuottajien tai loppukäyttäjien terminaalit ovat kustannustehokkaimpia, koska niissä yleensä vältetään ylimääräiseltä autokuljetukselta ja puun siirto tehdään pyöräkuormaajilla.

Puusivutuotteiden hankintaan, logistiikkaan ja asiakastoimituksiin erikoistuneilla yrityksillä, kuten esim. L&T Biowatti Oy, Vapo Oy, Kumeko Forest Oy ja Sataenergia Oy, on omia terminaaleja eri puolilla maakuntaa sopivissa logistisissa paikoissa. Näihin terminaaleihin ajetaan tai vastaanotetaan puusivutuotteita, kun niiden tarjonta on kysyntää suurempaa. Vastaavasti terminaaleista kuljetetaan puuta asiakkaille silloin, kun asiakkaiden tarve on luontaista, normaalia tuotantoa suurempaa. Terminaaleihin kerätään laajalti alueen eri puusivutuotteita ja vastaavasti sieltä voidaan toimittaa monille eri asiakkaille tarpeen mukaan.

Terminaaleissa voidaan murskata, hakettaa, seuloa puuta sekä tehdä erilaatuisia asiakaskohtaisiakin puuseoksia eri puusivutuotteista. Terminaalit mahdollistavat myös sen, että pienetkin erikoislaadut voidaan kerätä suuremmiksi myytäviksi eriksi asiakkaille. Puusivutuotteet kestävät varastointia muutamasta kuukaudesta aina pariin vuoteen tuotteesta riippuen. Parhaiten säilyvät runkopuu ja kannot murskaamattomina ja heikoiten märkä/kostea kuori ja hakkuutähteistä tehty metsähake. Mikrobitoiminta on aktiivisinta kosteassa palakooltaan pienirakenteisessa puussa ja sen seurauksena puuaineesi alkaa maata nopeasti. Tämä aiheuttaa puuraaka-aineen laadullisia ja määrällisiä tappioita. Puun varastoitavuutta voidaan parantaa esim. tekemällä kuoresta ja purusta tasaista ja tiivistä seosaumaa.

Satakunnan vaihemaakuntakaavan 2 perustietoa-aineistoksi laaditussa bioenergia- ja puuterminaaliselvityksessä (Manu Hollmén 2015) kartoitettiin Satakunnan alueella sijaitsevat olemassa olevat bioenergia- ja puuterminaalit, selvitettiin niiden laajentumismahdollisuudet sekä etsittiin uusia terminaalikäyttöön soveltuvia alueita (kuva 7). Selvityksen laadintavaiheessa Satakunnassa oli terminaalikäytössä, rakenteilla tai lähimenneisyydessä terminaalikäytössä olleita alueita noin 28 ha. Selvityksessä on arvioitu, että vuonna 2035 polttoainehuollon vaatimien bioenergiaterminaalien pinta-ala tulisi Satakunnassa olemaan n. 115 ha, jonka lisäksi on lisäaluetta oltava varattuna myös

puuterminaalikäyttöä varten. 115 hehtaarin tarvealue perustuu aiempaan laskelmaan siitä, että 50 % tarvittavasta metsäenergiasta kiertää terminaalien kautta. Terminaalien kautta kiertävän puun osuuden kasvaessa tarvitaan vastaavassa suhteessa lisää aluetta. Bioenergia- ja puuterminaalit tulevat olemaan tulevaisuudessa erittäin tärkeä osa puunjalostusteollisuuden ja metsäenergian logistiikkaketjuissa.



Kuva 7. Olemassa olevat terminaalit ja puskurivarastot sekä selvityksen aikana terminaalikäyttöön soveltuviksi esitetyt kohteet (Bioenergia- ja puuterminaaliselvitys, Satakunnan vaihemaakuntakaavan 2 tausta-aineisto, Manu Hollmén 2015.)

Raumalla ja Kokemäellä kuivataan hukkalämmöllä sivutuotteita voimalaitosten varastoauomoissa. Mikrobitoiminta nostaa puuvarastoaman lämpötilaa, jonka seurauksena se voi myös syttyä palamaan. Aumapalo syttyy usein talven pakkasilla, kun aumaan syntyy ulkoilman ja auman sisälämpötilan erosta johtuvia pakkashalkeamia. Halkeamasta virtaava ilma kohtaa kuuman auman sisäosan ja puu alkaa kytämään ja ennen pitkää puhkeaa avoliekkiin. Aumapalon sammutus ja hallinta on vaativa ja kallis toimenpide.

Metsätalouden sivutuotteet, hakkuutähde, pienpuu ja kannot, ovat yleensä varastossa metsäteiden tienvarsivarastoissa. Metsävarastot ovatkin kaikkein tärkein puun varastointimuoto varsinkin, kun puusivutuotteiden lisäkäyttösuunnitelmat rakentuvat pitkälti metsätalouden sivutuotteiden varaan. Myös ostetut pienpuu ja runkopuuleimikot toimivat varastoina odottaessaan hakkuuta. Näin puun oston ja loppukäytön aikajänne voi olla jopa neljä vuottakin.

## 5.2. Puusivutuotemarkkinat 1995–2019

Tarkastelukauden alkupuolella sivutuotteiden kaupalliset markkinat olivat vielä hyvin jäsentymättömät ja sivutuotteita pidettiin osin jätteenomaisina tuotteina. Metsäteollisuuden puusivutuotteiden oma käyttö tuotantoraaka-aineena tai polttoaineena oli kuitenkin huomattavaa ja jäsentynyttä. Tärkeää sahoille ja muille tuotantolaitoksille oli se, että sivutuotteiden logistiikka tai markkina eivät häiritse varsinaista tehtaan tuotantoa. Energiantuotantoa kiinnosti puu polttoaineena, mutta sitä ei pidetty toimitusvarmuudeltaan ja laadultaan esim. turpeen veroisena. Turve olikin puun ”läheisin” kilpailija.

Metsäteollisuusintegraattien ulkopuoliset voimalaitokset oli suunniteltu lähinnä turpeen ja kivihiihen polttoon ja kosteaa puuta voitiin käyttää vain lähinnä seospolttoaineena. Puusivutuotteista sahanpuru ohjautui sellun keittoon ja levyteollisuuden raaka-aineeksi lähes kokonaisuudessaan Pohjois-Suomea lukuun ottamatta.

Vuosituhanen vaihtuessa Suomeen oli jo perustettu puupolttoaineterminaaleja toimitusvarmuuden parantamiseksi ja kausivaihtelujen tasaamiseksi. Uusia puun poltolle aiempaa paremmin soveltuvia lämpö- ja voimalaitoksia rakennettiin ja kaupallinen sivutuotemarkkina kehittyi nopeasti. Sahanpurun raaka-ainekäyttö sellun ja levyn teossa väheni ja puru ohjautui enemmän polttoon. Pellettitehtaat tulivat uutena puusivutuotteiden käyttäjäryhmänä ja alkuvaiheen raaka-aine oli pääasiassa kuiva kutterinlastu ja myöhemmin myös sahanpuru.

Puusivutuotemarkkinoilla on ollut selkeitä epätasapainotilanteita kysynnän ja tarjonnan suhteen lähihistoriassa. Vuosien 2005-2007 päästökaupan (CO<sub>2</sub>) alkuvaiheen korkealle kohonnut hiilidioksiditonin hinta (jopa 30 €/CO<sub>2</sub> tonni) aiheutti puusivutuotteiden hinta- ja kysyntäpiikin. Päästöoikeuden hinta romahti 2008, mikä heikensi puun kilpailuasemaa muihin polttoaineisiin nähden (Kuva 8).

Metsäteollisuuden korkeat tuotantomäärät lisäsivät puusivutuotteiden määrää markkinoilla, mikä johti heikentyneessä kilpailuasemassa puusivutuotteiden markkinahinnan laskuun. Metsähakkeiden kasvava toimitus ja sähkön tuotannossa parempi kilpailukyky pitivät metsäteollisuuden sivutuotteiden hinnat pitkään melko alhaisina. Markkinatilanne parani vasta 2018 suurten uusien voimalaitosten käynnistyminen ja päästöoikeuden hinnannousun myötä. Myös yleinen tavoite hiilineutraalisuudesta ja luopua turpeen sekä kivihiilen käytöstä myötävaikutti markkinatilanteen parantumiseen.



Kuva 8: Päästöoikeuden hintakehitys EU:ssa (euroa/co2 –tonni). Lähde: Intercontinental Exchange

### 5.3. Puusivutuotemarkkinoiden nykytila ja markkinahinnat

Satakunnassa sivutuotteiden tuottajat ovat melko tyytyväisiä nykyiseen puusivutuotteiden markkinatilanteeseen. Hintataso on noussut viimeisen kahden vuoden kuluessa 10-20 %, ja kaikki kertyvät/hankitut puusivutuotteet on saatu myytyä markkinoille. Satakunnassa oma käyttö ei ole lisääntynyt. Naapurimaakuntien voimalaitosinvestointien tuoma voimakas puupolttoaineen kysynnän lisäys heijastuu Satakuntaan. Markkinatalous toimii, ja puusivutuotteita toimitetaan suuria määriä pois Satakunnasta.

Puupolttoaineiden kysynnän arvioidaan Satakunnassa kasvavan etenkin turpeen käytön vähentämistä vastaavasti. Kaukolämmön kokonaistarve riippuu varsinkin talven lämpötiloista, mikä vaikuttaa suoraan tarvittaviin polttoainemääriin. Toisaalta, jos metsäteollisuuden puusivutuotteiden määrä vähenee, sekin pitää korvata metsistä hankittavilla puupolttoaineilla. Polttoaineen kysyntään vaikuttaa voimakkaasti myös metsä- ja muun teollisuuden tuotanto eli mikäli tuotantomäärät pienenevät, niin niiden prosessienergian tarvekin pienenee. Tästä esimerkkinä Venator P&A Finland Oy:n Kaanaan tehtaan palo 2018 ja UPM-Kymmene Oyj:n Rauman paperikoneen sulkeminen 2020 vuoden alussa.

Puusivutuotteiden markkinoihin ja logistiikan ohjailuun vaikuttaa paljon myös metsäteollisuuskonsernien omien sahojen, puunkorjuun ja vastaavasti omien tehtaiden tai asiakkaiden toimitusten sisäinen ohjaus. Osa sivutuotemarkkinasta on siis yritysten sisäistä käyttöä ja siten vapaasti markkinoilla oleva puusivutuotteiden määrä on kokonaismarkkinaa pienempi.

### **Markkinahinnat ja niiden muutokset**

Puusivutuotteiden markkinahintatasot vaihtelevat alueittain ja tuotteittain (taulukko 3). Myyntihinnat laskivat etenkin metsäteollisuuden sivutuotteilla 2015-2017 ja lievemmin myös metsätalouden sivutuotteilla. Hinnat kääntyivät kysynnän myötä kasvuun, ja ovat nousseet 2018-2020 kuluessa 10–20 %. Kuljetuskustannusten muutoksen ollessa pientä on hinnan nousu tuloutunut pääosin sivutuotteiden tuottajille. Hintojen ollessa melko voimakkaassa nousussa on yrityskohtaisissa yksikköhinnoissa ehkä normaalia enemmän vaihtelua. Hintaan vaikuttaakin nykyisessä markkinatilanteessa sopimusajankohta, hinnoittelujakson pituus ja mahdollisuus käyttää puusivutuotteita mahdollisimman monipuolisesti.

Metsätalouden puusivutuotteet ovat toimitushinnoiltaan (esim. €/MWh) korkeampia kuin teollisuuden sivutuotteet. Metsätalouden sivutuotteista kalleinta on karsitusta rankapuusta tehtävä hake ja halvinta kannoista tehtävä murske. Teollisuuden puusivutuotelaatujen keskinäinen hinnan ero oli pienehköä, mutta alueelliset/asiakaskohtaiset hintaerot olivat merkittäviä. Kalleimpia yksikköhintoja maksettiin esim. määriltään pienillä katekuorimarkkinoilla (vertailulukuna yli 30 €/MWh). Pitkät kuljetusetäisyydet nostattivat myyntihintoja vähintään kasvanutta kuljetuskustannusta vastaavasti.

Taulukko 3. Markkinahintojen vaihtelu tuotteittain (2019)

<b>Puusivutuote</b>	<b>Hinta €/MWh, alv 0 % (käyttöpaikalle toimitettuna)</b>
Rankahake (pienpuu)	23-25
Kokopuuhake (pienpuu)	21-24
Metsätähdehake (hakkuutähde)	20-23
Kanto	17-20
Sahanpuru ja kuori	16-20
Puumurskeet ja kutterinlastu	16-20
Kierrätyspuu	12-15

### **Puusivutuotteiden arvo Satakunnassa**

Edellä mainituilla hinnoilla puusivutuotteiden arvo, saharake mukaan lukien, käyttöpaikalle toimitettuna Satakunnassa oli vuonna 2019 arviolta 62 milj. €. Vertailun vuoksi metsänomistajien saama kantorahatulo oli Satakunnassa 93 milj. €. Sivutuotteiden suurta arvoa selittää se, että yli puolet Satakunnassa käytetystä raakapuusta tuodaan maakunnan ulkopuolelta.

## 5.4. Puusivutuotemarkkinat 2024

Puusivutuotemarkkinoiden odotetaan kasvavan kuluvalle vuosikymmenellä. Eniten siihen vaikuttaa turpeen käytön suunniteltu vähentyminen. Satakunnassa käytettiin 2019 turvetta 725 GWh, mikä vastaa yli 350 000 kiintokuutiota puusivutuotteita. Turvetta käytetään suuria määriä myös etenkin Pirkanmaalla sekä Etelä-Pohjanmaalla ja niiden kasvava puupolttoaineen tarve heijastuu myös Satakunnan alueelle kilpailua puusta lisäävänä tekijänä.

BioEnergia Oy:n suunnittelee Porin Kaanaaseen biokonversiotehdasta, joka tuottaisi bioetanolia, ligniiniä ja biokaasua. Suunniteltu tehdas tarvitsisi raaka-ainekseen 200 000 kuiva-ainetonnin (noin 600 000 m<sup>3</sup>) sahanpurua ja haketta. Tehdas muuttaisi toteutuessaan merkittävästi koko puusivutuotemarkkinaa Satakunnassa ja naapurimaakunnissakin. Tehtaan jalostusaste on suoraa polttoa korkeampi ja olisi siten merkittävä parannus kaskadiperiaatteen mukaiseen käyttöön. Tehtaan käyttämä puu olisi pois nykyisiltä puun käyttäjiltä. Korvaava puu energian-, paperin- ja sellun tuotannossa olisikin haettava metsästä hankittavalla ainespuulla, kokopuulla, hakkuutähteillä ja kannoilla sekä aina mahdollisella tuontipuulla.

Metsä Group on tehnyt investointipäätöksen rakentaa Raumalle uusi suuri mäntysaha. Sahan suunniteltu sahatavaran tuotantomäärä on 750 000 m<sup>3</sup>/v ja saha käynnistyy vuoden 2022 loppupuolella. Sahauksen sivutuotteena syntyy selluhaketta arviolta 450 000 m<sup>3</sup>, sahanpurua 150 000 m<sup>3</sup> ja kuorta 150 000 m<sup>3</sup>. Sahanpuru ja kuori vastaavat energiamäärältään noin 600 GWh eli vastaa kokoluokaltaan maakunnan turpeen käyttöä. Mikäli Rauman sahan käynnistäminen ei vaikuta Satakunnan ja naapurimaakuntien muiden sahajen sahausmääriin, niin markkinoille kerralla tuleva puusivutuotemäärä on hyvinkin merkittävä. Puusivutuotteiden mahdollisesta lisääntyvästä käytöstä Raumalla ei ole julkista tietoa.

Rauman uuden sahan tuottama ja viereisellä sellutehtaalla käytettävä saharake vähentänee Satakunnassa käytettävän kuitupuun määrää. Uusi saha muuttanee kuitupuun ohella myös energiapuun markkinatilannetta. Muutoksia voi tapahtua siis siinä, että kuitupuuta siirtyisi teollisen käytön pienentyessä energiapuuksi ja vastaavasti metsästä hankittavan energiapuun tarve pienenee energiakäyttöön ohjautuvan sivutuotemäärän kasvaessa. Muutokset riippuvat paljolti siitä, että käyttääkö konserni lähitulevaisuudessa itse syntyvät puusivutuotteet vai myydäänkö ne Satakunnan ja sen lähialueiden markkinoille.

Lähitulevaisuudessa markkinat etsivät uutta tasapainotilaa niin määriltään kuin hinnaltaankin. Käyttömäärien kasvu nostattaa hintatasoa arviolta muutamia prosentteja vuodessa. Markkinaa tasaavana tekijänä pidetään tuontipuun mahdollista lisääntyvää käyttöä sekä energiamarkkinoiden yleistä kehitystä. Mikäli puun hinta nousee liiaksi, niin muut energian tuotantomuodot tulevat kilpailukykyisemmiksi, mikä taas rajoittaa puun käyttöä.

Satakunnan satamat mahdollistavat hyvin sekä puun tuonnin että myös puun viennin. Tämä on ehkä enemmän mahdollisuus kuin uhka, koska kaikille puuta käyttäville investoinneille on kriittistä puun saatavuus kaikissa markkinatilanteissa. Investoinnit ovat tae puusivutuotteiden kysynnän jatkuvuudelle.

Voimalaitoksilla on herännyt huolta myös siitä, että yleistä energiapolitiikkaa ohjataan yleisesti polttamisen vastaiseksi. Puun polton vastainen kehitys johtaisi tilanteeseen, jossa puun lahoamisessa vapautuisi hiilidioksidi ilmaan, mutta energiaa ei saataisi talteen.

## 5.5. Näkymä puusivutuotteiden liiketoimintaympäristöön

Puusivutuotteiden markkinatilanne vuonna 2020 on hyvä ja näyttää lähivuosina vielä paranevan. Suurimpina ajureina ovat olleet CO<sub>2</sub> päästökaupan korkea hinta, turpeen polton vähentäminen sekä tietysti uudet lähivuosina rakennetut kiinteän polttoaineen voima- ja lämpölaitokset. Markkinaan tulevat vaikuttamaan aiempien ajurien lisäksi EU:n vihreän kehityksen ohjelman (European green deal) lukuisat eri lainsäädäntöhankkeet ja muut toimet. Ohjelman tavoite on ilmastoneutraaliuden saavuttaminen 2050. Puusivutuotteiden tulevaan käyttöön tulee vaikuttamaan se, miten ne luokitellaan CO<sub>2</sub> päästöjen suhteen.

EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa koskevat säädökset vaikuttavat koko metsäsektoriin ja uusiutuvan energian direktiiviin tulee sisältymään kestävyyskriteerit myös kiinteille energiabiomassoille. Prosessiperäisille ”jätteille ja tähteille” kuten sahanpuru ja kuori, riittää kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskriteeri. Metsätalouden sivutuotteiden kuten esim. hakkuutähde pitää täyttää myös kasvihuonekaasujen päästösäästöjä koskeva kriteeri. Päästösäästövaatimus on 70 % fossiilisen polttoaineen vertailuarvoon verrattuna. Kestävyyskriteerejä ei sovelleta alle 20 MW:n lämpölaitoksissa tai maataloilla ja kotitalouksissa. Vain kriteerit täyttävä bioenergia on tämänhetkisen tulkinnan mukaan laskennallisesti nollapäästöistä EU:n päästökaupassa ja päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla. EU:n taakanjakoasetuksen mukaan Suomen on vähennettävä päästöjään vähintään 39 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä.

Päästöoikeuden hinta parantaa suoraan puun suhteellista kilpailukykyä polttoaineena muihin nähden vain niin kauan kuin se luetaan päästöiltään nollapäästöiseksi. Sen suhteellinen kilpailukyky päästökaupan osalta, heikkenee merkittävästi ja samassa suhteessa kuin sille mahdollisesti laskettavat CO<sub>2</sub>-päästöt. Pysyykö puupolttaine kilpailukykyisenä ja käyttömäärät nykytasolla vai kasvavatko ne vielä? Siihen vaikuttaa akuutisti se, mitä nykyisissä laitoksissa voi tai saa polttaa ja mikä on nykyisten laitosten käyntiaste sekä elinkaari ja tietysti kilpailevat energiantuotantomuodot. Uusinvestointien laskenta on hankalaa epävarmuudessa ja ne voivat jäädä tekemättä. Pääomia löytyy markkinoilta, mutta vain kannattaviin investointeihin, joissa polttoaineet tai raaka-aineet ovat saatavilla.

Puun käyttöä rakentamisessa halutaan lisätä niin Suomessa kuin EU:ssa. Puurakentaminen lisää hiilensidontaa ja on myös kaskadiperiaatteen mukaista. Puusivutuotteita voi syntyä lisää esim. sahausmäärien kasvun myötä, ja niitä voidaan käyttää polton ohella myös vaikka rakennuslevyjen tai eristeiden raaka-aineena. Rakennuslevyteollisuus on kuihtunut Suomessa, mutta voisiko alalle syntyä uusia tuotantolaitoksia, kun hiilineutraalisuutta tavoitellaan. Puusta valmistetut nestemäiset polttoaineet ovat myös ajankohtaisia. EU-tason päätökset luovat pohjaa mille markkinat rakentuvat. Mikäli puupohjaiset nestemäiset polttoaineet ovat kilpailukykyisiä omilla markkinoillaan ja tuotantolaitosten maksukyky puuraaka-aineesta on riittävän korkea, niin uusia puusivutuotteisiinkin perustuvia investointeja tehdään.

Puusivutuotteiden tulevaisuuden markkinoissa palataan niiden määritelmään; ”puusivutuotteita syntyy päätuotteen valmistuksen yhteydessä”. Metsäteollisuuden puusivutuotteiden määrä ei muutu esim. niiden kasvavan kysynnän myötä, vaan ainoastaan päätuotteen kasvavan kysynnän/tuotannon myötä. Metsäteollisuuden sivutuotteiden varaan rakentuvan tuotannon onkin pystyttävä hankkimaan raaka-aineensa kilpailukykyisesti, vaikka puun käyttö polttoaineenakin kasvaisi, hinnat nousisivat ja



metsäteollisuuden puusivutuotteiden tuotantomäärät pienenisivät. Kilpailuasetelma luodaan pitkälti EU-tason päätöksillä.

Energiantuotannossa puun etuna on se, että puupolttoaineita on useita ja osin ne ovat toisistaan riippumattomia. Puupolttoaineiden hankintaa metsistä voidaankin lisätä, mikäli metsäteollisuuden puusivutuotteita ei ole riittävästi saatavilla. Puunhankinnan määrän rajana on se, että hankinnan on oltava kannattavaa ja kestävää liiketoimintaa hankintaketjun kaikille toimijoille. Mikäli puun käyttö kiinteänä polttoaineena ei ole kokonaisuutena kannattavaa, niin sen käyttömäärät kääntyvät laskuun. Puupolttoaineen kilpailukyky kaukolämmön tuotannossa on olennaista puusivutuotemarkkinoiden kannalta. Pienkäyttö jatkuu suurena, koska sitä ei oltane rajoittamassa EU-tasolla.

Huoltovarmuuden kannalta turve ja kivihiili ovat olleet tärkeitä. Kivihiiltä on jatkossakin varmaan saatavissa globaaleilta markkinoilta, mutta jos turvetuotanto ajetaan alas, niin sen uudelleensynnyttäminen on hyvin hidasta. Olisi ehkä viisasta säilyttää huoltovarmuuden näkökulmasta riittävä määrä turvetuotantoa varmistamaan ja tukemaan puupolttoaineiden kokonaiskilpailukykyä ja käytön kasvua.

Tuontipuu toimii myös puupolttoainemarkkinoilla ylikuumenemisventtiilinä. Se on vaihtoehto, mikäli puuta ei saada määrällisesti tai hinnallisesti riittävästi voimalaitokselle tai raaka-aineeksi jalostuslaitokselle. Jos oletetaan, että 20 %:n tuontipuumäärällä pystytään välttämään esim. 1 €/MWh yleinen puun hinnannousu, niin kyseisestä tuontipuumäärästä voitaisiin maksaa 5 €/MWh enemmän keskiostohinnan pysyessä kuitenkin samana. Sama pätee periaatteessa myös muihin hankittaviin puun lisämääriin esim. kauempaa kuljettaessa hankinta-aluetta kasvattamalla. Tämä on normaalia toimintaa toimivilla markkinoilla ja puun tuonti ja vienti ovat kokonaisuuden kannalta myönteisiä ja tarpeellisia.

Puusivutuotteiden määrän ja kilpailukykyyn lisäämiseksi olisi tarpeen miettiä niiden hankinnan integroimista itse päätuotteen valmistukseen. Mahdollisuutena voisi pitää esimerkiksi puunkorjuun kehittämistä siihen suuntaan, että hakkuutehtet (oksa- ja latvusmassa) ja pienpuu korjattaisiin ja kuljetettaisiin yhdessä ainespuun kanssa käsiteltäväksi terminaaleissa tai tuotantolaitoksilla. Logistista hyötyä kertyisi, jos kaikki puusivutuotteet pystyttäisiin hyödyntämään esim. sahan, sellutehtaan, voimalaitoksen, biokonversiolaitoksen tai puulevytehtaan integraatissa.

Komission LULUCF-asetus määrittelee miten maankäytön, maankäytön muutoksen ja metsänhoidon nielut ja päästöt otetaan huomioon EU:n ilmastotavoitteissa vuoteen 2030 saakka. Rakentamisen aiheuttamaa metsäpinta-alan vähenemistä voidaan kompensoida metsittämällä. Nykyisten viljelysten ulkopuolelle jääneiden peltojen ja tuotannosta poistettujen turvesoiden metsittäminen ovat selkeä mahdollisuus lisätä puuntuotantoa, sen pinta-alaa ja myös metsätalouden puusivutuotteita. Tuhkalannoitus voisi vielä täydentää kokonaisuutta. Myös hiilinielurekisterien kaltaiset järjestelmät/kauppapaikat ovat mahdollisuus parantaa puutuhkan kannattavuutta metsien lannoitteena. Toteutuessaan tuhkalannoituksen lisääntyminen edesauttaisi metsien kasvun lisääntymistä ja hiilen sidontaa sekä hyvää konkreettista kiertotaloutta.

## 6. METSÄTALOUS JA -TEOLLISUUS SATAKUNTALAISESSA SIVUVIRTAEKOSYSTEEMISSÄ

Satakuntalainen sivuvirtaekosysteemi kuvaa toimintaympäristöä, jossa maakunnassa syntyvistä tuotantopanoksista jalostetaan lisäarvoa, vastaamaan megatrendin luomaan tarpeeseen tuottaa kaskadiperiaatteella kestävä kehityksen tavoitteiden mukaisia hyödykkeitä. Tässä kasvuohjelmassa sivuvirtaekosysteemi liittyy eloperäiseen tuotantopanospöytäan, jossa Satakunnalla on tarjota erittäin monipuolinen teollisen jalostuksen mahdollistava pohja.

Tunnusomaista ekosysteemitomimijoille on yhteiseen ymmärrykseen perustuva, yritysten strateginen yhteistyö muiden samaa tuotantopanospöytäan käyttävien osajien kanssa. Ekosysteemissä lisäarvoa tuottavat yritykset ja yritysverkostot, erityyppiset innovaattorit, osaajayhteisöt ja kehitysyhtiöt sekä yliopistot ja oppilaitokset.

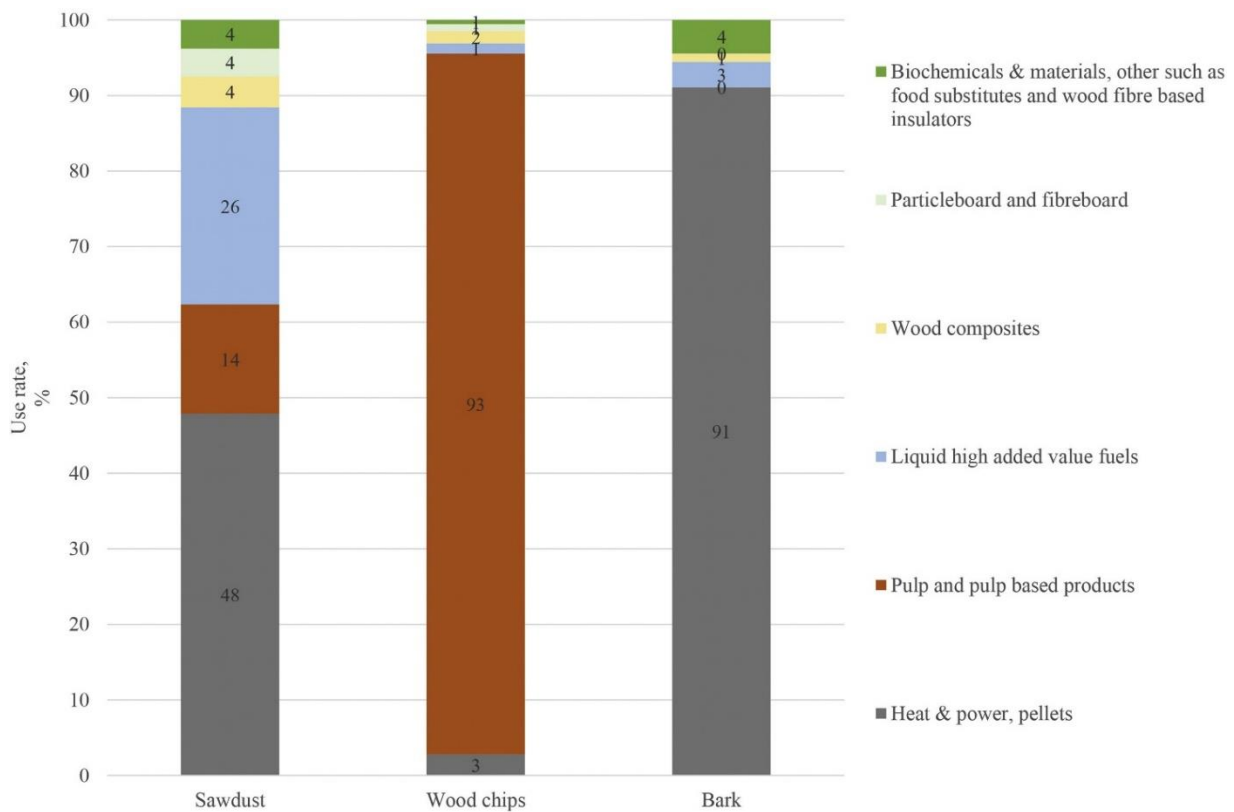
Satakuntalainen metsäteollisuuden toimintaympäristö on joutunut kohtaamaan samat globaalit markkinoiden kysynnän muutokset ja paperinkulutuksen väistämättömän vähentymisen kuin muutkin alan toimijat. Suomalaiset metsäteollisuusyritykset ovat investoineet pitkäjänteisesti Satakuntaan, vaikka toisaalta tuotantoa on supistettu.

### 6.1. Suomen metsäteollisuuden puusivutuotteiden käytön skenaarit 2030

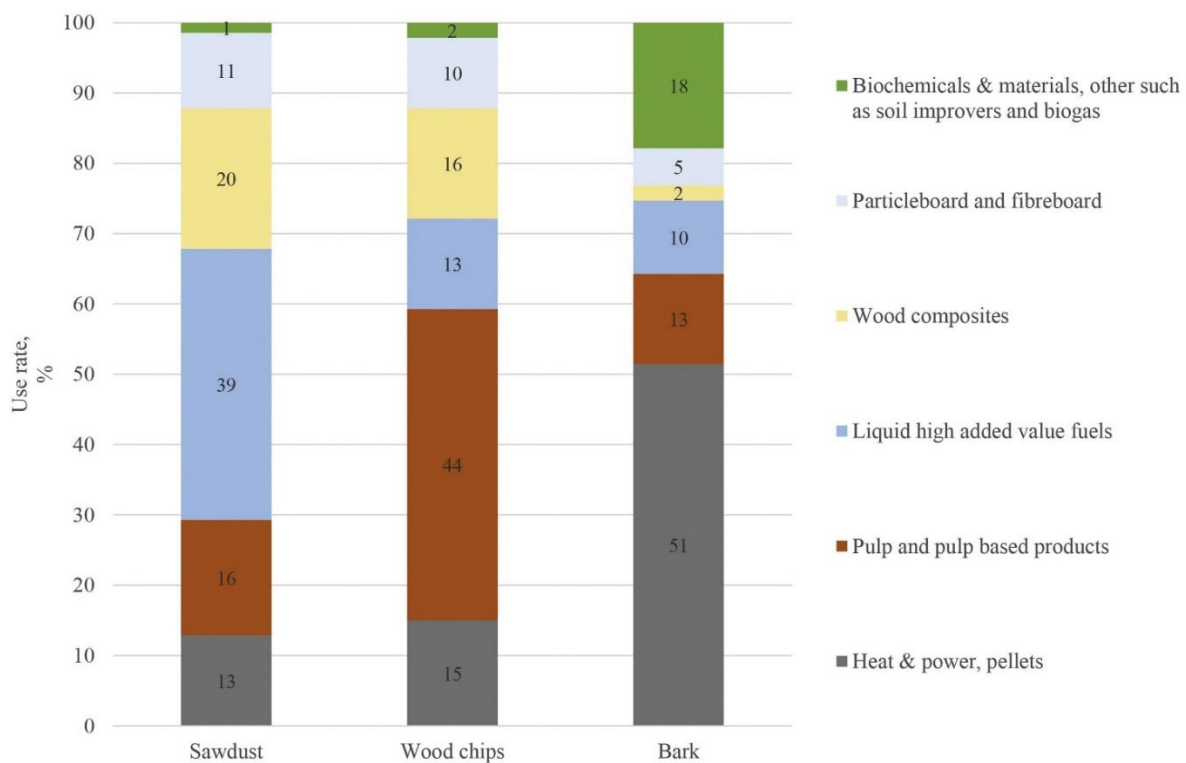
Itä-Suomen yliopisto, Euroopan metsäinstituutti ja Luonnonvarakeskus ovat Jenni Kuntun johdolla tutkineet metsäteollisuuden yritysjohtajien ja alan sidosryhmän asiantuntijoiden näkemyksiä toimialan tulevaisuuden muutoksista julkaisussaan "Preferable utilisation patterns of wood product industries' by-products in Finland", joka on ollut lähteenä kappaleen tekstiin, kuviin ja kuvaparien tulkintoihin. (Kunttu et al. 2019)

Oheisissa kuvapareissa on pyydetty asiantuntijoita arvioimaan puusivutuotteiden kohdistuminen eri tuotteiden raaka-aineiksi vuonna 2030. Näkemyksiä pyydettiin nykyisenmuotoisen sellu- ja paperiteollisuuden pohjalta (Kuva 9). Toisella kyselyllä pyydettiin näkemyksiä tilanteessa, että kysyntää on hyvin erityyppisille puusivutuotteista valmistetuille lopputuotteille (kuva 10).

Puusivutuotejakeiden energiankäyttö lähes puolittuu, mutta sellun valmistus säilyy keskeisessä roolissa. Puukomposiitit näkyvät uutena tuoteryhmänä ja samoin myös lannoitteet, biokemian tuotteet ja materiaalit, tekstiilit yms. Puurakentamisen tuotteiden valmistus kaksinkertaistuu ja samoin tapahtuu nestemäisten korkean jalostusasteen tuotteiden osalta.



Kuva 9. Puusivutuotteiden jakautuminen eri käyttötärpeisiin vuonna 2030 tilanteessa, jossa metsäteollisuus on keskittynyt sellun – ja paperituotteiden valmistukseen vastaavalla tavalla kuin nykyäänkin. (Kunttu et al. 2019)



Kuva 10. Puusivutuotteiden jakauma vuonna 2030 tilanteessa, että teollisuutta on kohdannut kysyntä hyvin erityyppisiä puupohjaisista tuotteista (Kunttu et al. 2019).

Kuvassa 2 on esitetty puusivutuotteiden jakauma vuonna 2030 tilanteessa, että teollisuutta on kohdannut kysyntä hyvin erityyppisistä puupohjaisista tuotteista. Tilannekuva on koostettu keskiarvoina asiantuntijoiden erilaisista näkemyksistä. Tätä voidaan kuitenkin pitää yhtenä tulevaisuuskuvana puusivutuotteiden ohjautumisesta eri käyttökohteisiin. Asiantuntijoiden hajaantuneet näkemykset kuvan 10 koostamiseksi tehtyihin kysymyksiin antaa mahdollisuuden arvioida, että muutos metsäteollisuuden tuotteiden kysynnässä on melko alussa eikä suuntaa ole helppo päätellä.

## 6.2. Metsätalous ja -teollisuus satakuntalaisten kestävän kehityksen sivuvirtaekosysteemin moottorina

Metsä- ja puutuoteteollisuus on keskeisessä roolissa, kun toteutetaan siirtymistä hiilineutraaliin yhteiskuntaan. Satakunnassa on toimintaympäristöjä ja toimijoita, jotka tekevät itse tai tarjoavat kumppanuutta puusivuvirtoihin liittyvälle kehitys- ja tutkimustyölle. Yhdessä metsäteollisuuden tuotantolaitosten kanssa nämä muodostavat maakuntaan kansainvälisen sivuvirtaekosysteemin, joka tuottaa kestävää kehitystä edistäviä tuotteita ja osaamista.

Satakunnassa on monien toimijoiden muodostama kestävän kehityksen ekosysteemi, joka pystyy vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin ja megatrendeihin. Ihmisillä on kasvava tarve ja halu hankkia ympäristöä vähemmän kuormittavia tuotteita ja tähän tarpeeseen satakuntalainen kestävän kehityksen ekosysteemi vastaa. Satakunnassa voidaan tunnistaa kaksi hyvin vahvasti toisiinsa linkittyntä osaamiskeskittymää.

### ***Eteläisen Satakunnan osaamiskeskittymä osana ekosysteemiä***

Maakunnan metsäteollisuuden rooli ekosysteemissä on vahvistunut viime vuosina ja on odotettavaa, että sen roolin kasvu jatkuu. Teknologisesti tätä tukee Raumalle investoitava suuri saha mutta myös pienemmät investoinnit, joista esimerkkinä Euran paperitehtaalle tehty laiteinvestointi biohajoavan pakkausmateriaalin tuotantoon.

Osaamisen ja soveltavan tutkimuksen osalta Räpin koetilan ja Pyhäjärvi-Instituutin uudet tutkimuskumppanuudet ja tiivis yhteistyö metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntämiseksi pellon ravinne- ja vesitalouden sekä valumien hallinnassa laajentaa tutkimuskumppanuuksia. Pyhäjärvi-Instituutti on mukana useissa lähialueen teollisuuden tuotekehitys- ja tutkimushankkeissa ja edistää uusien ekosysteemin toimijoiden integroitumista Eura-Säkylä-Huittinen alueelle. Huittisista käsin toimiva Satafood ry tuo ekosysteemiin elintarvikesivuvirtoihin liittyvää vahvaa osaamista. Satamaidon tuotantolaitos sijaitsee Ulvilassa ja on tulevaisuudessa yhä tiiviimpi osa ekosysteemiä. Maidon valmistukseen liittyvän sivuvirrasta tunnistetaan jatkuvasti lisää jatkojalostukseen soveltuvia jakeita.

Maa- ja metsätalouden sivuvirroilla voi olla kemiallisia, mekaanisia ym. käytettävyyksiä, jotka nousevat arvopotentialtaan biokaasun arvon edelle. Kiertotalouden jätehierarkian mukaisesti tällöin jakeet tulisi hyödyntää ensisijaisesti muussa kuin biokaasun tuotannossa. Arvojakeiden erottelun jälkeenkin aines voi

vielä olla soveliaista biokaasun tuotantoon. (Pyhäjärvi-instituutti 2019). Pyhäjärvi-Instituutin laatimassa selvityksessä nostetaan myös eläinperäinen proteiini ja muut eläinperäiset sivuvirrat osaksi ekosysteemin potentiaalia. Yhdistämällä eläinperäisiä sivuvirtoja maa- ja metsäteollisuuden sivuvirtoihin saadaan aikaiseksi täysin muovittomia biohajoavia rakenteita.

Eteläisen Satakunnan osaamiskeskittymälle on tunnusomaista kansainvälisyys. Alueen yrityksillä on liiketoimintaa ja kehitystyötä joko omien asiakkuuksien kautta kuten metsäteollisuuden osalta mutta myös omistajayhtiöidensä kautta, joiden tuotekehityspanostukset tuovat uusia liiketoimintamahdollisuuksia tuotantoyksiköille Satakuntaan.

### ***Pohjoisen Satakunnan osaamiskeskittymä***

Pohjois-Satakunnassa sijaitseva Honkajoki Oy on Suomen johtava eläinperäisten sivutuotteiden käsittelijä ja jalostaja. Suomessa syntyy lihankulutuksen sivutuotteena vuosittain 250 000 tonnia eläinperäistä, ihmisravinnoksi kelpaamatonta ainesta. Valtaosa tästä aineksesta kuljetetaan Honkajoki-konsernin linjastoille.

Yritys toimii kiertotalouden periaatteilla tavoitteenaan säilyttää lihateollisuuden sivutuotteiden arvokkaat ravinteet ja pitää ne yhteiskunnan kiertokulussa mahdollisimman pitkään ja mahdollisimman pienellä hukalla. Yrityksen erityisosaamisena on erittäin tiukat kriteerit täyttävän hygienisointiprosessin hallinta, jolla on myös keskeinen kansallinen rooli Suomen elintarviketurvallisuuden ylläpitämisessä. Yritys panostaa omaan tutkimukseen ja kehittää kiertotalouden agroekologian toimintamalleja niin kotimaan kuin kansainvälisille markkinoille. Agroekologinen toimintamalli linkittyy esim. lannoitteisiin liittyvien tuotteiden kautta suoraan metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisprosesseihin ja maaperän parantamiseen liittyviin tuotteisiin.

Agroekologia on ravinne-, energia- ja ilmastotehokas tapa tuottaa ruokaa (Helenius, J. ym. 2017). Agroekologinen symbioosi ravinne- ja energiaomavaraisessa ruoantuotannossa (Ympäristöministeriö 2017.) Argoekologia on vahvasti läsnä Kirkkokallion yritysympäristössä, vaikka alueen keskeinen tekijä on energiaomavaraisuus. Tulevaisuudessa eläinperäisten proteiinien ja muiden sivuvirtojen yhdistäminen tuo uusia liiketoimintamahdollisuuksia (Pyhäjärvi-instituutti 2019).

Kirkkokallion yritysalueella voidaan aidossa ympäristössä yhdistää satakuntalaisten toimijoiden biopohjaisia sivuvirtoja ja tutkia vaikka metsäsivuvirrasta ja Honkajoki Oy eläinperäisistä sivuvirroista koostetun lannoitteen ravinteiden kiertokulkua alueella toimivien KKK-vihannes ja Honkatarhojen vihannestuotannossa ja kasvualustoissa.

### ***Sivuvirtaekosysteemin innovaatioympäristö***

Ekosysteemissä innovaatiotoiminta on keskeisessä roolissa. Metsäteollisuusyritykset tekevät tuotekehitystä omissa tai kumppaneidensa kanssa toimitiloissa, jotka osittain sijaitsevat Satakunnassa mutta suurelta osin muualla Suomessa tai kansainvälisten omistajien tiloissa Suomen rajojen ulkopuolella. Tämän tuotekehitystyön kautta ekosysteemillä on erityinen sidos kansainväliseen liiketoimintaympäristöön. Soveltavaa tuotekehitystyötä tehdään monissa pk-yrityksissä eri puolilla maakuntaa. Kehitysorganisaatiot ja

julkiset toimijat, kuten Pyhäjärvi-Instituutti, Satafood, Prizztech Oy ja ProAgria sekä Metsäkeskus ovat myös käynnistäneet toimialaa tukevia yleisiä kehittämishankkeita. Rauman ja Porin kaupungit ovat toteuttaneet ekosysteemin yrityksiä palvelevia hankkeita.

Biotieteen tutkimus- ja tuotekehityshankkeet toteutetaan yhteistyössä alan yliopistojen kanssa. Åbo Akademi tekee perustutkimuksen lisäksi monipuolisesti yhteistyötä ekosysteemin yritysten kanssa. Vaikka Satakunnassa ei ole biotieteen koulutusohjelmaa niin alueen korkeakoulu yhteistyö painottuu soveltavaan tutkimukseen, jossa hyödynnetään esimerkiksi Porin yliopistokeskuksen Tampereen yliopiston data-analytiikan huippuosaamista. Satakunnan ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristöalan koulutusohjelma ja Winnovan puunkorjauammattilaisten kouluttaminen täydentää koko arvoketjun tarpeet.

### 6.3. Satakuntalainen sivuvirtaekosysteemi kestävän kehityksen tavoitteiden tuottajana

#### ***Ekosysteemin kaskadiperiaate***

Kaskadiperiaate-käsitettä käytetään politiikkaohjelmien ja investointienkin päätöksenteon perusteena, joten metsätalouden ja -teollisuuden ekosysteemissä sen sisältö pitää nähdä laajempuna kuin usein puuhun liitetty esimerkki.

Satakuntalaisessa sivuvirtaekosysteemissä kaskadiperiaate on lähtökohdaltaan sama mutta kattavampi. ”Raaka-aineiden käytön asettaminen tärkeysjärjestykseen resurssitehokkuuden aikaansaamiseksi. Esimerkiksi yhdistämällä metsäteollisuuden sivuvirtoja eläinperäisiin sivuvirtoihin saadaan korkeamman jalostusasteen vedenkestävä pakkausmateriaali. Elinkaarensa päätteeksi se muuttuu biojätteeksi ja vasta sen jälkeen materiaali hyödynnetään energiaksi biokaasulaitoksessa ja ravinteina maaperässä.”

Julkisuudessa käytetään asiayhteydestä riippumatta kaskadi- esimerkkinä tuttua ”puuta saa polttaa vasta lopuksi, kun kaikki muut jalostusmahdollisuudet on hyödynnetty”-määritelmää. Vaarana on kuitenkin, että silloin ei huomioida sivuvirta ekosysteemin tuottamaa lisäarvoa ja kokonaisuuden hyödyntäminen on tehotonta. Samalla menetetään paljon potentiaalisia liiketoimintamahdollisuuksia ja syntyy eri toimijoiden toteuttamia sivuvirtojen osaoptimointeja suppeasta näkökulmasta. Ilman kokonaisnäkemystä ja satakuntalaisen ekosysteemin strategista tunnistamista hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamisessa ei hyödynnetä olemassa olevaa potentiaalia tehokkaasti.

#### ***Energiaa mutta myös uusia tuotteita***

Megatrendien ohjaamana suomalainen metsäteollisuus on jo siirtynyt biotuotetehtaiden aikakauteen, puusta jalostetaan mahdollisimman paljon eri tuotteita. Perinteisten tuotteiden jalostamisen lisäksi alalla käytetään paljon voimavaroja tutkimustyöhön, jotta prosessista saadaan tarkemmin talteen erityyppisiä tuotteita, jakeita, ravinteita ja kemiallisia yhdisteitä jatkojalostusta varten. Jäljelle jäänyt sakka hyödynnetään bioenergiaksi tai käytetään maanrakennuskomponenttina. Satakunnassa vastaava biotuotetehdastyypinen kehitys voidaan toteuttaa maakunnan toimijoiden kanssa.

Energian hinta on kannattavan liiketoiminnan perusta, se ohjaa voimakkaasti yritysten päätöksentekoa myös paikallistaloudessa sillä on painava rooli. Toisaalta kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi yhteiskunnan olisi toimittava laajan kaskadiperiaatteen mukaisesti.

Energian tuotannon siirtyminen fossiilisten polttoaineiden käyttämisestä uudistuviin raaka-aineisiin on ollut käynnissä jo vuosia. Puulla ja metsäteollisuudella on ollut ja on tulevaisuudessakin tässä muutoksessa keskeinen rooli. Megatrendit vaikuttavat yhä voimakkaammin siihen, että metsäteollisuuden sivuvirtoja ohjautuu polttamisesta muuhun käyttöön, joten yhteiskuntaan tarvitaan uusia energiatuotannon muotoja. Uusina toimijoina alalle ovat tulleet bioenergiatuottajat, jotka voivat käyttää energiatuotannossaan monipuolisesti eloperäisiä jakeita.

Bioenergian tuotannossa käytettävä raaka-aine pitää käyttää kaskadikriteerein tehokkaasti. Esimerkiksi eläinperäisestä sivuvirrasta voidaan erottaa rasva, josta saadaan valmistettua arvojakeita, mm. pitkiin hiiliketjuihin pohjautuvia tuotteita. Yhdistämällä näitä metsäteollisuuden tuotteisiin saadaan esimerkiksi kaikkien toivomia kompostoituvia tuotteita ilman mikromuoviriskiä.

Eläinperäisestä sivuvirrasta pitäisi aina erotella ravinteet ja rasvat ja muut arvokkaat sivutuotteet, joista voidaan innovoida ja jalostaa uusia tuotteita. Koska monet bioenergiatoimijat ovat vasta aloittavia yrityksiä eikä tutkimukseen ja tuotekehitykseen ole resursseja, on vaarana, että kaikissa bioenergialaitoksista ei saada arvojakeita talteen. Toisaalta pienyritykset ja uudet pk-sektorin toimijat tuovat ketterästi alalle uusia konsepteja, jotka ovat tärkeitä osaamisen kehittymisen kannalta ja elinehto aloittavien yritysten liiketoiminnan kannattavuudelle.

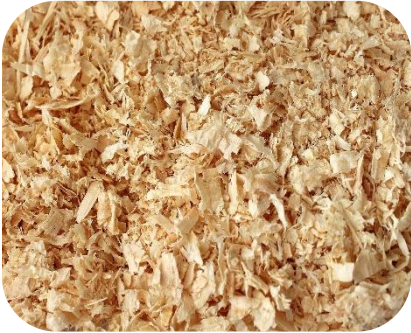
Ekosysteemin sisällä suuret yritykset pystyvät kantamaan yhteiskunnallista ja sosiaalista vastuuta pienempiä yrityksiä enemmän ja panostavat ekosysteemin toimijoiden kehitysohjelmiin. Pienempien yritysten vastuuna on kehittää prosesseistaan jo lähtökohtaisesti erittäin tehokkaita ja innovatiivisia sekä ekosysteemin näkökulmasta kaskadiperiaatetta noudattavia lisäarvoa tuottavia toimintakonsepteja

Satakunnassa on erittäin hyvät mahdollisuudet yhdistää metsätalouden ja -teollisuuden, elintarvike- ja muiden biotuotetoimialojen sivuvirrat ja luoda uutta tuotantoa, työpaikkoja, innovaatioita ja elinvoimaa maakuntaan ja tulevalle hyvinvointialueelle.

## 7. KEHITTÄMISTEEMAT JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Selvitysten pohjalta on noussut esille Satakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteisiin liittyvää kehittämispotentiaalia, jota olisi mahdollista hyödyntää Satakunnassa.

### Kehittämisteemat:



Sahanpurusta ja kuoresta sekä muista metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteista korkea-arvoisempia tuotteita



Ravinteet kiertoon tuhkalannoituksella



Energiapuun korjuun lisääminen



Satakunnan biosivutuote-ekosysteemin ja -osaamisen kehittäminen



Kehittämisteemoissa painottuvat ne selvitystyössä esille tulleet metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteet, joita Satakunnassa eniten syntyy.

Tässä luvussa on tarkemmin tuotu esille erityisesti sahanpurun ja kuoren, mutta myös muiden metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden potentiaali korkea-arvoisempien tuotteiden raaka-aineena. Kehittämisteemaksi on nostettu myös tuhkan hyödyntämismahdollisuudet sekä energiapuun korjuun lisäämismahdollisuudet Satakunnassa.

Lisäksi Satakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtaekosysteemin laajuuden tunnistaminen, osaamisen ja potentiaalain hyödyntäminen kestäväen kehityksen tavoitteiden saavuttamisessa on nähty teemana, jota tulisi erilaisin toimenpitein edistää Satakunnassa.



## 7.1. Sahanpurusta ja kuoresta sekä muista metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteista korkea-arvoisempia tuotteita

Sahanpuru on homogeenista tasalaatuista puhdasta havupuuraaka-ainetta, joka soveltuu moneen jatkojalostuskäyttöön. Satakunnan lähialueet mukaan lukien sahanpurun tuotantomäärät ovat yli terawattitunti eli noin 510 000 m<sup>3</sup>, mitä voi pitää potentiaalisena käytettävissä olevana määränä. Metsä Fibre Oy:n Rauman uusi saha tulee valmistuessaan lisäämään merkittävästi Satakunnassa tuotettavan sahanpurun määrää. Kokonaisuudessaan yli 90 % puruista ohjautuu tällä hetkellä energiatuotantoon.

Sahanpurun kaskadiperiaatteen mukaiselle jalostuskäytölle olisi luotava hyvät investointiedellytykset em. alueelle. Siitä voitaisiin valmistaa korkea-arvoisempia tuotteita, esimerkiksi liikennepolttoaineita, ligniiniä, rehuja, elintarvikkeiden lisäaineita, lisäravinteita ja lääkkeitä. Kuori on erittäin potentiaalinen sivuvirta arvokkaille sivutuotteille ja -jakeille jo lähitulevaisuudessa. Metsätalouden sivutuotteista koivun lehdet ja kuusenkerkät kerätään erilliskeräyksenä, mutta niiden keruun yhdistämistä hakkuisiin ja taimikonhoitoon voidaan kehittää. Sellu- ja paperiteollisuuden sivuvirroissa on kasvava potentiaali uusien tuotteiden ja liiketoiminnan syntymiselle ja on odotettavaa, että tutkimuksen ja kokeilujen kautta uusia käyttökohteita ja tuotteita tulee löytymään lähivuosien aikana.

Tavoitteita	Kehittämisi- ja toimenpide-ehdotuksia	Mittari esim.
<b>Satakuntaan rakennetaan sahanpurua ja kuorta jatkojalostavia tehtaita</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Edistetään tutkimuslaitosten ja tuotteita kehittävien yritysten sekä sahanpurun ja kuoren tuottajien yhteistyötä</li> <li>Selvitetään puukuitueristeiden valmistusta Satakunnassa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uusien yritysten ja uusien työpaikkojen syntyminen</li> <li>sahanpurun ja kuoren käyttöön liittyvien tutkimushankkeiden lkm</li> </ul>
<b>Sahanpurua käytetään korkea-arvoisten lääkeaineiden, lisäravinteiden ja rehujen valmistukseen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiedotetaan korkea-arvoisten tuotteiden mahdollisuuksista</li> <li>Selvitetään koelaitosten investointimahdollisuuksia ja niiden rahoitusta</li> <li>Vahvistetaan maakunnallista, maakuntien välistä, kansallista ja kansainvälistä tki-yhteistyötä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>tiedotustilaisuuksien lkm</li> <li>koelaitoksen toteutettavuus-tutkimuksen julkaiseminen</li> </ul>
<b>Metsätalouden ja teollisuuden sivuvirtoihin liittyvä tki-toiminta vahvistuu Satakunnassa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Edistetään toimialojen välistä sekä tki-toimijoiden ja elinkeinoelämän välistä yhteistyötä ja hyödynnetään maakunnassa jo olevaa bio- ja kiertotalouden osaamista</li> <li>Metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtapörssin / sähköisen markkinapaikan kehittäminen sivutuotteille esim. laajentamalla jo olemassa olevia elintarviketeollisuuden sivuvirtoja kokoavia alustoja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>uudet tuotteet</li> <li>sivuvirtoihin liittyvien tki-hankkeiden lkm</li> </ul>
<b>Satakunnan teolliset ympäristöt ja sivuvirtaekosysteemi houkuttelevat alueelle uutta kiertotalouteen perustuvaa liiketoimintaa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Markkinoidaan eri alojen toimijoille, paikallisesti, maan laajuisesti ja kansainvälisesti, Satakunnan ja sen metsäteollisuuskeskittymien jo olemassa olevaa infrastruktuuria ja Suomen raaka-ainevarantojen jalostamismahdollisuuksia Satakunnassa.</li> <li>Tuotetaan Invest in Satakunta -julkaisu, ”Investointi- ja sijoittumismahdollisuudet metsätalouden ja -teollisuuden ekosysteemiin Satakunnassa”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>yritysten sijoittuminen Satakuntaan</li> </ul>

## 7.2. Ravinteet kiertoon tuhkalannoituksella

Puun poltossa syntyvä tuhka sisältää tyypeä lukuun ottamatta muut puun sisältävät ravinteet. Ne tulisi saada palautettua metsään lisäämään metsien kasvua erityisesti turvemaidella. Viljavissa paksuturpeisissa suometsissä esiintyy yleisesti ravinteiden, erityisesti kaliumin ja fosforin, puutosta, jota korjataan tuhkalannoituksilla. Lannoitusvaikutus kestää yli 15 vuotta. Samalla metsien hiilensidonta lisääntyy ja kunnostusajituksia voidaan vähentää. Vireillä onkin hankkeita tuhkan lannoitekäytön edistämiseksi ja hiilinielun huomioimiseksi.

Satakunnassa syntyy tuhkaa 89 000 tn/v. Siitä valtaosa päätyy erilaiseen infrarakentamiseen. Metsien tuhkalannoituksen määrät ovat pieniä ja metsänlannoitukseen soveltuvaa tuhkaa jää käyttämättä suuria määriä.

Tavoitteita	Kehittämis- ja toimenpide-ehdotuksia	Mittarit esim.
<b>Kaiken lannoituksen sopivan tuhkan talteenotto, käsittely ja levitys metsään</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kannustetaan lämpö- ja voimalaitoksia tuottamaan hyötykäyttöön sopivaa tuhkaa</li><li>• Selvitystyö tuhkan rakeistuslaitoksen perustamiseksi Satakuntaan</li><li>• Kerätään metsäalan toimijat yhteen poistamaan tuhkalannoitusten yleistymisen esteitä</li><li>• Tiedotetaan tuhkalannoitusten eduista metsänomistajille</li><li>• Selvitetään potentiaalisia menetelmiä ja kohteita</li><li>• Edistetään tuhkan lannoituskäyttöön liittyvää yrittäjyyttä</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Luonnonvarakeskuksen tilastot</li><li>• Tuhkaan perustuvan yritystoiminnan syntyminen</li><li>• Rekisteröidyt tuhkalannoitusten hiilipäästökompensaatiot</li></ul>
<b>Tuhkan käyttö metsäteiden perusparannuksessa yleistyy</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiedotetaan tiekunnille tuhkan käytön eduista</li><li>• Toteutetaan pilottikohde Satakunnassa</li></ul>	

### 7.3. Energiapuun korjuun lisääminen

Metsäteollisuuden sivuvirtojen ohjautuminen jatkossa korkeamman lisäarvon tuottavaan käyttöön, yhdessä Suomea sitovan turpeen energiakäytön vähenemisen kanssa, aiheuttaa merkittävän vajeen energiantuotannossa käytettävästä raaka-aineesta. Energiatuotannon tason ylläpitämiseksi tarvitaan suoraan metsästä lisää energiapuuta. Energiapuun korjuumäärät ovat kiinteästi sidoksissa ainespuun hakkuumääriin, joka vaikeuttaa energiapuun korjuumäärän ennakoitavuutta.

Puusivutuotteita voidaan varastoida tuotannon ja käytön tasaamiseksi puuterminaaleissa ja näin voidaan parantaa myös huoltovarmuutta. Alemman asteinen tieverkko on keskeisessä roolissa arvoketjun toimivuuden kannalta.

Tavoitteita	Kehittämis- ja toimenpide-ehdotuksia	Mittarit esim.
<b>Metsähakkeen käyttömäärät lämpö- ja voimalaitoksissa nousevat nykyisestä 322 000 kuutiometristä 450 000 kuutiometriin v. 2025 mennessä.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiedottaminen energiapuun korjuun hyödyistä ja haitoista metsänomistajille</li> <li>Esimerkkikohteiden julkistaminen ja korjuunäytösten järjestäminen</li> <li>Korjuukaluston ja -menetelmien kehittäminen ja yrittäjien kannustaminen kaluston hankintaan</li> <li>Energiapuuviljelmien perustaminen käytöstä poistuneille pelloille ja turvetuotantoalueille</li> <li>Energiapuun korjuumenetelmien kehittäminen taajamametsistä ja pellonlaidoista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luonnonvarakeskuksen tilastot</li> </ul>
<b>Ainespuun hakkuumäärien kasvattaminen Luken laskemaan suurimpaan ylläpidettävään hakkuukertymään 2,6 milj.m3/v</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiedottaminen hakkuumahdollisuuksista</li> <li>Energiapuun korjuuprosessin kehittäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luonnonvarakeskuksen tilastot</li> </ul>
<b>Puun varastointiin soveltuvia terminaaleja on riittävästi ja logistisesti hyvissä paikoissa. Alemman asteisen tieverkon kunto mahdollistaa energiapuun korjuun.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yksityisteiden perusparannus ja energiapuuterminaalien perustaminen</li> <li>Logistiikan osaamisen ja optimoinnin kehittäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiapuuterminaalien lukumäärä</li> </ul>

## 7.4. Satakunnan biosivutuote-ekosysteemin ja -osaamisen kehittäminen

Satakunnassa on ainutlaatuinen mahdollisuus yhdistää eri tavoin niin puu- ja elintarvikesivuvirtoja kuin eläin- ja kasvipärisiä sivuvirtoja ja raaka-aineita. Biotalous toimijoiden tuottamia sivuvirtoja on käytettävissä kattavasti ja teollisessa toiminnassa tarvittavia määriä. Tämän potentiaalinn tunnistaminen ja hyödyntäminen on merkittävässä asemassa Satakunnan kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamisessa.

Uusien tuotteiden kehittämistyön loppuunsaattaminen ja käyttöönotto vaatii soveltavaa tutkimusta osajaorganisaatioilta, jotka löytävät ratkaisuja biotieteeseen ja -teknologian näkökulmasta. Myös näitä toimijoita on Satakunnassa ja osaajien lukumäärä on kasvussa. Metsäpohjaisen kiertotalouden kehittämiseen olisi hyvät edellytykset yhdistämällä osaamista yli toimialarajojen.

Peltojen hiilivarasto vähenee ja samalla sen viljelyominaisuudet ja ravinteiden pidätyskyky heikkenevät. Sekoittamalla metsäteollisuuden sivutuotteita peltomaahan voidaan sen hiilipitoisuudet saada kasvuun ja samalla aikaansaada myönteisiä viljely- ja vesistövaikutuksia. Biohiiltä voidaan käyttää myös taajamien viherrakentamisessa ravinteiden sitomisessa ja tulvantorjunnassa. Satakunnassa on peltobiotalousosaajayhteisöjä ja biohiilen pilottikäyttökohteita, joista saadaan kotimaisia seuranta-kohteita.

Satakunnassa on useita agroekologisia keskittymiä, joissa on mahdollista toteuttaa toimialojen välisiä kehittämis- ja tutkimushankkeita. Näillä osaajilla on potentiaalia toimia metsäteollisuuden sivuvirtojen kehitystyössä living lab- alueina ja tukea esim. tuhkaan ja lietteisiin kohdistuvia kehityshankkeita.

Tavoitteita	Kehittämis- ja toimenpide-ehdotuksia	Mittarit esim.
<b>Satakunnan metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtaekosysteemin laajuuden tunnistaminen ja potentiaalinn hyödyntäminen kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamisessa</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Vahvistetaan kehittämistoimijoiden, tutkimus- ja koulutusorganisaatioiden sekä elinkeinoelämän tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan maakunnallista, kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä</li><li>Tuodaan esille metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtaekosysteemin mahdollisuuksia maakunnassa ja hyödynnetään mm. automaation ja robotiikan osaamista esim. teollisten symbioosien ja älykkään biomassojen ohjauksen ratkaisujen kehittämisessä.</li><li>Kehitetään metsätalouden ja -teollisuuden sivuvirtojen laajaa ja kannattavaa hyödyntämistä tukevaa toiminta- ja innovaatioympäristöä</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Toimijoiden yhteistyössä toteuttamien hankkeiden lukumäärä</li><li>Uusien tuotteiden ja kokeilujen lukumäärä</li></ul>
<b>Ravinnekuidun käytön lisääminen peltojen hiilensidontan lisäämiseksi ja ravinnepestöjen vähentämiseksi</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Satakunnassa olevien agroekologisten osaamiskeskittymien ja metsäteollisuuden yhteisten tutkimushankkeiden aktivointi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>käynnistettyjen tutkimushankkeiden määrä ja arvo</li></ul>

<b>Ravinne- ja lannoitustuotteiden valmistuksen ja biohiilen tuotannon käynnistyminen Satakunnassa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selvitystyö tuotantoyksikköjen perustamiseksi</li> <li>• Yritystoiminnan käynnistämisen aktivointi</li> <li>• Lisätään tietämystä biohiilen käytöstä ja tuotannosta ja järjestetään tutustumiskäyntejä biohiilen tuotantolaitoksille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• toimijoiden yhteistyössä toteuttamien hankkeiden lukumäärä vuosittain kasvava</li> <li>• Maatalouden hiilensidonnan lisääminen ja ravinnepäästöjen vähentäminen metsäteollisuuden sivutuotteiden avulla</li> <li>• Uuden yritystoiminnan syntyminen</li> </ul>
<b>Kuitutekstiileihin liittyvän osaamisen hyödyntäminen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puukuituja ja kuitutekstiilien valmistukseen liittyvää osaamista hyödyntävän tekstiilioaamiskesittymän kehittäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robotisoitujen valmistuslinjojen syntyminen</li> <li>• Uudet kuitutuotteet</li> </ul>
<b>Metsäteollisuuden sivutuotteiden käytön lisääminen kotieläinten ja kalojen rehuissa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Törmäytetään tutkijoita, sivutuotteiden tuottajia ja rehujen valmistajia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uudet tuotteet</li> </ul>

## Lopuksi

Satakunnan maakuntaohjelmassa tavoitteena on vahvistaa maakunnan kilpailukykyä ja elinvoimaa mm. kehittämällä bio- ja kiertotalouden kasvua ja kilpailukykyistä toimintaympäristöä. Metsätalous ja -teollisuus ja niiden tuottamat sivutuotteet ovat merkittävä osa Satakunnan bio- ja kiertotaloutta sekä energiatuotantoa.

Tässä julkaisussa on pyritty tuottamaan kokonaiskuva siitä, mitä metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteita Satakunnassa nyt tuotetaan ja mihin niitä käytetään sekä esitetty kuvaus niiden kulkuvirroista. Selvitystyön taustalla on ollut ajatus metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden kaskadiperiaatteen mukaisesta ohjautumisesta. Lisäksi on haluttu avata näkymää uusien innovatiivisten tuotteiden tuottamismahdollisuuksille Satakunnassa.

Kasvuohjelman kehittämisteemoissa on tuotu esille toimenpide-ehdotuksia, joilla nähdään tähän kasvuohjelmaan laadittujen selvitysten ja muun tausta-aineiston valossa olevan mahdollista edistää metsätalouden ja -teollisuuden sivutuotteiden mahdollisimman kattavaa, kannattavaa ja optimoitua hyödyntämistä Satakunnassa.

Jotta potentiaali pystytään hyödyntämään mahdollisimman laajasti ja tehokkaasti sekä vastuullisesti, tarvitaan panostuksia innovatiivisiin ja kestäviin toimintamalleihin, tuotantomenetelmiin ja -teknologioihin sekä logistiikkaratkaisuihin. Kehittämistoimissa tulee huomioida metsävarojen monipuolinen ja kestävä käyttö sekä luonnon monimuotoisuuden säilyminen. Toimintaympäristön kehittäminen edellyttää yksityisiä ja julkisia panostuksia tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoimintaan sekä yhteistyön vahvistamista niin maakunnassa kuin maakunnan ulkopuolella ja myös yli toimialarajojen.

Satakunnassa olisi erinomaiset mahdollisuudet kehittää laajempaa biosivutuote-ekosysteemiä, joka mahdollistaa pitkälle jalostettujen korkean arvonlisäyksen tuotteiden ja palvelujen syntymisen sekä uuden liiketoiminnan ja työpaikkojen luomisen.

# Lähteet

- Afrin Tania, 2018, The Role of Tall Oil in Finnish Bio-Economy (<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/275547>)
- Apila Group, 2013, Metsäteollisuuden ravinteet – Tuotekortit, Metsäteollisuuden sivuvirtojen lannoituskäytön ohjeet lyhyesti (<https://www.apilagroup.fi/projektit/metsateollisuuden-ravinteet/>)
- Arktiset Aromit ry 2020, tiedote 15.4.2020, Suomi on yhä luomukeruun ykkönen, ([www.arktisetaromit.fi/sitenews/view/-/nid/498/ngid/1](http://www.arktisetaromit.fi/sitenews/view/-/nid/498/ngid/1))
- Biotalous 2018, Progres® – tehopisara suomalaisesta metsästä, <https://www.biotalous.fi/progres-tehopisara-suomalaisesta-metsasta/>
- Eduskunta 2017, <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2017-AK-108002.pdf>
- Energiateollisuus 2012, Tuhkarakentamisen käsikirja, ([https://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen\\_kasikirja.pdf](https://energia.fi/files/1137/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf))
- Euroopan komissio 2018, A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment ([https://ec.europa.eu/commission/news/new-bioeconomy-strategy-sustainable-europe-2018-oct-11-0\\_en](https://ec.europa.eu/commission/news/new-bioeconomy-strategy-sustainable-europe-2018-oct-11-0_en))
- Euroopan komissio 2020, EU:n metsästrategia ([https://ec.europa.eu/finland/news/forest\\_201119\\_fi](https://ec.europa.eu/finland/news/forest_201119_fi))
- Euroopan komissio 2020, Vihreän kehityksen ohjelma Green Deal, ([https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_fi](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fi))
- Euroopan komissio 2020, Vihreän siirtymän rahoitus, Euroopan vihreän kehityksen investointiohjelma ja oikeudenmukaisen siirtymän mekanismi, ([https://ec.europa.eu/regional\\_policy/fi/newsroom/news/2020/01/14-01-2020-financing-the-green-transition-the-european-green-deal-investment-plan-and-just-transition-mechanism](https://ec.europa.eu/regional_policy/fi/newsroom/news/2020/01/14-01-2020-financing-the-green-transition-the-european-green-deal-investment-plan-and-just-transition-mechanism))
- Forchem Oyj, (<https://www.forchem.com/fi/tuotteet/>)
- Haapanen Jari, Aquacomp Oy 2016, (<https://pt.slideshare.net/TurkuSciencePark/aqvacomp-turku-materials-seminar-25-may-2016?ref=>)
- Helenius J ym. 2017, Ympäristöministeriön raportteja 18/2017, Agroekologinen symbioosi ravinne- ja energiaomavaraisessa ruoantuotannossa (<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80004>)
- Hollmén Manu 2015, Bioenergia- ja puuterminaaliselvitys, Satakunnan vaihemaakuntakaavan 2 perustietoaaineisto, [http://www.satakuntaliitto.fi/sites/satakuntaliitto.fi/files/tiedostot/Alueidenkaytto/vmk2/bioselvitys\\_web\\_0.pdf](http://www.satakuntaliitto.fi/sites/satakuntaliitto.fi/files/tiedostot/Alueidenkaytto/vmk2/bioselvitys_web_0.pdf)
- Koivisto Matti 2020, Ligniinin hyödyntäminen ja entsyymattainen käsittely. Opinnäytetyö (AMK) Prosessi- ja materiaalitekniikka, ([https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/334455/Koivisto\\_Matti.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/334455/Koivisto_Matti.pdf?sequence=2&isAllowed=y)), viitattu: Orbis Research, 2017. Lignin Products Global Market Size, Sales Data 2017-2022 & Applications in Animal Feed Industry ja Huang, J., Fu, S., Gan, L., 2019. Lignin Chemistry And Applications. Elsevier.
- Kunttu et. al 2019, Preferable utilisation patterns of wood product industries' by-products in Finland ([https://www.researchgate.net/publication/333896071\\_Preferable\\_utilisation\\_patterns\\_of\\_wood\\_product\\_industries%27\\_by-products\\_in\\_Finland](https://www.researchgate.net/publication/333896071_Preferable_utilisation_patterns_of_wood_product_industries%27_by-products_in_Finland))

Lehtovaara Olli 2017, Metsäteollisuuden sivuvirroista valmistettavien lannoitustuotteiden markkinat, HAMK, Metsä Fibre Oyj ([https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/139085/Lehtovaara\\_Olli.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/139085/Lehtovaara_Olli.pdf?sequence=1&isAllowed=y))

Luonnonvarakeskus 2019, Metsäteollisuuden puunkäyttö (<https://stat.luke.fi/metsateollisuuden-puun-kaytto>) .

Luonnonvarakeskus, biomassa-atlas (<https://www.luke.fi/biomassa-atlas/>)

Luonnonvarakeskus, Metsänhoito- ja metsänparannustyöt (<http://stat.luke.fi/metsanhoito-ja-metsanparannustyot>)

Luonnonvarakeskus, kuituhanke (<https://www.luke.fi/kuitu/>).

Luonnonvarakeskus 2020, Varsinais-Suomen ja Satakunnan maakuntien alueiden metsävarat ja hakkuumahdollisuudet (<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545773> )

Maa- ja metsätalousministeriö MMM 2014, Kestävää kasvua biotaloudesta - Suomen biotalousstrategia, [https://biotalous.fi/wp-content/uploads/2014/07/Julkaisu\\_Biotalous-web\\_080514.pdf](https://biotalous.fi/wp-content/uploads/2014/07/Julkaisu_Biotalous-web_080514.pdf)

Maa- ja metsätalousministeriö MMM 2019, [https://mmm.fi/documents/1410837/7764238/Kiertotalous\\_mets%C3%A4t\\_ja\\_puu\\_kiertotaloudessa\\_072019.pdf/5ab38304-49d2-65e9-2fc2-5eaefc6a6e23/Kiertotalous\\_mets%C3%A4t\\_ja\\_puu\\_kiertotaloudessa\\_072019.pdf](https://mmm.fi/documents/1410837/7764238/Kiertotalous_mets%C3%A4t_ja_puu_kiertotaloudessa_072019.pdf/5ab38304-49d2-65e9-2fc2-5eaefc6a6e23/Kiertotalous_mets%C3%A4t_ja_puu_kiertotaloudessa_072019.pdf)

Maa- ja metsätalousministeriö MMM 2019, Kansallinen metsästrategia 2025 (<https://mmm.fi/kms>)

Malm Stefan, 2017, Rauman stabilointihanke, suunnittelu ja toteutus. (<https://sgy.fi/wp-content/uploads/2017/06/malm.pdf>).

Metsäteollisuus 2017, Syty kiertotaloudesta! Yhdessä kiinni kasvuun (<https://www.metsateollisuus.fi/uploads/2017/03/30031816/7606.pdf> )

Nurmi Jenni 2020, Tuhkien muodostuminen Satakunnassa (<https://satakunta.fi/aluekehitys/strategiat-ja-ohjelmat/muita-keskeisia-strategioita-ja-ohjelmia/metsatalouden-kasvuohjelma/>)

OPH 2017, Metsäalan osaamistarveraportti ([https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/metsaalan\\_osaamistarveraportti.pdf](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/metsaalan_osaamistarveraportti.pdf) )

Pyhäjärvi-instituutti 2019, Kiertotalouden symbioosien mallin luominen biokaasulaitosten ympärille (<https://satakunta.fi/wp-content/uploads/2020/11/Kiertotalouden-symbioosien-mallit-biokaasulaitoksen-ymparille.pdf>)

Satakuntaliitto 2017, Satakunnan maakuntaohjelma 2018-2021, (<https://satakunta.fi/aluekehitys/strategiat-ja-ohjelmat/satakunta-strategia/maakuntaohjelma/maakuntaohjelma-2018-2021/>)

Satakuntaliitto 2019, Vaihemaakuntakaava 2, (<https://satakunta.fi/alueiden-kaytto/voimassa-olevat-maakuntakaavat/satakunnan-vaihemaakuntakaavan-2-aineistot-ja-selvitykset/>)

Satakuntaliitto 2019, Kohti kestävä biokiertoa - Bio- ja kiertoa kasvuohjelma, ([https://satakunta.fi/wp-content/uploads/2020/11/biotalous\\_julkaisu\\_low.pdf](https://satakunta.fi/wp-content/uploads/2020/11/biotalous_julkaisu_low.pdf))

Siipola et al. 2019 VTT tutkimusraportti VTT-R-05608-18, Biohiilen valmistus ja käyttö vedenpuhdistukseen - metsäteollisuuden sivuvirtojen jatkojalostus ja hyödyntäminen ei-energiakäyttöön (<https://mmm.fi/-/metsateollisuuden-sivuvirtojen-jatkojalostus-ja-hyodyntaminen-ei-energiakayttoon>)

Sitra: <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarchoittavat/>

Sitra 2016: Kierrolla kärkeen - Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016–2025, <https://media.sitra.fi/2017/02/27175308/Selvityksia117-3.pdf>

Sitra 2014, Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. (<https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>)

Sitra 2018, <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarchoittavat/>

Storaenso (<https://www.storaenso.com/fi-fi/products/bio-based-chemicals/tall-oil>)

Suomen Metsäkeskus 2020, Lounais-Suomen alueellinen metsäohjelma (<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/alueellinen-metsaohjelma-lounais-suomi-2021-2025.pdf>)

Tapio 2016, <https://tapio.fi/metsabiotalouden-arvoketjujen-merkitys-suomessa-ja-maakunnissa-hanke/>

Tapio 2016, <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Satakunta-metsabiotaloudenmerkitysk.pdf>

Tapio 2020, Tuhkan hyödyntäminen osana kestävää liiketoimintaa – opas tuhkan tuottajille ja käyttäjille, (<https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/08/Tuhka-osana-kestavaa-liiketoimintaa-opas-Tapio-31082020.pdf>)

Ulkoministeriö UM 2018, YK:n kestävän kehityksen tavoitteet, Agenda 2030 (<https://um.fi/agenda-2030-kestavan-kehityksen-tavoitteet>)

Valtioneuvosto 2019, Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta, Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 2019 <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma>

VTT, Tarja Tamminen, lehdistötiedote 25.10.2018 Havupuun koko kuori voidaan käyttää hyödyksi uudella prosessilla (<https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/havupuun-koko-kuori-voidaan-kayttaa-hyodyksi-uudella-prosessilla>)

Yle, uutinen 2.3.2018, Suomessa muhii jäätipotti – tehdas eristi puusta aineen, josta voi tehdä ympäristöystävällisiä maaleja ja liimoja, <https://yle.fi/uutiset/3-10098485>