



TP 1-loppuraportti

Business Kristinestad

Pertti Miettunen 30.10.2026

Logistiikkaratkaisujen merkitys Kristiinankaupungin ja muun Pohjanmaan biokiertotalouden liiketoiminnan kehittämisessä

Hankkeen tavoitteena on kehittää ratkaisuja biokiertotalouden logistiikkaan ja kuljetusten suunnitteluun, jotta alueen sivuvirtoja – kuten kalankasvatuksen, perunanviljelyn ja metsäbiomassojen jakeita – voidaan hyödyntää tehokkaammin ja kestävästi. Logistiikan osuus on usein suurin kustannustekijä biokiertotalouden liiketoiminnassa, ja sen optimointi on edellytys uusien jalostus- ja kiertotalousratkaisujen syntymiselle.

Hanke toteutetaan osana KristinaEco Living Lab -toimintaa, jota Business Kristinestad koordinoi yhteistyössä ammattikorkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja yritysten kanssa. Tavoitteena on tuottaa ja koota yhteen alueellista tietopohjaa biokiertotalouden logistiikasta, kartoittaa alkutuotannon sivuvirtojen massavirtoja ja niiden sijainteja sekä tarkastella digitaalisia ja tekoälyyn perustuvia ratkaisuja reittien ja kuljetusten suunnittelun tueksi. Hanke lisää yhteistyötä alkutuotannon, logistiikka-alan ja tutkimusorganisaatioiden välillä ja tukee uusien, vähähiilisten liiketoimintamallien syntymistä. Tulokset julkaistaan avoimesti KristinaEco.fi-sivustolla, ja niitä voidaan hyödyntää laajemmin biokiertotalouden ja vihreän siirtymän kehittämisessä.

Hanke tukee Pohjanmaan alueellista oikeudenmukaisen siirtymän suunnitelmaa sekä Uudistuva ja osaava Suomi 2021–2027 -ohjelman tavoitteita vahvistamalla kestävää elinkeinorakennetta ja uusia työmahdollisuuksia siirtymäalueilla. Hanke tukee Pohjanmaan alueellista oikeudenmukaisen siirtymän suunnitelmaa sekä Uudistuva ja osaava Suomi 2021 2027 -ohjelman tavoitteita vahvistamalla kestävää ja monipuolista elinkeinorakennetta sekä luomalla edellytyksiä uusille työmahdollisuuksille siirtymäalueilla. Hanke vastaa erityisesti turpeesta luopumisen aiheuttamiin rakenteellisiin muutoksiin tukemalla biokiertotalouteen, vähähiiliseen logistiikkaan ja uusiin teknologioihin perustuvien liiketoimintamallien kehittämistä.

Samalla se edistää pk-yritysten uusiutumiskykyä, osaamisen vahvistumista ja alueellisten arvoketjujen syntymistä.

Tämän hankkeen tavoitteena on alueellisten biokiertotalouden logististen haasteiden tunnistaminen ja ratkaisuvaihtoehtojen esittäminen. Jalostuksen käynnistäminen edellyttää, että myös logistiikan osuus saadaan toimimaan kustannustehokkaasti. Siihen vaikuttaa jakeiden syntypaikka, kuljetusetäisyys ja kuljettamisen tarve (kuljetuskerrat, kuljetettavat massat, jne.). Logistiikan selvittäminen toteutetaan kolmella alkutuotannon sektorilla:

- kalankasvatus,
- perunanviljely, ja
- metsäbiomassat,

joiden sivuvirtojen jalostamisesta on jo aiemmissa hankkeissa syntynyt hyvä käsitys. Kaikkien kolmen sektorin osalta tarkastellaan jakeiden syntypaikkoja, keruu- ja kuljetusreittejä, soveltuvia esikäsittelyn- ja jalostuksen sijainteja sekä kuljetusyritysten mahdollisuuksia osallistua suunnitteluun ja optimointiin. Ratkaisuiden hakemista pyritään pohjaamaan paikkatietoon ja tekoälyn hyödyntämiseen.

Työpaketti 1 (TP 1) **Alkutuotannon sivuvirtojen hyödyntämisen logistiset ratkaisukeinot** kokoaa yhteen aiemmat biokiertotalouden logistiikkaan liittyvät selvitykset ja esitetyt ratkaisuvaihtoehdot.

Tässä raportissa on käytetty pohjatietona hankkeen Cirkulär Bio-Economy in Kristinestad loppuraporttia, missä syvennytään tarkemmin sivuvirroista saatavien biokemikaalien ja biomateriaalien tuotantoon. Niihin ei tässä raportissa referoida paitsi niiltä osiltaan kuin ne liittyvät biomassan logistiikan suunnitteluun.

Tehtävät työpaketissa 1 jakaantuvat kolmeen osaan:

1.1 Kootaan aiemmissa selvityksissä havaitut biokiertotalouden ja etenkin sen sivuvirtojen hyödyntämiseen liittyvät tunnistetut logistiikkaan liittyvät haasteet ja niiden esitetyt ratkaisukeinot.

1.2 Selvitetään teknologioita liittyen liikutettaviin murskaimiin, kuivureihin ja erotuslaitteisiin esimerkiksi käytettäväksi esikäsittelyyn tilojen lähellä (esim. raaka-aineen tiivistäminen). Tarkastelu kohdistuu teknologioiden periaatteisiin ja soveltuvuuteen logistiikan näkökulmasta, eikä sisällä laitehankintoja tai pilottilaitteiden käyttöönottoa.

1.3. Selvitetään julkisten hankintojen sekä kuntien ja kaupunkien välisen yhteistyön yleisiä mahdollisuuksia biokiertotalouden logistiikkaratkaisujen kehittämisen näkökulmasta. Tarkastelu on luonteeltaan analyyttistä eikä sisällä pilotti- tai demonstrointilaitosten suunnittelua tai toteutusta.

WP1:n tuloksena syntyy yhteenveto biokiertotalouden logistiikkaan liittyvistä haasteista sekä julkisten hankintojen roolista toimintaympäristönä, mukaan lukien logistiikkaan liittyvät yleiset käytännöt ja reunaehdot.

Hankkeesta saatava tieto, kokemus ja ratkaisumallit on tarkoitus saada otetuksi käyttöön alueen biotaloudessa ja niiden logistiikkasuunnittelussa, ja sen tulokset ovat julkisesti saatavilla KristinaEco.fi-sivustolla.

Hanke on ratkaisuhakuinen eli siinä pyritään etsimään teknisesti ja taloudellisesti toimivia ratkaisuja biokiertotalouden liiketoiminnan kehittämiseksi logistiikan keinoin, ja siten jatkamaan Circular Bioeconomy in Kristinestad-hankkeessa käynnistettyä Living Lab-toimintaa alueen alkutuotannon uuden liiketoiminnan kehittämiseksi ja sen kannattavuuden parantamiseksi.

Johdanto

”Logistiikan maailma”verkkosivun mukaan nykyinen *logistiikka*-käsite muotoutui 1980-luvulla, kun maailmankauppa ja globalisaatio kasvoivat voimakkaasti. Suppeassa merkityksessä logistiikalla tarkoitetaan vain tavaroiden kuljetusta ja varastointia. Laajassa merkityksessä logistiikka on materiaali-, raha- ja tietovirtojen hallintaa.

Tässä raportissa käsitellään logistiikkaa nimenomaan sen laajassa merkityksessä, mitä myös nimi *SmartBioLog* kuvaa.

Logistiikkaan liittyviä eri osa-alueita ovat muun muassa

- jakelu
- toiminnanohjaus
- kuljetukset
- ostotoiminta
- toimitusketjun hallinta ja
- organisaatioiden toiminta

Logistiikka on siis paitsi varastointia ja kuljetuksia myös kokonaisten toimitusketjujen ja toimintojen teknistä ja taloudellista hallintaa (engl. operations management eli OM). Logistiikka merkitsee materiaali- ja tietovirtojen, tuotannon ja jakelun, hankinta-, huolto- ja kuljetuspalvelujen, palvelutoiminnan sekä asiakassuhteiden kokonaisvaltaista johtamista ja kehittämistä.

Biokiertotalouden merkitys osana vihreää siirtymää, huoltovarmuutta ja teollisuuden uudistumista on myös kasvanut voimakkaasti viime vuosina. Samalla on käynyt yhä selvemmäksi, että biomassoihin ja teollisiin sivuvirtoihin perustuvan liiketoiminnan kannattavuus

ei synny yksinomaan uusista jalostusteknologioista, tuotteista tai markkinoista. Yhtä keskeisessä asemassa ovat materiaalivirtojen hallinta, logistinen tehokkuus sekä koko arvoketjun kyky yhdistää hajautuneet raaka-aineresurssit kysyntää vastaaviksi tuotteiksi. Biomassan saatavuuden, keräilyn, varastoinnin, esikäsittelyn ja kuljetusten merkitys korostuu erityisesti Suomessa, jossa raaka-ainevirrat ovat maantieteellisesti hajautuneita ja niiden tuotanto on usein kausiluonteista.

Liiketoiminnan kehittämistä tarkastellaan kuitenkin usein kahdesta toisistaan erillisestä näkökulmasta. Biokiertotalouden tutkimuksessa painottuvat tyypillisesti biomassojen hyödyntämismahdollisuudet, prosessiteknologiat ja jalostusarvon kasvattaminen, kun taas logistiikan näkökulmasta huomio kohdistuu kuljetuksiin, terminaaliverkostoihin ja materiaalivirtojen optimointiin. Käytännössä kumpikaan lähestymistapa ei yksinään riitä selittämään tai varmistamaan liiketoiminnan kannattavuutta. Jalostuskonsepti voi olla teknisesti toimiva, mutta logistisesti liian kallis toteuttaa. Vastaavasti logistisesti tehokas ratkaisu voi jäädä hyödyntämättä, mikäli sen tukemalle biomassavirralle ei synny riittävää lisäarvoa tai markkinakysyntää.

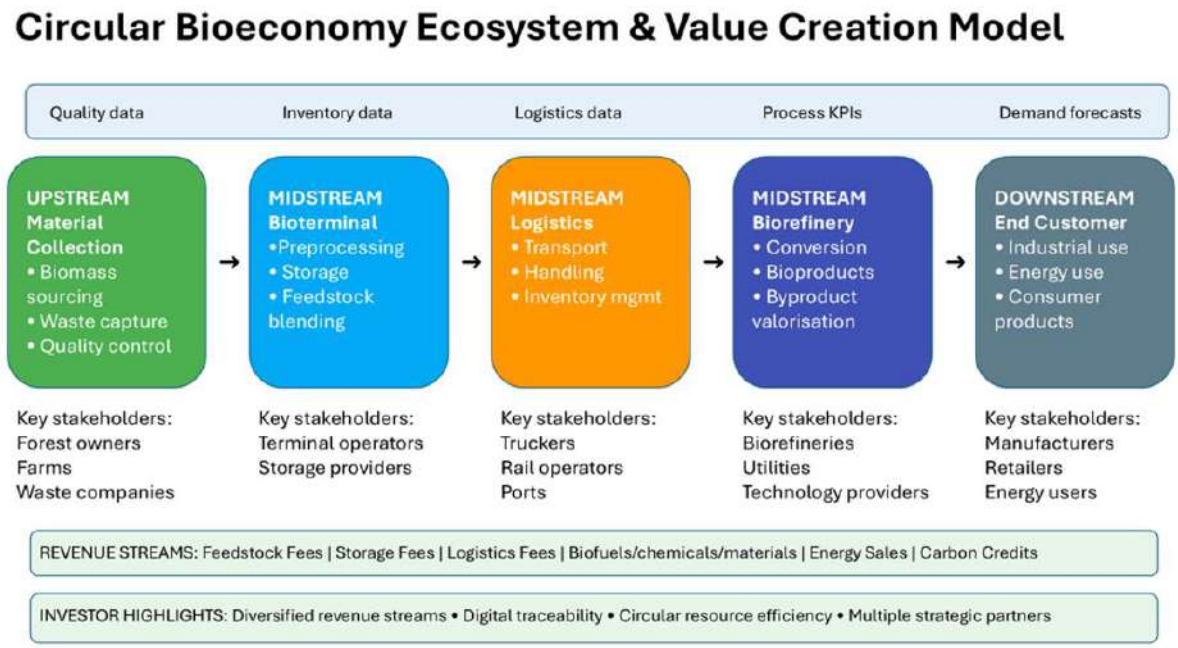
Tämän vuoksi biokiertotalouden liiketoimintamalleja tulisi tarkastella yhtenä integroituna järjestelmänä, jossa logistiikka ja jalostus muodostavat toisiaan täydentävän kokonaisuuden. Keskeisiä tarkastelukohteita ovat syötteiden sijainti ja saatavuus, biomassojen keräily ja kuljetus bioterminaaleihin, terminaalien sijoittuminen suhteessa raaka-aineisiin ja asiakkaisiin, tarvittavat varastointi- ja prosessointiratkaisut sekä materiaalien toimitukset biojalostamoille. Lisäksi arvoketjun kannattavuuden kannalta ratkaisevaa on jalostettujen tuotteiden jatkologistiikka ja kyky toimittaa tuotteet tehokkaasti loppuasiakkaille.

Lähtökohtana on tunnistaa sekä biokiertotalouden ja logistiikan väliset synergiat että niiden toisilleen asettamat rajoitteet. Vasta näiden yhteisvaikutusten ymmärtäminen mahdollistaa sellaisten liiketoimintamallien suunnittelun, joissa materiaalivirrat, infrastruktuuri, prosessit ja markkinat muodostavat taloudellisesti kestävän kokonaisuuden. Näin logistiikka ei ole ainoastaan biokiertotalouden tukitoiminto, vaan keskeinen arvonluonnin mahdollistaja koko biokiertotalousekosysteemissä.

Seuraavien työpakettien hypoteesiksi on tarkoitus ottaa bioterminaalin (ks. jälj.) perustaminen Kristiinankaupungin Lapväärtin kylään, lähelle Valtatie 8:aa.

Näihin teemoihin palataan tarkemmin käynnissä olevissa työpaketeissa 2 ja 3.

Terminologiasta



Tässä raportissa käytettävät termit upstream/midstream /downstream tarkoittavat syötemassan arvoketjun osia yläolevan kaavion mukaan (Kuva: Pertti Miettunen, luennot). Logistiikka ja tuotteen prosessointi ovat pääosin Midstream-vaihetta eli arvoketjun keskiosaa. Alkutuotanto asettuun upstream-osuuteen ja asiakkaat ja loppukäyttäjät downstream-vaiheeseen. Termistö on kehitetty öljy- ja kaasuteollisuudessa, ja sillä voidaan kuvata sekä tuotantoprosessia että liiketoiminnan arvoketjua (mm. Porter).

Biokiertotalouden ylläoleva malli kuvaa paitsi tuotantoketjua raaka-aineista lopputuotteeksi, myös jokaiseen kohtaan liittyviä päätoimintoja. Jako on yleisluontoinen, sillä esimerkiksi midstream-vaihetta, mitä tässä raportissa käsitellään eniten, voidaan hyvin yhdistellä käytännön sovelluksissa myös osaksi toisaalta upstreamia ja toisaalta downstreamia. Tällä semantiikalla ei ola oleellista merkitystä tuotantoketjuja suunniteltaessa.

Tällä tavoin kuvattuna kuitenkin midstream on esitetty yksityiskohtaisemmin mm. bioterminaalin (ks. jälj.) tehtäväkuvauksen selkiinnyttämiseksi.

Kuvassa on myös esitetly kunkin vaiheen intressiryhmät eli *stakeholders*, mikä myös osaltaan selkiinnyttää biokiertotalouden arvoketjua. *Revenue streams* kuvaa ansaintalogiikkaa ja *Investor highlights* laitoksen omistajan ja sijoittajan intresseihin kuuluvia asioita.

Erityisesti kannattaa ehkä korostaa ylintä riviä, missä on koottu arvoketjussa syntyvä tieto eri vaiheissa. Tieto on jokaisen prosessin sekä tärkeä ajuri että myös sen tärkeä tuote (vaikka päällisin puolin näyttäisikin että puhumme lähinnä biomateriaaleista). Tiedon hallinta ja oikea käyttö on vahva kilpailuetu myös biokiertotaloudessa.



1. KALANJALOSTUKSEN SIVUVIRRAT

Tarkastelu kattaa keskeisiä kalasatamia ja niihin liittyviä käsittelykeskittymiä; se ei ole kaikkien rannikon purkupaikkojen luettelo, eikä sellaista logistiikan näkkulmasta tässä yhteydessä ole tarpeen laatiakaan Ajantasaista, kattavaa satamakohtaista sivuvirtatilastoa ei suoraan löytynyt tarkastetuista julkisista lähteistä. Myöskään vuoden 2023 lounaissuomalainen kalasatamakartoitus ei esitä satamakohtaisia sivuvirtatonneja, joten alla erotetaan sivuvirta-arviot kalojen käsittelymääristä (Turun yliopisto, kalasatamakartoitus 2023).

Millaisia sivuvirtoja muodostuu?

- **Kalankasvatus ja perkaamot:** kirjolohen perkauksessa syntyy sisäelimiä ja viskeraalirasvaa, yhteensä tyypillisesti noin 15 % teurastettavan kokonaiskalan massasta; mäti erotellaan arvotuotteeksi, kun sitä on saatavilla (Luke, Kalankasvatuksen sivuvirrat hyötykäyttöön, 2025).
- **Fileointi ja jatkojalostus:** muodostuu päitä, selkäruotoja, nahkaa, rasvaisia leikkeitä ja muuta trimmausjäännöstä; kokonaisena pakastettavasta silakasta ei sen sijaan synny

vastaavaa perkuu- ja fileointijaetta, vaikka käsittelyssä irtoaa esimerkiksi suomuja ja verta pesuvesiin (RKTL 28/2013, s. 12–17).

Määrät keskeisissä satama- ja käsittelykeskittymissä

Kun tarkastellaan Kristiinanaupungin seudun kalankasvatusta, on tarpeen ensin tehdä verrata aluetta muihin Pohjanlahden kalasatamiin.

Taulukon 500–1 000 tonnin luvut ovat vuoden 2013 raportin historiallisia alueellisia suuruusluokkia, eivätkä siis vuoden 2026 satamakohtaisia mittauksia. Raportin jalostusmassa-tarkastelu perustuu pääosin vuoden 2009 aineistoon, mukana myös vuoden 2011 päivitystietoja (RKTL 28/2013).

Satama / käsittelykeskittymä	Julkisesti saatava määrätieto	Mitä sivuvirrasta voidaan sanoa?
Kaskisten kalasatama ja seudun jalostus	Historiallinen jalostuksen sivuvirtaluokka **500–1 000 t/v alueellisesti**, ei yksittäisen sataman mittaus (RKTL 2013).	Lisäksi Yle ilmoitti 10.6.2026 avomerikasvatuksen kalamääräksi noin **750 t** vuodessa, ja kertoi paikallisen perkaamon olevan harkinnassa. Tämä ei siis ole toteutunut perkeiden vuosimäärä Kaskisissa (Yle).
Merikarvia: Krookka ja Kasala	**Sivuvirtamäärää ei varmennettu.**	Vuoden 2023 kartoitus kuvaa satamien käyttöä, mutta ei anna kala- eikä sivuvirtatonneja; myös kalastajien omat rannat on huomioitava keräilykartoituksessa (satamakartoitus).
Reposaari, Pori	Selkämeren Jää ilmoittaa käsittelevänsä noin **1 000 t kalaa/v**; sivulla ei nimetä tilastovuotta (yrityksen palvelukuvaus).	Kyseessä on yhden yrityksen kalamäärä, ei koko sataman sivuvirta. Todellinen perkuu- ja fileointijae on tarpeen vaatiessa selvitettävä erikseen.
Rauman kalasatama	**Sivuvirtamäärää ei varmennettu.**	Vuoden 2023 kartoituksessa on toiminnan ja infrastruktuurin kuvaus, mutta ei sivuvirtatonneja (satamakartoitus).
Uusikaupunki: Suukari ja lähialueen jalostus	Historiallinen jalostuksen sivuvirtaluokka **500–1 000 t/v alueellisesti** (RKTL 2013).	Ei jaettavissa tämän aineiston perusteella Suukarin, Humalkarin ja Pyhämaan Pitkärannan kesken; vuoden 2023 kartoitus ei ilmoita

Satama / käsittelykeskittymä	Julkisesti saatava määrätieto	Mitä sivuvirrasta voidaan sanoa?
		niiden sivuvirtamääriä (satamakartoitus).
Kustavin kasvatus- ja perkaamokeskittymä	Vuoden 2021 YVA-päätös kuvaa **600 t/v lisäkasvun hanketta** ja kalojen toimittamista olemassa olevaan Kustavin perkaamoon (ELY-keskuksen päätös).	Hankkeen lisäkasvu ei ole perkaamon toteutunut vuotuinen kokonaiskalamäärä. **Perkeiden toteutunutta vuosimäärää ei varmennettu.**
Taivassalo: Tuomarainen ja lähialueen jalostus	Länsi-Rannikon Kala ilmoittaa vuosituotannokseen **12 000–15 000 t kalaa** Taivassalon toiminnassaan (yrityksen kuvaus).	Luku ei ole Tuomaraisten sataman sivuvirtamäärä. Kokonaisena pakastettavan kalan osuutta ei saa muuntaa fileointijätteeksi yleiskertoimella (RKTL 2013).
Kasnäs / Kemiönsaari	Kemiönsaaren historiallinen jalostuksen sivuvirtaluokka **500–1 000 t/v alueellisesti** (RKTL 2013).	Salmonfarm ilmoittaa lisäksi ostavansa kalajauho- ja öljytuotantoon noin **35 000 t/v silakkaa ja kilohailia**. Tämä on raaka-ainetta, ei sama määrä sivuvirtaa; yhtiö ilmoittaa hyödyntävänsä koko kalan (Salmonfarm).

Käyttö biomassapotentiaalin arvioinnissa

Laskentaesimerkki havainnollistaa sivuvirran määrää. Jos oletetaan, että Kaskisten uutisessa kuvattu 750 tonnin kalamäärä kokonaisuudessaan teurastetaan ja perataan, 15 %:n kertoimella muodostuu noin 113 t perkuujaetta kyseisestä kalaerästä, ennen erikseen talteen- otettavan mädin vähentämistä; jae muodostuu perkauspaikassa, eikä siis automaattisesti Kaskisten satamassa (kalamäärä: Yle 2026, kerroin: Luke 2025).

Sivuvirran syntyminen ei myöskään tarkoita sen olevan vapaasti saatavilla esimerkiksi uudelle biojalostamolle: esimerkiksi Salmonfarm kuvaa jo hyödyntävänsä koko kalan (Salmonfarm).

Seuraavan vaiheen lähtötiedoiksi otettaneenkin kunkin perkaamon ja jalostamon viimeisen 12 kuukauden punnitukset ja nykyiset toimitussopimukset, jaoteltuna perkeisiin, päihin ja ruotoihin, nahkoihin ja suomuihin, rasvaleikkeisiin sekä mahdollisesti myös kuolleisiin kaloihin.

Perkuujätteen määrää n. 100 t/a voitaneen pitää ns. hyvänä suunnitteluparametrina ennen tarkempien syötemäärien vahvistamista.

Kalateollisuuden prosessointisuositukset raaka-aineryhmittäin

Silakan fileeraussivujakeet: pää, ruoto ja nahka

- **Suositus:** suuressa mittakaavassa kalajauho-kalaöljylinja tai entsymaattinen hydrolyysi. Pienessä mittakaavassa vaihtoehtona on happosäilöntä.
- **Perustelu:** suuri volyymi ja sivujakeiden keskittynyt syntyminen tukevat keskitettyä käsittelyä. Alkuperäisessä tarkastelussa esimerkkinä mainittiin Hätälä Oulussa. Kaskinen on Pohjanlahden rannikolla, ja Kasnäsin kapasiteettia voidaan käyttää muun länsirannikon vertailureferenssinä.

Silakan perkuujäte: sisäelimet ja mäti

- **Suositus:** pienessä mittakaavassa happosäilöntä; vaihtoehtona entsymaattinen hydrolyysi kalaöljyn ja proteiinijakeiden, kuten bioaktiivisten peptidien, tuottamiseksi.
- **Perustelu:** rasvapitoinen jae tarjoaa mahdollisuuksia öljyn talteenottoon. Entsymaattinen käsittely nopeuttaa raaka-aineen hajoamista ja jakeiden vapautumista.
- **Mädin erilliskeräys:** elintarvikkeeksi soveltuva mäti kerätään erilleen korkean arvon tuotteeksi.
- **Elintarvikekäytön edellytys:** hydrolysaattien ja öljyn elintarvikekäyttö edellyttää elintarvikelaatuista, erilliskerättyä raaka-ainetta.

Muikun jalostusjakeet

- **Suositus:** elintarvikkeeksi soveltuva mäti kerätään erikseen. Muu jae voidaan ohjata happosäilöntään.
- **Perustelu:** muikku on kokonaiskäyttöinen ja vähärasvainen kala, joten öljysaanto on pieni. Alkuperäisen tarkastelun mukaan Perämeren muikkusaalis keskittyy harvoille troolareille.

Siian, ahvenen, kuhan ja lohen perkuujäte rannikkoperkaamoissa

- **Suositus:** paikallinen happosäilöntä rehureittiä varten tai toimittaminen biokaasulaitokseen. Öljyn erottamista pienellä sentrifugilla voidaan tarkastella erikseen.
- **Perustelu:** pienet ja hajautuneet virrat tekevät keräilystä kuljetusintensiivistä. Happosäilöntä on suhteellisen yksinkertainen säilöntävaihtoehto.
- **Ravinteiden hyödyntäminen:** typpipitoinen jae voi tarjota käyttömahdollisuuksia rehu- ja lannoitereiteillä, kun kyseisen käyttötarkoituksen vaatimukset täyttyvät.

Kalanviljelyn teurastusjätteet

- **Suositus:** kalajauholinjalle tai happosäilöntään. Ruokintahävikkiä voidaan tarkastella biokaasureitin syötteenä.
- **Perustelu:** alkuperäisessä tarkastelussa lähtökohtina olivat jatkuva vuosivirta ja toiminnassa olevien laitosten olemassa olevat hyväksynnät.

- **Rajaus:** olemassa oleva laitoshyväksyntä ei tässä tekstissä tarkoita, että kaikki uudet raaka-aineet, prosessit tai käyttötarkoitukset olisivat automaattisesti sen piirissä.

Dioksiinirajoitetut öljyt

- **Suositus:** rehu- ja tekninen käyttö käyttötarkoituksen vaatimusten täyttyessä. Elintarvikekäyttöä tarkastellaan vain erilliskerätystä elintarvikelaatuisesta raaka-aineesta tuotetulle öljylle, ei luokan 3 sivutuotteesta valmistetulle öljylle.
- **Alkuperäisen tarkastelun raja-arvot:** vuoden 2019 konsolidoinnin mukaisiksi kalaöljyn rehurajoiksi kirjattiin 5,0/20,0, 12 %:n kosteuspohjalla.
- **Epävarmuus:** vuoden 2024 komissioluonnoksen kerrottiin ehdottavan kalaöljyn dioksiinirajan tiukentamista arvoon 3,5 ng/kg. Luonnoksen myöhempää käsittelyä ei alkuperäisessä raportissa varmistettu, eikä näitä lukuja tule käyttää ajantasaisena vaatimustenmukaisuuden tarkistuksena.

Kalanruodot: fileerauksen ja teurastuksen luujae

- **Suositus:** tutkimusvaiheen reitti, jossa erillislajiteltu ruoto- ja luujae käytetään hydroksiapatiitin eli HAp:n raaka-aineena (esitetty opiskelijatyönä Pertti Miettusen pitämässä työpajassa Hankenin Vaasan yksikössä/ apulaisprofessori Man Yang)
- **Prosessiketju:** puhdistus ja rasvanpoisto, emäshydrolyysi ja/tai kalsinaatio sekä jauhatus.
- **Perustelu:** kalanruoto on kalsium- ja fosfaattirikas jae. Kalanruotoperäistä HAp:ta on tutkittu varhaisten kiillevaurioiden remineralisaatioon in vitro, ja luukorvikesovelluksia tutkitaan erikseen (kiilteen remineralisaatiotutkimus, luukorvikesovelluksia käsittelevä katsaus).
- **Kehitysasteen rajaus:** materiaalin valmistuminen ei yksin osoita soveltuvuutta potilaskäyttöön. Kliininen näyttö ja sääntely, kuten lääkelaite- ja biomateriaali-vaatimukset, edellyttävät erillistä kehitystä; kliinistä soveltuvuutta ja kaupallista saatavuutta ei tässä raportissa varmistettu.

Kalansuomut: suomustus- ja fileerausjäte

- **Suositus:** tutkimusvaiheen reitti, jossa erilliskerätty suomujae käytetään huokoisen, typpeä sisältävän hiilen raaka-aineena.
- **Prosessiketju:** alkuperäisessä tarkastelussa kuvattu ketju on kalsinointi ilmassa, emäksinen aktivointi ja lämpökäsittely.
- **Perustelu:** kalansuomusta valmistettua typellä seostettua huokoista hiiltä on tutkittu laboratorioasteella litiumioniakun anodimateriaalina (Selvamani ym. 2015, Energies 2021).
- **Alueellinen tutkimusyhteys:** Ylen 1.12.2025 jutussa kuvattiin LAB-ammattikorkeakoulun, LUT-yliopiston ja Business Kristinestadin suunnittelemaa tutki-musyhteistyötä kalajätteen akkumateriaalikäytöstä. Jutussa käsiteltiin kalajätettä yleisesti, ei erityisesti suomuja (Yle).
- **Kehitysasteen rajaus:** kaupallista soveltuvuutta ei tässä raportissa varmistettu.

Lähtökohtana voidaan pitää Lapväärtin bioterminaalia, jossa kalan lämpökäsittely olisi mahdollista tehdä downstream-laitoksessa. Sijainti on edelleen suunnitteluvaihtoehto eikä todennettu optimiratkaisu; aiempia havainnollistavia kustannusoletuksia ei ilman verifiointia voida käyttää sellaisenaan esim. laitemitoituksen perusteena. Näihin palataan hankkeen myöhemmissä työpajoissa.

Kuljetusvaihtoehtoja syötteen syntypaikalta terminaaliin

Tässä raportissa tarkastellaan alustavasti kahta rinnakkaista ketjua, koska happosäilöntä ja kylmäsäilytys palvelevat eri tuotetavoitteita. Happosäilöntä mahdollistaa pumpattavan väliraaka-aineen varastoinnin, kun taas entsymaattisella käsittelyllä voidaan tavoitella erikseen määriteltyjä öljy- ja proteiinijakeita (FAO:n kalasäilörehuopas, Alfa Laval, prosessikuvaus).

- **Hajautuneet perkeet ja muut massajakeet:** todennäköisesti lajittelu olisi järkevintä tehdä jo perkaamossa, minkä jälkeen käyttötarkoitukseen soveltuva jae jauhetaan ja happosäilötään syntypaikan yksikössä tai läheisessä keräilypisteessä. Säilöntä edellyttää haponkestäviä laitteita, sekoitusta ja pH-seurantaa; pienissä erissä voidaan käyttää soveltuvia IBC-kontteja ja suuremmissa säiliökuljetusta (FAO).
- **Erilliset arvotuotejakeet:** päiden, rasvaleikkeiden, nahkojen, ruotojen ja suomujen osalta olisi todennköisesti järjestää niiden kerääminen erikseen, edellyttäen tietysti että niille olisi sovittu ostaja tai tutkimuskäyttö. Ruoto- ja suomujaetta ei ohjattaisi automaattisesti samaan happosäiliöön muun massan kanssa, koska ruodot voivat kuluttaa happoa ja nostaa säilörehun pH:ta (FAO). Suositeltavinta näille lienee vastaanottajan vaatimusten mukaisesti jäähdytetty tai pakastettu ketju.
- **Kuljetus ja keräily:** pienet lähikohteet kannattaa yhdistää keräilykierroksiksi, suuret toimittajat palvellaan erillisillä noudoilla. Sivutuotteet kuljetetaan tiiviisti suljettuina, tunnistettuina ja luokittain erillään. Kaupalliset asiakirjat sekä astioiden ja kuljetuskaluston pesu- ja desinfiointikirjanpito kuuluvat ketjuun (Ruokavirasto, kuljetukset).

Sijaintisuositus: Lapväärttiä kannattaa luonnollisesti tarkastella ensisijaisesti Suupohjan ja lähialueen virtojen logistisena bioterminaalina. Reposaaren, Uudenkaupungin ja Saaristomeren osalta kannattaa verrata 1.) paikallista keräilypistettä, 2.) suoraa downstream-toimitusta ja 3.) Lapväärtti-reittiä. Terminaalin kautta kulkeminen ei ole itseisarvo, ja tämä tarkastelu antaa käytännön verrokkilaskelmia bioterminaalin sunnittelun pohjaksi.

Bioterminaalin peruslaitteisto

Alla on kuvattu eri lähteiden pohjalta ensimmäisen vaiheen yksi mahdollinen kokoonpano. Laitteiden kapasiteetti ratkaistaan todellisen huippuvuorokauden, noutovälien, varastointiajan ja sovittujen toimituserien perusteella.

Laite tai toiminto	Tehtävä ja downstreamiin lähtevä syöte
Vaaka, erätunnistus ja näytteenottopiste	Vastaanottotarkastus: alkuperä, määrä, käyttötarkoitus, sivutuoteluokka ja säilytysketju. Tähän kuuluisi pH:n ja lämpötilan seuranta sekä ostajan määrittelemä kuiva-aine-, rasva-, proteiini- ja puhtausanalyysi.
Suljettu purkupaikka ja epäpuhtauksien erotus	Tiivis vastaanottoallas tai suppilo, karkea seula sekä puhdistettavat siirtolaitteet. Vierasaineiden seulonta kuuluu myös teolliseen säilörehun vastaanottoprosessiin (Alfa Laval).
Jauhin ja massalle sopiva pumppu	Tuottavat tasalaatuisen, siirrettävän massan. Jauhatuksen palakoko valitaan jatkoprosessin ja hyväksytyn käsittelymenetelmän mukaan, ei yhtenä yleisarvona kaikille tuotteille (FAO, Ruokavirasto, kalaperäinen aines).
Erilliset sekoitettavat säiliöt, pH-mittaus ja haponannostus	Säilötyn massan vastaanotto, säilytys ja tarvittava pH-korjaus. Materiaalien on kestettävä happoa; sekoitus ja pH-valvonta ovat keskeisiä laadun säilymiselle (FAO).
Erillinen kylmätila ja tarvittaessa pakastus	Järkevintä olisi miettiä arvotuote- ja tutkimusjakeille omaa kylmämoduulia sekä vastaanottotarkastusta odottaville erille erillistä tilaa. Kaikkia jakeita ei yhdistetä yhdeksi massaksi.
Suljettu lastaus ja puhdistusjärjestelmät	Säiliöauton/IBC:n täyttö, astianpesu ja desinfiointi; lisäksi on syytä harkita erillistä pesuvesien ja rasvaisen jäteveden keräystä, hajunhallintaa ja vuotosuojausta. Uudelleen käytettävän kuljetuskaluston puhdistus ja jäljitettävyys ovat viranomaisvaatimuksia (Ruokavirasto).

Jos samassa terminaalissa käsitellään myös peruna- ja metsäjakeita, tarvittaneen kalalle erillinen suljettu märkäosasto, omia kontaktipintoja ja erillisiä pesuvesijärjestelyjä. Nämä tulee ottaa huomioon kustannuslaskelmassa.

Mitä lisätään vain downstream-sopimuksen perusteella?

- **Öljy ja proteiinipitoinen nestesyöte:** tarvitaan prosessin mukainen esilämmitys ja dekantterisentrifugi/separaattori sekä erilliset tuotesäiliöt. Proteiinista huomattava osa

siirtyy hydrolyysissä vesifaasiin, joten erotettua nestettä ei saa käsitellä pelkkänä poistettavana vetenä (Alfa Laval).

- **Proteiinihydrolysaatti:** lisäksi hydrolyysireaktori, entsyymiannostus, lämpötila- ja pH-säätö sekä entsyymin inaktivointi. Kalvosuodatus, haihdutus ja kuivaus lisätään vain ostajan tuotespesifikaation ja taloudellisen perusteen mukaan; kyse on jo jalostusmodulista, ei pelkästä keräilyterminaalista (Alfa Laval).
- **Biokaasusyöte:** perusvaiheessa prosessi vaatinee tasalaatuista, pumpattavaa syötettä hyväksytylle vastaanottajalle ja vaaditun hygienisoinnin tekemistä siellä. Ruokaviraston kalaohje kuvaa biokaasureitille murskaus- ja kuumennuskäsittelyn; siinä esitetty 85 °C ei kuitenkaan ole kaikkien kalasivuvirtojen yleinen terminaalivaatimus, eikä happosäilöntä yksin korvaa reittikohtaisia käsittelyvaatimuksia (Ruokavirasto).
- **HAp- ja akkumateriaalitutkimus (”long shot”):** terminaalin tehtäväksi voitaneen kaavailla alkuperältään tunnettujen ruoto- ja suomuerien erilliskeräystä, säilytystä ja näyte-erien toimitusta. Kalsinointia, hiillostusta ja aktivointia ei sisällytetä perusinvestointiin ilman erillistä PoC-ohjelmaa.

Johtopäätös: ensimmäisessä vaiheessa terminaalista lähtee säilöttyä, jäljitettävää massaa ja erillisiä kylmäjakeita, ei automaattisesti valmista rehua, sekä tutkimuksen edistyttyä riittävästi, HAp:ta tai akkulaatuista materiaalia. Käsittelemättömien sivutuotteiden välivarastointi ja alustava käsittely edellyttävät asianmukaista väliasteen laitoksen hyväksyntää; pelkkä lämpökäsittelyn jättäminen pois ei poista tätä lähtökohtaa (Ruokavirasto, varastointi).

Hintatasoluonnos suolimassaskenaariosta: Biotalous-lehden blogissa on käytetty kalaöljyn myyntihintaoletuksena 40 €/kg tehtaalta (ei siis vahvistettu markkinahinta eikä luokan 3 rehuöljyn hintareferenssi) ja kuluttajahintaoletuksena 60–120 €/kg; kalajauho olisi haarukassa 1–2 €/kg (rehumarkkinahinta laadukkaasta jauhosta 2 €/kg, suolimassapohjaisessa oletuksessa 1 €/kg) — pienimuotoisessa uutossa öljy voi olla arvoltaan suurempi osa kokonaisuutta kuin jauho (biotalous.fi; JYU/Oulu).

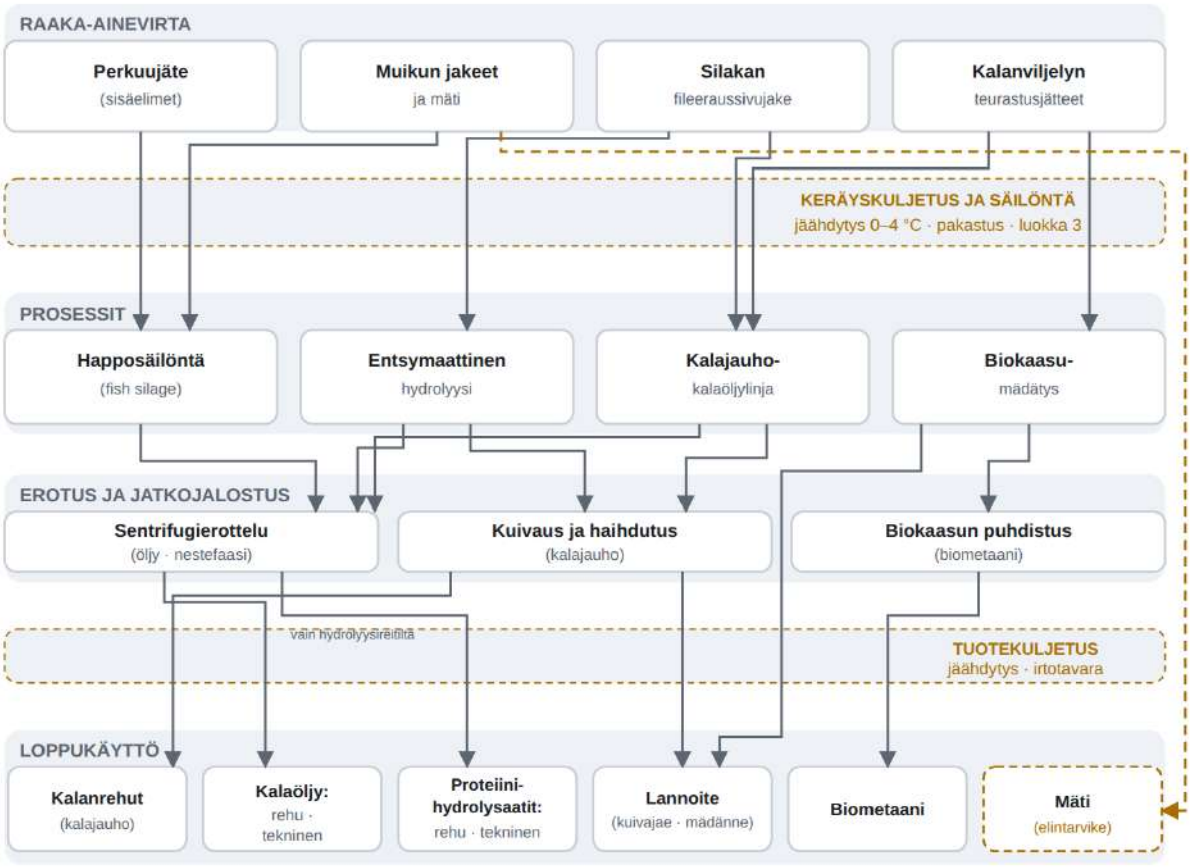
Huomiot laitossuunnittelua varten:

- Kustannusluvut ovat sidottuja kapasiteettiin, hintavuoteen ja toimitusrajaan (mm. sisältyykö asennus, apulaitteet ja käyttöönotto); kiinalaisten yksiköiden hinnat ovat laitetarjouksia ilman asennusta ja käyttöönottoa. Puuttuvat hankintahinnat ovat tarjouskohtaisia.

- Suurin osa Pohjanlahden silakasta menee jo nyt kalajauhoksi tai elintarvikkeisiin olemassa oleviin laitoksiin — uutta perkuujäteinvestointia ei kannata mitoittaa koko saaliin vaan ihmiskulutukseen menevän osan perkuujätteeseen.
- Kalajauhotehtaan kuivaus on energiakustannusten pääkomponentti: pienimuotoisen 200 t/v-linjan energiakustannus arvioitiin hankkeen arviossa jopa 310 000 €/v (skenaario) (biotalous.fi).
- Happosäilöntäyksikön investointi on murto-osa kalajauholinjasta: laitteina tarvitaan jauhin, haponannostus ja happamat materiaalit (muovi, lasikuitu, ruostumaton teräs) sekä sekoitettavat säiliöt (FAO: Fish silage manual) — hintataso on tarjouskohtaista eikä julkisia suomalaisia referenssejä löytynyt.
- Järvikalan suolimassaskenaarion 1 M€ ei ole yleinen happosäilöntäyksikön hinta, vaan yhden erityisen tuotekehitysprojektin laskelma.

Kalanjalostuksen sivutuotteet ovat siis erittäin mielenkiintoinen syöte niiden runsaan ravinnesisällön vuoksi. Ne asettavat logistiikalle erityisvaatimuksia koko midstream-vaiheeseen mm. nopean pilaantuvuuden vuoksi. On selvää, että v. 2026 tarkastellen kalanjalostuksen sivutuotteet eivät tarjoa kilpailukykyistä liiketoimintamahdollisuutta. Kuitenkin asia on asetettava aikajanalle: hintakilpailukyky saattaa parantua nopeastikin uusien tuotantomenetelmien ja logistiikkaratkaisujen kehittyessä, ja mm. huoltovarmuus tulee asettamaan uusia tavoitteita biomateriaalien käytölle. Näemme siis kalanjalostuksen sivuvirroissa huomattavan liiketoimintapotentiaalin jo lähivuosien aikana, minkä vuoksi liiketoiminnan ja laitosparametrien suunnittelu kannattaa aloittaa jo nyt.

Seuraavassa kuvassa on kalanjalostuksen sivutuotevirrat esitetty vuokaaviona:

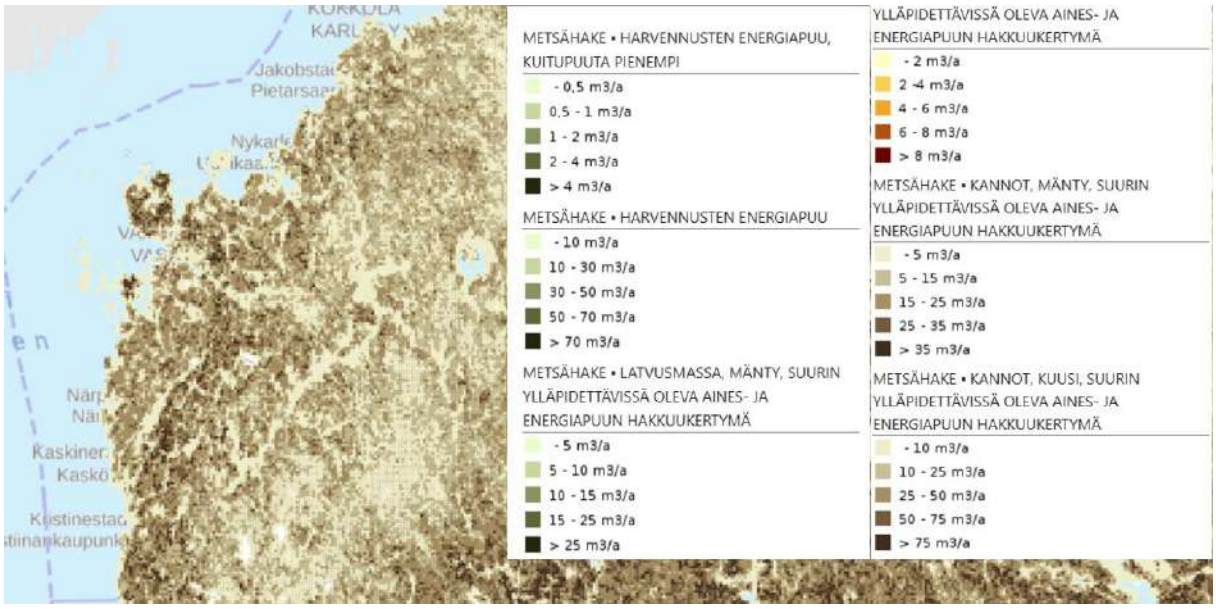


yhtenäinen viiva = sivutuoteketju (luokka 3) · katkoviiva = mäti: elintarvikeketjuun erilliskerättynä
jatkokäyttö vain hyväksytyn käsittelylaitoksen kautta · elintarvikekäyttö vain elintarvikelaatuisesta, erilliskerätystä raaka-aineesta





2. PUUNJALOSTUKSEN SIVUVIRRAT



Koostumus, prosessointi ja logistiikka: Lapväärtin bioterminaali suunnitteluhypoteesina

Metsänkorjuusta saatavien sivuvirtojen logistiikan tarkastelun ensisijainen hankinta-alue on Suupohja ja eteläinen Pohjanmaa: Kristiinankaupunki, Kaskinen, Närpiö, Isojoki, Karijoki, Teuva ja Kauhajoki. Pietarsaaren teollisuusintegraatti käsitellään laajemman Pohjanmaan vertailu- ja yhteistyökohteena, ei automaattisesti Lapväärttiin kuljetettavana syötepohjana. Metsäteollisuuskombinaatit tuottavat merkittäviä sivuvirtoja, joista jäljempänä käsitellään puunkorjuun yhteydessä mm. ligniiniä ja hemiselluloosaa. Oletusarvoisesti teollisuuskombinaatit kuitenkin käsittelevät omat sivuvirtansa sisäisissä hankkeissaan.

Hakkuutähteet, kannot ja pienpuu rajataan tässä erilliseksi metsätalouden hankintakokonaisuudeksi, jotta niitä ei lasketa metsäteollisuuden sivuvirtoihin (samoja määriä kahteen kertaan). Raportti ei anna tarkkaa alueellista kokonaismäärää, koska toimipaikkojen sivuvirtatiedot ovat eri vuosilta, eri yksiköissä ja vain osittain julkisia.

Pääsuositus: Lapväärtin bioterminaalin pohdinnassa kannattaa tässä vaiheessa keskittyä puhtaiden puujakeiden erilliskeräyksen, laadunvarmistuksen ja asiakaskohtaisen esikäsittelyn ympärille. Uutto, kuivaus, höyryesikäsittely ja pyrolyysi ovat erikseen perusteltavia jatkomoduuleja, eivät jokaisen syötteen pakollisia käsittelyvaiheita. Lisäksi on otettava huomioon prosessoinnin investointikustannukset, jotka korreloivat suoraan käsiteltävään määrään ja laitoksen kannattavuuteen. Vaikka jäljempänä käsitelläänkin eri prosessointiteknikoita, on jokaisen osalta päätettävä erikseen, kuuluvatko ne esikäsittelyyn vai ovatko ne osa arvoketjun seuraavaa vaihetta eli biojalostamoa.

Alueellinen raaka-ainepohja ja määrät

Isojoen Saha: keskeinen lähialueen neuvottelukohde

Isojoen Saha ilmoittaa sahatavaran vuosituotantokapasiteetikseen 150 000 m^3 ja tukin sekä kuitutukin vuotuiseksi käytöksi 320 000 m^3. Luvut kuvaavat yrityksen ilmoittamaa kokoluokkaa, eivätkä siis yksittäisten sivuvirtojen mitattua vuosituotantoa. Sahan mukaan kuori käytetään lämpöenergian tuotantoon, hake toimitetaan paperi- ja selluteollisuuteen ja puru bioenergiayrityksille, joten sivuvirroilla on jo käyttökohteet (Isojoen Saha: yritystiedot; Isojoen Saha: vastuullisuus).

- **Hake:** potentiaalinen puhdas puuraaka-aine, mutta terminaalivaihtoehtoa on verrattava jo toimivaan materiaalikäyttöön. Onkin järkevää selvittää ensisijaisesti poikkeavat laatuerät ja asiakkaiden tarvitsemat erikoisjakeet, eikä olettaa koko hakevirran olevan siirrettävissä esimerkiksi Lapväärtin bioterminaaliin (Isojoen Saha: vastuullisuus).

- **Puru** on hyvin kiinnostava erillinen syöte fraktiointikokeisiin ja mahdolliseen hiilimateriaalien valmistukseen; paikallinen toimitusmäärä ja sopimustilanne ovat kuitenkin avoimia. Nykyinen bioenergiakäyttö tulee hinnoitella vaihtoehtois-kustannuksena, eikä käsitellä purua ns. ilmaisena jätteenä (Isojoen Saha: vastuullisuus; Luke: uutto- ja fraktiointipilotti).
- **Kuori** on mahdollinen uutto- tai hiilireitin raaka-aine, mutta sen siirtäminen pois energiakäytöstä edellyttää usein korvaavan lämmöntuotannon tarkastelua. Isojoen Lämmön 10 MW:n laitos hyödyntää osan sahan kuoresta, purusta ja hakkeesta ja toimittaa lämpöä sahan kuivaamoihin sekä kaukolämpöverkkoon (Isojoen Lämpö).

Isojoen Lämpö ilmoittaa vuoden 2025 polttoainejakaumassa kuorelle 43 269 MWh, hakkeelle 4 588 MWh ja purulle 767 MWh; nämä ovat energiamääriä, eivät sivuvirtojen massoja tai vapaan syötteen määriä. Niiden konvertointi tonneiksi vaatisi kuiva-ainepitoisuutta, lämpöarvoa ja toimitusten alkuperää koskevia tietoja (Isojoen Lämpö).

Havainnollistava sahauksen sivuvirtaskenaario

Puutuoteteollisuus ry:n yleiskertoimissa yhtä sahatavarakuutiometriä kohden syntyy noin 0,7 m^3 haketta, 0,3 m^3 purua ja 0,2 m^3 kuorta; näiden osalta Puutuoteteollisuus ry korostaa käyttösuhteen vaihtelua laitoksittain. Kun nämä kertoimet kerrotaan Isojoen Sahan 150 000 m^3:n kapasiteetilla, saadaan seuraava, puhtaasti laskennallinen täyden kapasiteetin esimerkki (Puutuoteteollisuus ry; Isojoen Saha):

- **Hake:** noin 105 000 m^3 vuodessa, oma laskelma yleiskertoimella.
- **Puru:** noin 45 000 m^3 vuodessa, oma laskelma yleiskertoimella.
- **Kuori:** noin 30 000 m^3 vuodessa, oma laskelma yleiskertoimella.

Tämä siis ei ole Isojoen Sahan todettu sivuvirtatase, eikä siten myöskään Lapväärtin bioterminaalin suunnitteluparametriksi sellaisenaan kelpaava määrä. Laskelman tilavuuksia ei saa tulkita suoraan kuljetusten irtokuutioiksi, eikä kapasiteettilaskelmaa pidä yhdistää yrityksen puunkäyttölukuun yhtenä varmennettuna massataseena (Puutuoteteollisuus ry: kertoimien perusteet; Isojoen Saha: kapasiteettitiedot).

Kaskinen: kemihierretehtaan puu-, liete- ja mineraalijakeet

Metsä Boardin Kaskisten tehdas valmistaa valkaistua kemihierrettä eli BCTMP-massaa, ja sen ilmoitettu kapasiteetti on 390 000 tonnia vuodessa. Tehtaalla on omaa biomassapohjaista energiantuotantoa, joten sen sivuvirtoja tulee tarkastella osana olemassa olevaa prosessi- ja energiaintegraatiota (Metsä Board: Kaskisten BCTMP-tehdas).

Kaskisten kartonkitehdashankkeen YVA-ohjelman nykytilavaihtoehdossa (VE0) on ilmoitettu seuraavat vuoden 2021 historialliset vertailumäärät (YVA-ohjelma, luku 3.4 ja taulukot 3.4-2–3.4-3):

- **Jätevesiliete:** noin 7 000 t kuiva-ainetta vuodessa; lähteessä lietteen kuiva-ainepitoisuudeksi ilmoitetaan 10–20 %. Liete sisältää kuitu- ja biolietettä, ja puhdistamossa käsitellään myös yhdyskuntajätevesiä; sitä ei siten voi rinnastaa puhtaaseen, erilliseen puukuitujakeeseen (Kaskisten YVA-ohjelma).
- **Lentotuhka:** 3 577 t vuodessa ja **pohjatuhka:** 1 500 t vuodessa; taulukoissa massojen kosteusperustaa ei täsmennetä, joten niitä ei esitetä kuiva-ainetonneina (Kaskisten YVA-ohjelma).
- **Kuorihiekka:** 244 t vuodessa; kyseessä on erillinen mineraaliainesta sisältävä sivuvirta, ei puhdas kuori, eikä lähteen tonnimäärälle tässä oleteta kuiva-aineperustaa (Kaskisten YVA-ohjelma).

Liete kuivataan lähteen mukaan ruuvipuristimilla ja poltetaan kuorikattilassa; raportin eri polttoaine- ja jätetaulukoiden määriä ei voitane yhdistää suoraan yhteiseksi taselaskelmaksi. Metsä Board ilmoitti lisäksi 21.3.2024, ettei uuden kartonkitehtaan investointia toteuteta (Kaskisten YVA-ohjelma; Metsä Boardin päätös).

Pietarsaari: suuri integraatti, mutta ei oletusarvoinen Lapväärtin hankinta-alue

UPM:n vuoden 2025 ympäristöraportissa Pietarsaaren sellutehtaan kapasiteetti on 800 000 t vuodessa ja Alholman sahan 280 000 m^3 vuodessa. Hake ja puru hyödynnetään selluntuotannossa, ja kuorta sekä muita puujakeita käytetään Alholmens Kraftin sähkön, höyryn ja kaukolämmön tuotannossa (UPM Pietarsaari: ympäristöraportti 2025).

Raportissa vuodelta 2025 ilmoitetaan muun muassa 7 120 t kuiva-ainetta viherlipeäsakkaa kaatopaikalle ja 1 437 t kuiva-ainetta kalkki- ja meesajakeita hyötykäyttöön; nämä ovat mineraalipitoisia prosessivirtoja, eivät sahanpurun kaltaista lignoselluloosasyötettä. Raakamäntyöljyllä ja tärpätillä on jo käyttökohteita, ja mustalipeä on tehtaan kemikaali- ja energiakierron osa, joten niitä ei pidä olettaa tavanomaisiksi terminaaliin saataviksi irtobiomassoiksi (UPM Pietarsaari: ympäristöraportti 2025).

Pietarsaarta onkin syytä käsitellä ensisijaisesti vertailu- sekä mahdollisena jatkojalostuskohteena. Kuljetus Lapväärttiin pitää perustella eräkohtaisesti, ei pelkällä maakuntarajauksella.

Kristiinankaupunki ja pienemmät puutuotetoimijat

Stora Enson aaltopahvituotantoa Kristiinankaupungin Tiukassa ei voida pitää pysyvänä pitkän aikavälin syötelähteenä: Ylen 29.10.2026 uutisen mukaan tuotanto siirretään Lahteen, ja siirtymän on määrä valmistua syksyllä 2027. Mahdolliset leikkaus- ja pakkausjakeet on siksi tarkistettava toimijalta uuden tianteen perusteella erikseen, eikä niitä siksi sisällytetä tässä raportissa Lapväärtin mahdollisen bioterminaalin suunnitteluparametreihin. (Yle).

Pienten sahojen, höyläämöjen ja puutuotevalmistajien määrät jäävät tässä selvityksessä avoimiksi. Niiden osalta tultaneen jatkossa tekemään toimipaikkakohtaista inventointia, jossa erotellaan käsittelemätön puu, lämpökäsitelty puu, liimattu puu ja pinnoitetut tai kyllästetyt jakeet. Julkisesti todentamattomia määriä ei voida lisätä alueelliseen yhteissummaan.

Koostumus ja laatutekijät

Puhdas puuaines: hake, puru ja kutterinlastu

Eräässä mäntysahanpurun tutkimuksessa alkuperäisen purun kuiva-aineesta oli noin 44 % selluloosaa, 26 % hemiselluloosaa ja 26 % ligniiniä; kyseessä oli pohjoisruotsalaiselta sahalta saatu tutkimusnäyte (Selective hemicellulose hydrolysis of Scots pine sawdust), mikä kuvaa hyvin yleisestikin tunnettua puumassan kolmijakoa. Tutkimus toimii koostumuksen ja fraktioinnin vertailukohtana, mutta paikallisen puulajin, kuoripitoisuuden ja raaka-aineen osalta tulee mittaukset luonnollisesti tehdä kulloinkin erikseen.

Mahdollisen bioterminaalin vastaanotossa on syytä kerätä vähintään seuraavaa laatutietoa:

- **Massaperusta:** märkäpaino, kosteus märkäperusteella ja laskettu kuiva-ainemäärä.
- **Fyysinen laatu:** puulaji, partikkelikokojakauma, irtotiheys sekä metalli-, hiekka- ja kiviepäpuhtaudet.
- **Kemiallinen laatu:** tuhka, uuteaineet ja tavoiteprosessin mukaan selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini.
- **Käsittelyhistoria:** maali, liima, kyllästys, lämpökäsittely ja muu mahdollinen kontaminaatio.

Kuori: eri raaka-aine kuin kuoreton puu

V. 2020 tutkimuksessa männyn kuoren kuivapainosta mitattiin n. 21,9 % selluloosaa, 18,3 % hemiselluloosaa ja 40,7 % ligniiniä. Kuusen kuoren vastaavat arvot olivat 29,7 %, 13,9 % ja 45,1

%. Nämä ovat tutkimusnäytteiden menetelmäsidonnaisia vertailuarvoja, eivät paikallisia mitoitusarvoja (VTT:n julkaisuarkistossa oleva koostumustutkimus).

Kuusen kuorta käsittelevässä väitöstyössä todettiin tanniini- ja hiilihydraattipotentiaalia, ja kuumavesiuutosta tuotettiin myös pilottimittakaavassa raakatanniinijauhetta; uutteeseen liukeni kuitenkin useita yhdisteryhmiä, joten kuumavesiuutetta ei voi rinnastaa puhtaaseen tanniinituotteeseen. Tämän perusteella kannattanee kuoren uuttoa harkita erillisenä koereittinä ennen sen jäljelle jäävän kiintoaineen energia- tai hiilikäyttöä (Kemppainen, Aalto-yliopisto, 2015).

Lietteet ja mineraalijakeet

Kaskisten sekalietteen kuitu- ja biolieteosuudet vaihtelevat, eikä koko lietemäärää voi käsitellä puhtaana selluloosana. Tuhkille, kuorihiekalle ja kemiallisen massantuotannon sakoille tarvitaan omat laatu- ja käyttökohdearvionsa, erillään puhtaan puun fraktioinnista (Kaskisten YVA-ohjelma; UPM Pietarsaari: ympäristöraportti 2025).

Prosessointireitit ja niiden kehitystaso

- **Mekaaninen esikäsittely:** seulonta, metallinerotus ja asiakaskohtainen koon säätö ovat ehdotettu ensimmäinen terminaalireitti. Tavoite on tuottaa määriteltyä syötettä, ei pilkkoa jokaista jaetta tarpeettomasti.
- **Uutto ja hemiselluloosan erotus:** kuoren kuumavesiuutto sekä purun paineistettu kuumavesifraktiointi ovat pilotointiin soveltuvia reittejä; Luke tarjoaa niiden kokeiluun 300 litran reaktorin, jonka ilmoitettu käyttöalue on 1–20 bar ja 10–200 °C. Pilottireaktorin koko ei kuitenkaan ole Lapväärtin mahdollisen bioterminaalin toimintavolyymin kannalta perusteltua (Luke).
- **Höyryesikäsittely ja hydrolyysi:** esikäsittely voidaan valita selluloosa- ja hemiselluloosajakeiden avaamiseen jatkojalostusta varten; kaupallisia esikäsittelyjärjestelmiä on tarjolla pilotista suuriin mittakaavoihin, mutta paikallinen resepti ja tuotteen kelpoisuus vaativat omat kokeet. Höyryesikäsittelyä ei tässä suositella automaattisesti ennen jokaista uutto- tai energiareittiä (Valmet BioTrac; Kemppainen, 2015).
- **Biohiili:** pyrolyysi on mahdollinen puujakeiden jatkojalostusreitti, mutta laitoksen yhteyteen tarvitaan syötteen käsittely, tarkoituksenmukainen kuivaus ja prosessilämmön hyödyntämisratkaisu. Lämmön markkinaa ja investointia tulee tarkastella yhdessä, ei

laskea hiilituotteen myyntiä ainoaksi kannattavuustekijäksi (Sweco: biohiilen teknologiaselvitys, 2024). Biohiilen kansainvälistä potentiaalia esim. aavikoitumisen estäjänä tarkastellaan mm. Circular Bio-Economy in Kristinestad-hankkeessa.

- **Aktiivihiili:** pyrolyysin jälkeinen aktivointi on oma prosessivaiheensa, eikä se siis ole sama asia kuin tavallisen biohiilen valmistus tai pyrolyysikaasun puhdistus. Siksi aktiivihiilen kustannuksia ja tuotelaatua ei kannata arvioida pelkän biohiilireaktorin avulla (Sweco, 2024).
- **Akkumateriaalit, tutkimusreitti:** sahanpurusta ja ligniinistä valmistettua kovaa hiiltä on tutkittu natriumioniakkujen anodimateriaalina; katsauksessa kuvatut purukokeet käyttivät 1 000–1 600 °C:n käsittelyjä. Tavallinen terminaalissa tuotettu biohiili ei siten ole automaattisesti akkumateriaalia. (Shafiee ym., Heliyon, 2024).

Kuljetusvaihtoehdot syntypaikasta Lapväärttiin ja edelleen asiakkaalle

Seuraavassa käsitellään bioterminaaliin liittyviä perustoimintoja, joiden perusteella satavan tiedon nojalla voidaan lähteä haarukoimaan tarkempaa, optimoitua sijaintiratkaisua. Jokaiselle erälle verrataan myös suoraa toimitusta syntypaikalta asiakkaalle.

Syntypaikan tehtävät

- **Erilliskeräys:** kuoreton hake ja puru pidetään erillään kuoresta, hiekasta, lietteestä ja käsitellystä puusta.
- **Laatutieto:** toimittaja ilmoittaa alkuperän, käsittelyhistorian, massan ja kosteuden; ostajan laatumääritys sovitaan ennen toimitusta.
- **Kuormakoon optimointi:** suuret tasalaatuiset erät ohjataan mahdollisuuksien mukaan suoraan asiakkaalle. Terminaaliin ohjataan eriä, joiden yhdistely, erottelu tai esikäsittely todella tuottaa lisäarvoa.
- **Lietteiden vedenpoisto:** ensisijainen ehdotus on vedenpoisto syntypaikalla; Lapväärtin märkälinjaa ei rakenneta pelkästään siksi, että vettä sisältävää lietettä voidaan kuljettaa.

Kuljetus ja terminaalikäsittely

- **Irtopuujakeet:** kilpailutukseen soveltuvat peitetyt hake-, kippi- tai liikkuvalattiaratkaisut syötteen ominaisuuksien mukaan. Kaluston puhtausvaatimukset määritellään loppukäytöstä lähtien.

- **Pienet erät:** vaihtolavat tai muu erilliskeräys voidaan yhdistää keräilykierroksi, jos käsittely- ja kuljetuskustannukset sen sallivat.
- **Traktorikuljetus:** lyhyt paikallinen siirto voi olla toimittajan tai urakoitsijan tehtävä; soveltuvuus arvioidaan kuormakoon, tiheyden, puhtauden ja tiekuljetuksen vaatimusten perusteella.
- **Lietteet ja mineraalijakeet:** erilliset tiiviit kuljetus- ja vastaanottoratkaisut; ei purkua puhtaan puun varastoon.
- **Jatkokuljetus:** toimitus tapahtuu sovittuun kosteuteen, partikkelikokoon ja koostumukseen perustuvalla erätodistuksella.

Käsittely Lapväärtin bioterminaalissa vai syntypaikan yhteydessö?

Puubiomassan käsittelyn osalta kannattanee vertailla vähintään Lapväärtin mahdollista bioterminaalia, lähteen syntypaikassa tapahtuvaa esikäsittelyä sekä Kaskisten teollisuus-ympäristöön tukeutuvaa vaihtoehtoa. Lapväärtille ei tässä oleteta valmista prosessihöyryä, hukkalämpöä (ks. kuitenkin jäljempänä käsitelty datakeskuksen hukkalämmön hyödyntämis-tarkastelu), käyttökelpoista teollisuusjätevesiviemäriä tai omaa raideyhteyttä.

Bioterminaalin laitteistot

Ensivaiheen puhtaiden puujakeiden vastaanotto

Ehdotettu perusvarustus mitoitetaan vasta sopimuspohjaisen syötemäärän selvittyä. Ensimmäisessä vaiheessa kannattanee suosia yhteiskäyttöistä tai ostettavaa palvelu-kapasiteettia, jos käyttöaste omille laitteille jäisi matalaksi.

- **Vastaanotto:** punnituspalvelu tai vaaka, näytteenotto, kosteuden määritys ja eräseuranta.
- **Varastointi:** kantava puhdistettava kenttä, erilliset lohkot tai katokset sekä tarkoituksenmukainen hulevesien hallinta.
- **Esikäsittely:** seula, metallinerotin ja tarvittaessa murskain tai vasaramylly; jo sopivan kokoista purua ei jauheta ilman asiakastarvetta.
- **Materiaalinsiirto:** pyöräkuormaaja, kuljettimet tai siilopurkaimet eräkokojen ja pölyävyyden mukaan.

- **Turvallisuus:** pölynpoisto, lämpenemisen seuranta, palontorjunta ja räjähdysvaaran arviointi; puupölyä käsittelevien laitteiden ATEX-ratkaisut määräytyvät riskinarvioinnin ja tilaluokituksen mukaan (Tukes: ATEX).

Valinnaiset jalostusmodulit

- **Kuivaus:** hankitaan vain tiettyä tuotetta ja varmennettua energiaratkaisua varten. Vaihtoehtoja voidaan vertailla vedenpoiston, lämmönlähteen ja poistokaasujen kannalta. Ylikuumahöyrykuivaus on mm. Swedish Exergyn (ks. jälj.) tarjoama teknologia, mutta sen energiansäästöväitteitä ei käytetä Lapväärtin takuuarvoina ilman integraatiolaskentaa (Swedish Exergy: valmistajan kuvaus).
- **Uutto:** kuumavesi- tai painereaktori, kiinteä–neste-erotus ja tuotekohtainen kalvosuodatus tai väkevöinti; kokeet voidaan ensin ostaa ulkopuoliselta pilotilta. Luken palveluun sisältyy sekä uuttoa että kalvoerotusta, joten oman pilottilaitoksen rakentaminen ei ole välttämätön ensimmäinen askel (Luke).
- **Höyryesikäsittely:** paineistettu syöttö, reaktori ja purkujärjestelmä vain valitun jatkojalostusketjun tarpeeseen. Höyryräjäytys ja höyrykuivaus ovat eri tarkoituksiin valittavia prosessivaiheita (Valmet BioTrac; Swedish Exergy).
- **Pyrolyysi:** esikäsittelyn lisäksi reaktori, kaasun käsittely, lämmöntalteenotto sekä hiilen turvallinen jäähdytys ja jälkikäsittely; aktiivihiili tai akkulaatuinen hiili edellyttää tästä erillistä prosessi- ja tuotekehitystä (Sweco, 2024; Shafiee ym., 2024).

Jos samassa kokonaisuudessa käsitellään aiempien selvitysten kala- ja perunajakeita, on todennäköisesti puubiomassalle harkittava omia varastoalueita, materiaalireittejä ja tarvittaessa omia käsittelypintoja. Märät orgaaniset virrat, puhtaat puujakeet sekä mineraali- ja kontaminaatioriskiset materiaalit suunnitellaan eri käsittelylinjoiksi.

Sovellussuositukset raaka-aineryhmittäin

Kuoreton hake ja puhtaat puutähteet

- **Suositus:** säilytetään ensisijaisesti materiaalikäyttöön soveltuva laatu; bioterminaali palvelee tarpeellista lajittelua ja asiakaskohtaista toimitusta.
- **Perustelu:** sahahake on jo vakiintunut massa- ja selluteollisuuden raaka-aine, joten uusi reitti on arvioitava nykykäyttöä vasten (Puutuoteteollisuus ry).

Sahanpuru ja puhdas kutterinlastu

- **Suositus:** erotetaan märkä puru, kuiva lastu ja eri tavalla käsitelty puu omiksi tuotteikseen; selvitetään ensin olemassa oleva materiaali- tai pellettikäyttö, sitten kohdennettu fraktiointi.
- **Kehitysreitti:** hemiselluloosauutteet ja hydrolyysituotteet pilotoidaan ostajan vaatimuksia vasten; kovahiili pidetään erillisenä tutkimuspolkuna, ei perusliiketoiminnan varmana tulona (Puutuoteteollisuus ry; Luke; Shafiee ym., 2024).

Kuusi- ja mäntykuori

- **Suositus:** tarkastellaan uuttoa ennen energia- tai hiilikäyttöä, jos puulajikohtainen erilliskeräys ja vastaanottava asiakas ovat mahdollisia.
- **Perustelu:** kuusen kuoresta on osoitettu tanniiniuutteen valmistusta pilotissa, mutta uuttojäännöksen jatkokäyttö ja korvattava energiakäyttö ratkaisevat koko ketjun talouden (Kemppainen, 2015; Isojoen Lämpö).

Kuitupitoiset lietteet ja sekaliete

- **Suositus:** puhdas erillinen kuitujae arvioidaan erikseen; Kaskisten sekalietteelle ei luvata samanlaista tuotepolkua ilman analytiikkaa ja käyttökohteen hyväksyttävyyden selvitystä.
- **Perustelu:** Kaskisten liete sisältää eri alkuperää olevia jakeita ja on jo integroitunut laitoksen omaan käsittelyyn. Mahdollinen maanparannus- tai lannoitekäyttö ei seuraa pelkästä puuperäisyydestä, vaan vaatii soveltuvien laatu- ja sääntelyehtojen täyttymisen (Kaskisten YVA-ohjelma; Ruokavirasto: kierrätysravinteet).

Tuhkat, kuorihiekka ja prosessisakat

- **Suositus:** oma mineraalivirtojen ketju, jossa selvitetään laatu, haitta-aineet ja hyväksyttävä vastaanottokohde; ei sekoiteta puhtaan puun jalostussyötteeseen.
- **Perustelu:** esimerkiksi tuhkalannoitteille on omat raaka-aine- ja laatuvaatimuksensa, eikä kaikkia tuhkia voi automaattisesti markkinoida samaan käyttöön (Ruokavirasto: tuhkalannoitteet).

Kemiallisen selluntuotannon liemet ja uuteainevirrat

- **Suositus:** mahdolliset kehityshankkeet suoraan teollisuustoimijan kanssa; ei sisällytetä bioterminaalin puubiomassan perusmitoitukseen.

- **Perustelu:** Pietarsaaren mustalipeä, mäntyöljy ja tärpätti kuuluvat olemassa oleviin prosessi- ja hyödyntämisketjuihin. Pietarsaaren sulfaattiselluteh taan sivuvirtavalikoimaa ei voi siirtää edes oletuksena Kaskisten BCTMP-tehtaalle (UPM Pietarsaari; Metsä Board: Kaskinen).

Laitteisto ja kustannukset: tiedon luonne eroteltuna

Lapväärtin oletettava perusmoduuli

Kentän, katosten, vastaanoton, seulonnan ja materiaalinsiirron yhteishinnalle ei esitetä tässä euromäärää, koska kaikki oleelliset parametrit (tontti, olemassa oleva infra, syötemäärä ja laitteiden omistusmalli) ovat vielä avoimia eikä päätöstä bioterminaalin perustamisesta ole valmisteltu.

Jos bioterminaalin suunnittelu etenee konkreettiseen vaiheeseen, tarjouspyyntöihin eritellään vähintään maanrakennus ja vedet, varastointi, vastaanotto ja analytiikka, materiaalinsiirto, esikäsittely, sähkö ja automaatio sekä turvallisuusratkaisut. Lisäksi erotetaan investoinnista henkilöstö, huolto, energia, analyysit, vakuutukset, hävikki ja käyttöpääoma.

Biohiililaitoksen suuruusluokkareferenssi

Swecon 10.5.2024 päivätyssä selvityksessä 50 000 t vuodessa kuiva-ainepitoisuudeltaan 50 % olevaa metsähaketta käyttävän esimerkkilaitoksen investoinniksi arvioidaan noin 29 M€, biohiilen tuotannoksi noin 6 500 t vuodessa ja kaukolämmön tuotannoksi noin 42 GWh vuodessa; arvioitu tarkkuus on −30 % / +50 % (Sweco: biohiilen teknologiaselvitys).

Arvio ei sisällä muun muassa tontin hintaa, tontin ulkopuolista infrastruktuuria, käyttöpääomaa, käynnistyskuluja eikä kaikkia omistajan kustannuksia. Esimerkki kuvaa kokonaisen jalostuslaitoksen kokoluokkaa, minkä perusteella voitaneen olettaa, ettei se tule kyseeseen Lapväärtin mahdollisen bioterminaalin investointia suunniteltaessa. (Sweco, 2024).

Pienemmän pyrolyysikokonaisuuden vertailu

Naturpoliksen julkaisemassa selvityksessä noin 6 000 t vuodessa lietettä, biojätettä ja männynkuorta käsittelevän kokonaisuuden investointiarvio on noin 6,16 M€, josta pyrolyysilaitteisto on noin 3,74 M€ ja kuivaus noin 1,10 M€; tuotanto on noin 696 t kuivaa hiiltä,

joka kostutettuna vastaa noin 870 tonnia 80 %:n kuiva-ainepitoisuudessa (Naturpolis: biohiiliselvitys 3.3.2025).

Tätä ei rinnasteta puhtaan puubiomassan laitokseen: syötteet, tuotteen kosteus ja käyttömahdollisuudet poikkeavat, ja osa tarkastelusta on ehdollista lainsäädännön sallimalle käyttötavalle. Laskelman tulot sisältävät merkittävän vältetyn jätehuoltokustannuksen, mutta investointi ei siltikään ollut selvityksen oletuksilla kannattava (Naturpolis, 2025).

Uutto, höyryesikäsittely ja kuivaus

Luken pilottipalvelu sekä Valmetin ja Swedish Exergyn teknologiat tarjoavat testaus- tai toimittajapolkuja, mutta tarkastelluista palvelukuvauksista ei saada vertailukelpoista kuvaa Lapväärtin kokonaisinvestoinnin suunnittelua varten (Luke; Valmet; Swedish Exergy).

Kuivauksen oma havainnollistava massatase: jos syötettä on 10 000 t vuodessa 50 %:n kosteudessa ja tavoitekosteus on 10 %, kuiva-ainetta on 5 000 t, lopputuotetta noin 5 556 t ja poistettavaa vettä noin 4 444 t vuodessa. Tämä on laskennallinen esimerkki ilman kuiva-ainehävikkiä, ei paikallisen syötteen määrä eikä kuivurin energiankulutusarvio.

Ehdotettu eteneminen ja reittikaavio

Edellä kuvatut esimerkit antavat vertailukohtia bioterminaalin suunnittelulle. On todennäköistä, että mahdollisesti pienet järkevän logistisen matkan päästä kerättävät volyymit sulkevat pois investointeja, joiden kannattavuus edellyttää jatkuvatoimista käyttöä ja suurta volyymia. Nämä ovat sitten enemmänkin suurten, keskitettyjen biojalostamojen liiketoimintaa. Bioterminaalin suunnittelu kannattaa keskittää pienten ja keskisuurten volyymien esikäsittelyyn ja tehokkaan kuljetuslogistiikan järjestämiseen.

Suunnitteluparametreiksi kannattaa ottaa ainakin seuraavat asiat:

- **Sopimuspohjainen saatavuus:** toimipaikka, jae, kuukausittainen määrä, kuiva-aine, nykykäyttö, hinta ja siirrettävissä oleva osuus.
- **Vastaanottava asiakas:** laatuvaatimus, ostomäärä, toimituspaikka ja hylkäysperusteet ennen prosessivalintaa.
- **Koostumuskokeet:** erilliset kuusi-, mänty-, kuori-, puru- ja mahdolliset lietejakeet; ei yhtä keskiarvonäytettä koko raaka-ainepohjalle.
- **Sijaintivertailu:** suora toimitus, syntypaikan esikäsittely, Lapväärtti ja teollisuusalueeseen integroitu vaihtoehto.

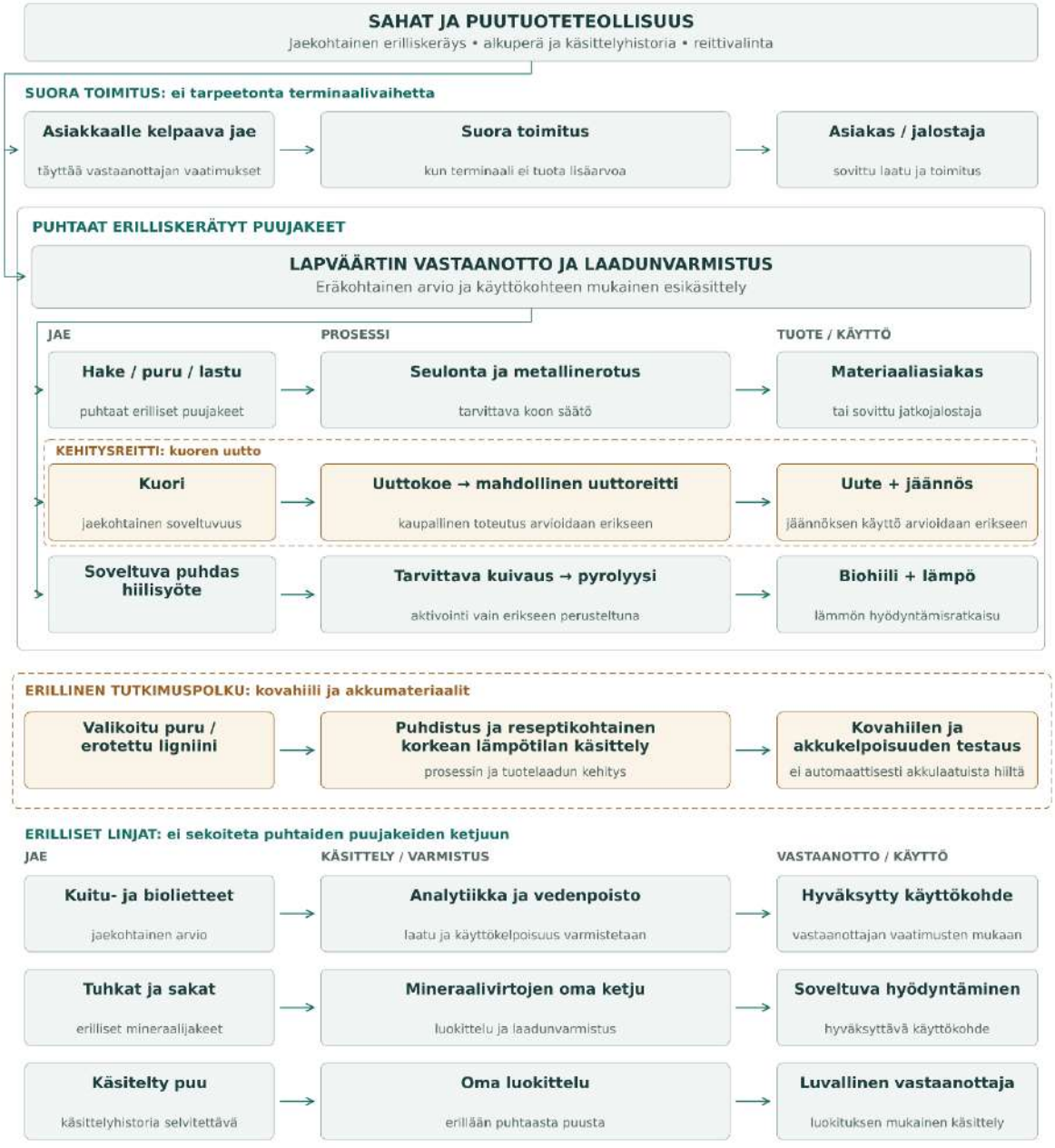
- **Talouden herkkyys:** raaka-aineen vaihtoehtoiskäyttö, kuljetukset, käyttöaste, lämmön hyödyntäminen, jätevesi ja sivutuotteiden todellinen markkina.

Lapväärtin mahdollisen bioterminaalin vahvin ensimmäinen rooli onkin todennetun laadun puubiomassaterminaali. Investointipäätöksen perustaksi tarvitaan seuraavaksi toimittajakohtaiset sivuvirtatiedot, ostajien laatuvaatimukset ja vaihtoehtoisten sijaintien yhteismitallinen kustannusvertailu.

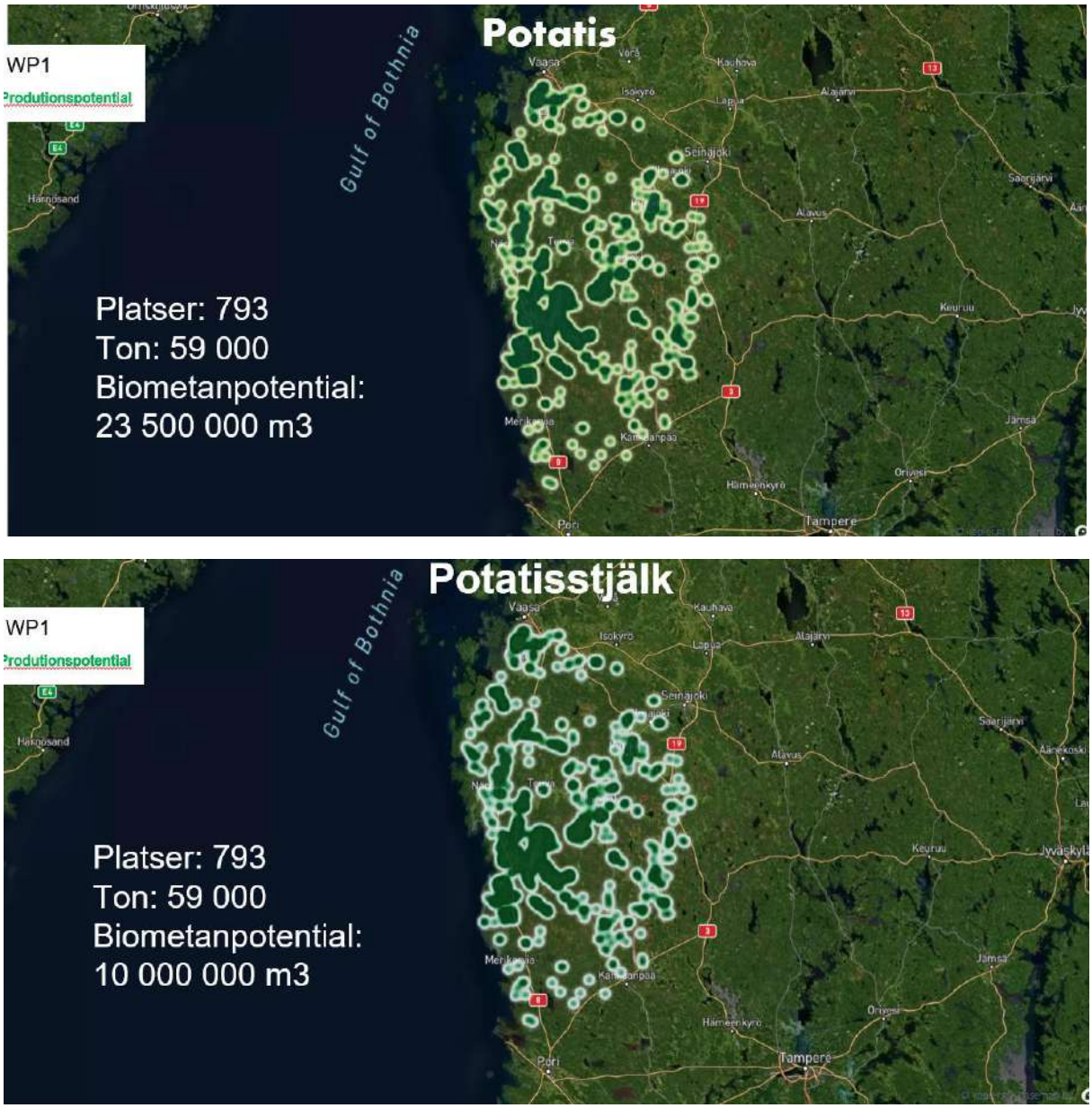
Seuraavalla sivulla om yhteenvetona vuokaavio metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntämisestä:

Metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen

Pohjanmaa | suora asiakastoimitus tai Lapväärtin bioterminaali
Vaihtoehtoiset reitit: samaa erää ei lasketa useaan käyttökohteeseen.



Vihreä: pääreitit ja erilliset linjat | Oranssi katkoviiva: kehitys- tai tutkimusreitti
Reittikartta, ei laitoksen massatase. Menetelmä- ja turvallisuusrajaukset on kuvattu raportissa.



Lähde: Power of Potatoes, Novia

3. PERUNANVILJELYN JA -KÄSITTELYN SIVUVIRRAT

Suupohja ja eteläinen Pohjanmaa, Lapväärtin bioterminaali suunnitteluhypoteesina

Ydinaluena käytetään tässä Kristiinankaupunkia lähialueineen sekä Suupohjan aluetta (Lapväärtti, Dagsmark ym.), Närpiö, Isojoki, Karijoki, Teuva ja Kauhajoki. Jepuan toimintaa käytetään muun Pohjanmaan integraatioreferenssinä ja Evijärven tärkkelysteollisuutta erikseen nimettynä Etelä-Pohjanmaan vertailuna; niiden syötemääriä ei lasketa paikalliseksi tarjonnaksi.

Lapväärtti vaikuttaa loogiselta vaihtoehdolta erilliskeräyksen, eräkohtaisen laadunvarmistuksen ja tarpeellisen esikäsittelyn solmukohdaksi. Märkää perunajaetta ei kuitenkaan pidä kierrättää terminaalin kautta, jos suora toimitus elintarvikejalostajalle, rehukäyttäjälle tai hyväksyvälle biokaasulaitokselle on kokonaisuutena parempi.

Lapväärtin Peruna: pesun ja pakkaamisen sivujakeet

Dagsmarkissa toimivan Lapväärtin Perunan kautta kulkee noin 6 miljoonaa kiloa perunaa vuodessa, ja lähes kaikki perunat pestään (Business KRS: Lapväärtin Peruna). Luku on yrityksen läpivirran kokoluokka, ei lajittelusivuvirran tai pesumullan määrä.

- **Kartoitettava orgaaninen jae:** lajittelussa poistuvat mukulat ja perunanpalat, eroteltuina poistosyyn mukaan.
- **Kartoitettava maa- ja vesijae:** kuivaerotuksen multa, pesun hiekka ja liete sekä pesuveden orgaaninen kiintoaine.

Öströmin Perunatuote: kuorinta ja jatkojalostus

Öströmin Perunatuote kuori ja esikeitti 32 miljoonaa kiloa perunaa vuodessa; suurin osa sopimusviljelijöistä oli Suupohjan ja Lapväärtin alueella.

Kuvauksessa kuorinta ei käyttänyt vettä, kuoret toimitettiin rehuksi ja yrityksellä oli oma jätevedenpuhdistamo (Kespro). Tämän perusteella suositus on selvittää nykyiset kuori-, leikkuu- ja hylkyjakeet erikseen: jo rehuksi menevää kuorta ei oleteta ilmaiseksi tai käyttämättömäksi syötteeksi.

Muut paikalliset toimijat ja uusi kysyntä

Business KRS:n huhtikuun 2026 yhteistyökuvauksessa mainitaan Öströmin lisäksi KRS Potato Products, Botnia Grönsaker ja Berglunds gård; jutussa kerrotaan myös KRS Potato Productsin uudesta tuotantolaitoksesta Lapväärtissä (Business KRS: Jepro-yhteistyö). Nämä tahot ovat kartoitus- ja yhteistyökohteita, eivät tässä vaiheessa laskettavissa terminaalitoimittajiksi

Samassa jutussa Jepron mahdolliseksi perunatarpeeksi esitetään jopa 10 000 t vuodessa, mutta kyse on mahdollisesta kysynnästä eikä osoitetusta ostomäärästä tai toimitussopimuksesta (Business KRS). Jepro kuvaa tuotteensa hyönteisproteiiniksi ja -öljyksi, joten reitti tarkoittaa perunajakeen biokonversiota hyönteisbiomassaksi, ei perunan oman proteiinin tai kasviöljyn suoraa erotusta (Jepro).

Jepua ja Evijärvi: vertailut, ei Lapväärtin oletettu syötepohja

- **JEPO/Jepuan Biokaasu:** JEPO kuvasi vuonna 2018 kuorijätteestä tuotetun biokaasun johtamisen putkella perunatehtaan prosessihöyryn tuotantoon. Tämä mainittakoon tässä yhteydessä toteutuneena alueellinen integraatioreferenssinä (JEPO).
- **Evijärven Peruna:** tärkkelyksen valmistuksessa syntyvää kuitu- ja kuorijaetta hyödynnetään rehuna, solunestettä ravinnetuotteena ja pesussa erottuvaa multaa kompostoituna viherrakentamiseen. Nämä tuotekohtaiset virrat eivät vastaa sellaisenaan paikallisen ruokaperunapakkaamon pesuvettä tai kuorimassaa (Evijärven Peruna).

Mitä alueellisesta kokonaismäärästä voidaan sanoa?

Tuomiston ja Huidun julkaisussa Kristiinankaupungin ympäristölle esitettiin noin 150 miljoonan kilon perunatuotanto ja 60 miljoonan kilon lajittelu- ja kuorimosivuvirta, mutta luvut perustuvat

vuosien 2008 ja 2010 taustaviitteisiin, eivät nykyiseen toimipaikkakohtaiseen inventointiin (Tuomisto ja Huitu). Niitä ei tässä käytetä Lapväärtin mitoitusperusteena tai vapaasti saatavana raaka-aineena.

Nykyinen sopimuspohjainen sivuvirtamäärä on avoin. Yritysten eri vuosien läpivirtoja, viljelijöiden satoa ja jalostajien käsittelymääriä ei lasketa yhteen: sama peruna voi kulkea useamman toimijan kautta.

Koostumus ja käyttökelpoisuus

Mukulat: poistumisen syy ratkaisee reitin

Lajittelussa poistettu mukula voi olla vain väärän kokoinen tai muotoinen, mutta myös vihertynyt, itänyt tai pilaantunut; näitä ei pidä käsitellä yhtenä laatuluokkana. Paikallisessa jalostuskuvauksessa eri perunakokoja hyödynnetään elintarvikkeissa, kun taas Ruokavirasto varoittaa vihertyneiden perunoiden ja itujen glykoalkaloideista (Kespro; Ruokavirasto: glykoalkaloidit).

Ehdotettu vastaanottoluokitus erottaa elintarvikkeeksi arvioitavan mukulan, rehuksi arvioitavan jakeen, biokaasuun arvioitavan jäännöksen sekä erillistä kasvinterveys- tai muuta riskikäsittelyä vaativan erän. Luokitus tehdään ennen sekoittamista ja murskausta.

Kuori–, malto- ja leikkuujakeet

Luken raportin kirjallisuusvertailussa yhden perunankuorijakeen kuiva-ainepitoisuus on 17,5 % tuorepainosta, raakavalkuainen 8,8 %, raakakuitu 5,1 % ja tuhka 5,6 % kuiva-aineesta; alkuperäinen koostumusviite on vuodelta 2005 (Luke 29/2017, taulukko 1). Ne mainitaan tässä yhteydessä vertailuarvoina.

Saman vertailujakeen kalium on 25 g/kg kuiva-ainetta ja fosfori 1,7 g/kg kuiva-ainetta; laskennallisesti tuoretonnissa olisi noin 175 kg kuiva-ainetta, 15,4 kg raakavalkuaista, 4,38 kg kaliumia ja 0,30 kg fosforia (Luke 29/2017). Raakavalkuainen ei tarkoita talteen saatavan proteiini-isolaatin määrää, eikä taulukon typettömiä uuteaineita voi nimetä kokonaan tärkkelykseksi.

Kuorimassan vesipitoisuus ja mallon osuus vaihtelevat prosessin mukaan; Luken raportissa eri tutkimusten kuiva-ainepitoisuudet poikkeavat selvästi toisistaan (Luke 29/2017). Siksi märkäpainon lisäksi tulee kuiva-aineen, tärkkelyksen, proteiinin, tuhkan ja käyttökohteen kannalta olennaisten haitta-aineiden mittaaminen suorittaa myös.

Pesumulta, pesuvesi ja soluneste

Perunateollisuuden maa- ja nestejakeisiin liittyy kasvintuhoojien leviämisen riski; PERSIKAS-tutkimuksessa havaittiin muun muassa maltokaarivirusta multajakeissa ja kuorirokkoa käsittelemättömässä solunesteessä (PERSIKAS, 2022). Maa-aineksen erottamista kannattanee harkita mahdollisimman aikaisin, jotta sitä ei kuljeteta puhtaampien orgaanisten jakeiden mukana.

Tärkkelysteollisuuden soluneste on oma prosessivirtansa: Evijärven Perunan julkaisemassa tuotteessa on esimerkiksi kokonaistyppeä 4,5 kg/m^3 ja kaliumia 4,8 kg/m^3, mutta nämä eivät ole ruokaperunapakkaamon pesuveden pitoisuuksia (Evijärven Peruna). Paikallisten vesien hyödyntämispotentiaali ratkaistaan virtaama- ja pitoisuusmittauksilla, ei siirtämällä solunesteen koostumusta pesuvedelle.

Naatit ja idut

Luke toteaa perunan naattien jäävän yleensä hyödyntämättä, mutta tarkasteltu Biomassa-atlaksen kuvaus ei anna alueellista kerättävissä olevaa perunanaattimäärää (Luke: peltojen biomassat). Naattien erilliskeräys jätetään tässä toissijaiseksi selvityskohteeksi, eikä niitä lasketa terminaalin perussyötteeksi.

Ruokaviraston mukaan perunan maanpäälliset osat ja idut sisältävät glykoalkaloideja eikä niitä saa käyttää ravinnoksi (Ruokavirasto). Tästä ei myöskään johdeta automaattista rehukelpoisuutta.

Prosessointireitit ja kehitystaso

- **Elintarvikejatkojalostus:** suositeltava ensimmäinen tarkastelu turvalliselle koko- tai muotovirheiselle mukulalle; paikallinen esimerkki on ali- ja ylimittaisten perunoiden hyödyntäminen jalostetuissa perunatuotteissa (Kespro).
- **Rehukäyttö ja säilöntä:** puhtaiden, rehuksi soveltuvien jakeiden vertailureitti; paikallista kuorten rehukäyttöä on kuvattu, mutta pilaantuminen, kalium ja glykoalkaloidit rajoittavat käyttöä. Säilöntäresepti ja ruokinta suunnitellaan syöte- ja eläinlajikohtaisesti, ei yleisellä annostusohjeella (Kespro; Luke 29/2017).
- **Natiivitärkkelyksen talteenotto:** solukon rikkominen, seulonta, hydrosyklonit tai lingot sekä pesu ja vedenpoisto; tekniikka on teollisesti tunnettua, mutta paikallisen sivujakeen erotussaanto ja tuotelaatu on koestettava (MTT Raportti 67, 2012).
- **Proteiinin erotus:** soveltuvan prosessinesteen lämpö-/pH-saostus tai selektiivinen erotus; saostus voi heikentää proteiinin toiminnallisuutta, eikä erotus yksin takaa glykoalkaloideista puhdasta elintarviketuotetta (MTT 67).
- **Hydrolyysi ja fermentointi:** entsyymit muuttavat tärkkelyksen sokereiksi, joita voidaan käyttää käymistuotteisiin; tämä on eri tuotevalinta kuin natiivitärkkelyksen erottaminen. Samasta tärkkelyksestä ei lasketa sekä tärkkelysmyyntiä että koko määrän fermentointituloa (MTT 67).
- **Biokaasu:** soveltuville orgaanisille jäännöksille alueellisesti osoitettu reitti, mutta vastaanottokelpoisuus, syötön hallinta ja mädätteen jatkokäyttö sovitaan erikseen (JEPO; PERSIKAS).
- **Kuoriuutteet, tutkimusreitti:** fenoliyhdisteiden talteenottoa on tutkittu esimerkiksi vesi–etanoli-, ultraääni- ja paineistetun veden uutolla, mutta samalla voi rikastua glykoalkaloideja. Tutkimusnäyttö ei osoita valmiin paikallisen kaupallisen elintarvikeuutteen turvallisuutta tai kannattavuutta (Gaudino ym., Foods, 2020).
- **PHA/PHB-biopolymeerit, tutkimusreitti:** vuoden 2025 tutkimuksessa perunankuorta jalostettiin uutolla, hydrolyysillä ja mikrobikasvatuksella PHB:ksi 100 ml:n tuotantoviljelyissä; hydrolysaatti vaati puhdistusta ja polymeerin erotuksessa käytettiin muun muassa kloroformia ja metanolia. Reitti ei siten ole valmis Lapväärtin tehdasresepti tai osoitettu kaupallinen ketju (Saratale ym., Polymers, 2025).

Esikäsittelyn valinta: puuraaka-aineelle suunniteltua ketjua ei ole perusteltua siirtää automaattisesti perunalle. Lienee syytä aloittaa tarkastelu tärkkelyspitoisille mukula- ja

kuorijakeille mekaanisesta erottelusta ja tuotetavoitteen mukaisesta käsittelystä, eikä ottaa höyryräjäytystä tai koko virran kuivausta oletusarvoiseksi vaiheeksi.

KULJETUSLOGISTIIKKA

Syntypaikalla tehtävä erottelu

Ehdotettu toimintamalli erottaa puhtaan orgaanisen aineksen, maapitoiset jakeet ja erilaiset vedet jo tilalla tai jalostamossa. Terminaalin tarkoitus ei ole korjata alkuperäisen erilliskeräyksen puutteita.

- **Tilat ja varastot:** poistettavat mukulat erotellaan terveisiin kokovirheisiin, vihertyneisiin/itäneisiin ja pilaantuneisiin tai kasvinterveysriskisiin eriin.
- **Pakkaamot:** lajitteluperuna, pesumulta ja pesuveden kiintoaine pidetään erillään; puhdasta jaetta ei laimenneta pesuvesiin.
- **Kuorimot ja jalostamot:** kuori–malto, leikkuujakeet, kypsät jakeet ja mahdolliset suola- tai lisäainepitoiset massat kirjataan erikseen.
- **Tiedonkulku:** erälle kirjataan alkuperä, syntyaika, käsittelyhistoria, massa ja kuiva-aine sekä käyttökohteen vaatimat analyysit.

Kuljetus ja alkutuottajan oma osuus

- **Ehjät mukulat:** laatikot, kontit tai peitetty irtokuljetus vastaanottajan vaatimusten mukaan; elintarvikkeeksi arvioitava tavara säilytetään erillään teknisistä ja riskijakeista.
- **Märkä kuorimassa:** tiiviit vaihtolavat tai pumppautuvalle jakeelle soveltuva säiliö; vuotojen, hajun ja purkautuvuuden hallinta sisällytetään kuljetussopimukseen.
- **Pesumulta ja liete:** oma tiivis ketju ja vastaanottopaikka; ajoneuvojen ja kaluston puhdistus suunnitellaan osaksi kasvinterveysriskien hallintaa.
- **Traktorit:** tilan sisäiset siirrot ja lyhyet paikalliset toimitukset voivat jäädä alkutuottajalle tai urakoitsijalle, jos kalusto, kuormakoko, puhtaus ja tiekuljetuksen vaatimukset sopivat tehtävään.
- **Suorat toimitukset:** suuret yhtenäiset erät ohjataan suoraan asiakkaalle, jos terminaalin lisäpurku, varastointi ja uudelleenlastaus eivät tuota vastaavaa hyötyä.

Märkien orgaanisten jakeiden nopeaa kiertoa ja ennalta sovittua varareittiä on syytä suositellaa poikkeustilanteiden varalle. Luken raportti tunnistaa suuren vesipitoisuuden ja nopean pilaantumisen perunasivujakeiden keskeisiksi käsittelyrajoitteiksi (Luke 29/2017).

Terminaalin laitteistot ja jako syntypaikan sekä downstreamin välillä

Ensivaiheen vastaanotto ja laadunvarmistus

Seuraavassa esitetään mahdollinen perusmoduli, ei vielä valmis laitesuunnitelma. Mitoitus perustetaan toimitussopimuksiin, sesonkipiikkeihin ja erien pisimpään sallittuun odotusaikaan.

- **Punnitus ja jäljitettävyys:** vaaka tai punnituspalvelu, eräkirjaus ja näytteenotto.
- **Laatuseuranta:** kuiva-aine, lämpötila ja tarvittaessa pH sekä ulkopuolisen laboratorion tärkkelys-, ravinne-, glykoalkaloidi- ja mikrobiologiset määritykset.

- **Erilliset vastaanotot:** puhtaille mukuloille, kuorimassalle, nesteille ja maapitoisille riskijakeille omat tilat tai käsittelyajat ja puhdistusmenettelyt.
- **Varastointi:** katetut ja pestävät astiat tai tiiviit sekoitettavat säiliöt; viileäsäilytys tai säilöntä vain valitun tuotereitin mukaisesti.
- **Esikäsittely:** kivien ja vierasesineiden erotus, tarvittaessa murskain, seula, pumput ja annostelu.
- **Vesi ja puhtaanapito:** pesupaikka, jätevesien erilliskeräys ja hallinta sekä tarkoituksenmukainen pesu- ja desinfiointijärjestelmä.

Tuotekohtaiset lisämoduulit

- **Tärkkelyksen erotus:** raastin/murskain, kuituseulat, hydrosyklonit tai separaattorit ja vedenpoisto; kuivaus vain, jos asiakas tarvitsee kuivan tuotteen. Perusketju tunnetaan teollisuudessa, mutta kuorimon sivujakeen saanto ja pesuveden tarve ratkaistaan kokein (MTT 67).
- **Proteiini- tai nestefraktio:** kiintoaineen esierotus, lämmönvaihto/pH-säätö tai selektiivinen erotus, sentrifugointi ja tuotekohtainen viimeistely. Kalvot eivät ole yleinen takuu tuotteen puhtaudesta tai glykoalkaloidien poistumisesta (MTT 67).
- **Rehusäilöntä:** murskaus, tarvittaessa hyväksytty säilöntäaineen annostelu ja hapen pääsyn hallitseva varastointi; koe ja vastaanottajan spesifikaatio ennen laitehankintaa (Luke 29/2017).
- **Biokaasusyötteen valmistus:** vastaanottajan kanssa sovittu seulonta, murskaus ja tasaus; hygienisoinnin paikka ja toteutus selvitetään koko ketjulle. Terminaalin omaa mädättämöä ei oleteta tarpeelliseksi.
- **Uutto ja fermentointi:** erillinen pilottimoduuli, jonka mitoitukseen kuuluvat myös puhdistus, liuottimien hallinta ja jäännösvedet; ei ensivaiheen yleislaitteisto (Foods 2020; Polymers 2025).

Mitä kannattaa tehdä missäkin?

Järkevintä olisi varmaankin tehdä maa-aineksen erotus ja mahdollinen puhtaan, väkevän prosessijakeen talteenotto ensisijaisesti syntypaikalla. Bioterminaali hoitaa vain tarpeellisen yhdistelyn, laadunvarmistuksen ja esikäsittelyn; downstream-vastaanottaja vastaa sovitusti lopputuotteen valmistuksesta ja sen vaatimuksista.

Jos terminaalissa käsitellään myös kala- ja puujakeita, perunavirralle suunnitellaan omat materiaalireitit ja tarvittavat erilliset käsittelypinnat. Yhteinen alue ei tarkoita yhteisiä säiliöitä, pesuvesiä tai samoja puhtausvaatimuksia.

Turvallisuus, kasvinterveys ja ravinnekierto

- **Glykoalkaloidit:** kuorikerros, idut ja vihertyneet mukulat tarvitsevat erityistä huomiota; kuoriuutteen korkea yhdistepitoisuus ei yksin tarkoita turvallista tuotetta (Ruokavirasto; Foods 2020).
- **Rehuketju:** elintarvikeyrityksen, joka toimittaa tuotannon ylijäämää tai oheistuotetta rehuksi, on rekisteröidyttävä rehualan toimijaksi. Rekisteröityminen ei korvaa jaekohtaista laadun ja turvallisuuden arviointia (Ruokavirasto: rekisteröityminen ja luvat).
- **Kasvintuhoojat:** PERSIKAS-raportti ei tue yhden hygienisointilämpötilan käyttämistä takeena kaikkien perunan kasvintuhoojien tuhoutumisesta. Vuoden 2022 raportin silloisia käsittelyvaatimuksia ei esitetä vuoden 2026 yleispätevänä käyttöohjeena (PERSIKAS).

- **Mädäte ja maanparannustuote:** Ruokavirasto edellyttää lannoitevalmisteiden ainesosien käsittelyä siten, ettei niiden käytöstä aiheudu eläintautien tai kasvintuhoojien leviämisen riskiä. Pelkkä ravinnepitoisuus tai kaasuntuotto ei osoita tuotteen käyttökelpoisuutta perunapellolle (Ruokavirasto: haitalliset aineet ja hygienia).

Sovellussuositukset raaka-aineryhmittäin

Seuraavat ovat esiselvityksen priorisointisuosituksia, eivät vahvistettuja vastaanottosopimuksia tai kannattavuustuloksia. Jokaiselle reitille tarvitaan hyväksyvä asiakas ja mitattu laatutieto.

- **Terve koko- tai muotovirheinen mukula:** elintarvikejatkojalostus ensin; rehukäyttö ja tärkkelyksen erotus rinnakkaisiksi vertailuiksi, jos elintarvikereitti ei ole toteutettavissa.
- **Puhdas kuori–malto- ja leikkuujae:** nykyinen rehukäyttö vertailutasoksi, rinnalle tärkkelyksen erotuskoe; biokaasu soveltuville jäännöksille.
- **Tärkkelyspitoinen kiintoaine tai väkevä vesi:** talteenottokoe ennen laimentamista tai biologista käsittelyä; prosessilinja vasta todellisen saannon ja tuotteen ostajan perusteella.
- **Proteiinipitoinen puhdas neste:** erillinen erotus- ja turvallisuuskoe; ei lupauksia elintarvikeproteiinista raakavalkuaisanalyysin perusteella.
- **Kypsät tai suolaa sisältävät jalostusjakeet:** oma spesifikaatio ja vastaanottajan arvio; ei sekoittamista raakaan natiivitärkkelyssyötteeseen.
- **Pesumulta, hiekka ja maapitoinen liete:** mineraali-/maanparannusketjun erillinen selvitys kasvinterveys huomioiden; ei puhtaan perunajakeen prosessiin.
- **Pilaantuneet ja riskierät:** erilläänpito ja hyväksytty vastaanottoratkaisu; ei oletusarvoista rehuksi ohjausta.
- **Naatit ja idut:** ei terminaalin perussyötteeksi ilman kerättävyyden ja turvallisuuden selvitystä.
- **Hyönteiskasvatukseen soveltuva perunajae:** Jepro-yhteistyö kehitysreitiksi; syötteen hyväksyttävyys, vastaanottovalmius ja sopimukset varmistetaan ennen kapasiteetin varaamista.
- **Puhdas kuorijae tutkimukseen:** fenoliuutteet ja PHA/PHB pidetään näkyvissä erillisinä tutkimuspolkuina, ei perusliiketoiminnan varmoina tuloina.

Laitteisto ja kustannukset: arvioiden luonne eroteltuna

Bioterminaalin vastaanotto- ja esikäsittelymoduuli

Perusterminaalin euromääräistä kokonaisinvestointia ei vielä tässä vaiheessa ole mahdollista, eikä perustetuakaan arvioida, koska mm. tontti, viemäröinti, märkävarastointi, syötemäärät ja vastaanottajien toimitusvaatimukset ovat avoimia.

Tarjouksissa erotellaan kenttä ja vedet, katokset/hallit, säiliöt, materiaalinsiirto, esikäsittely, pesu, analytiikka, sähkö ja automaatio sekä turvallisuus. Käyttökustannuksiin sisällytetään kuljetus, työ, energia, vesi, kemikaalit, analyysit, huolto, hävikki ja jäännösten käsittely sekä raaka-aineen nykyisen käytön vaihtoehtoiskustannus.

Vuoden 2026 alueelliset biokaasuskenaariot

Novian vuoden 2026 raportissa esitetään kaksi seuraavaa vaihtoehtoa (Ehrs, Novia, Rapporter 13/2026):

- **B1:** oletettu syöte 12 000 t perunaa ja 22 000 t lantaseosta vuodessa, yhteensä 34 000 t; arvioitu energiantuotanto noin 10,6 GWh vuodessa ja investointi noin 6,0 M€ (Novia).
- **B2:** oletettu syöte 24 000 t perunaa ja 44 000 t lantaseosta vuodessa, yhteensä 68 000 t; arvioitu energiantuotanto noin 21,2 GWh vuodessa ja investointi noin 9,1 M€ (Novia).

Raportti ei yksilöi näiden investointisummien kaasunjalostus- ja jakelusisältöä eikä kustannusarvion muodollista tarkkuusluokkaa, eikä osoita syötteitä jo toimitussopimuksin varmistetuiksi (Novia). Näihin palattaneen myöhemmin muissa työpaketeissa.

Vedenpoiston havainnollistava massatase

Jos oletettua kuorijaetta olisi 1 000 t ja kuiva-ainetta 17,5 %, lähtöerässä on laskennallisesti 175 t kuiva-ainetta ja 825 t vettä; kuiva-ainepitoisuus on edellä mainitun kirjallisuusjakeen vertailuarvo, ei siis paikallinen mittaustulos (Luke 29/2017).

- Oletettu tavoite 25 % kuiva-ainetta: massaa jäisi 700 t ja vettä poistuisi 300 t.
- Oletettu tavoite 90 % kuiva-ainetta: massaa jäisi noin 194 t ja vettä poistuisi noin 806 t.

Laskelma olettaa kaiken kuiva-aineen säilyvän tuotteessa, eikä siitä ole suoraan johdettavissa puristimen tai kuivaimen suorituskykyä. Todellisessa vedenpoistossa osa liukoisista aineista siirtyy nesteeseen; myös sen kuljetus, hyödyntäminen tai käsittely kuuluu kustannustaseeseen.

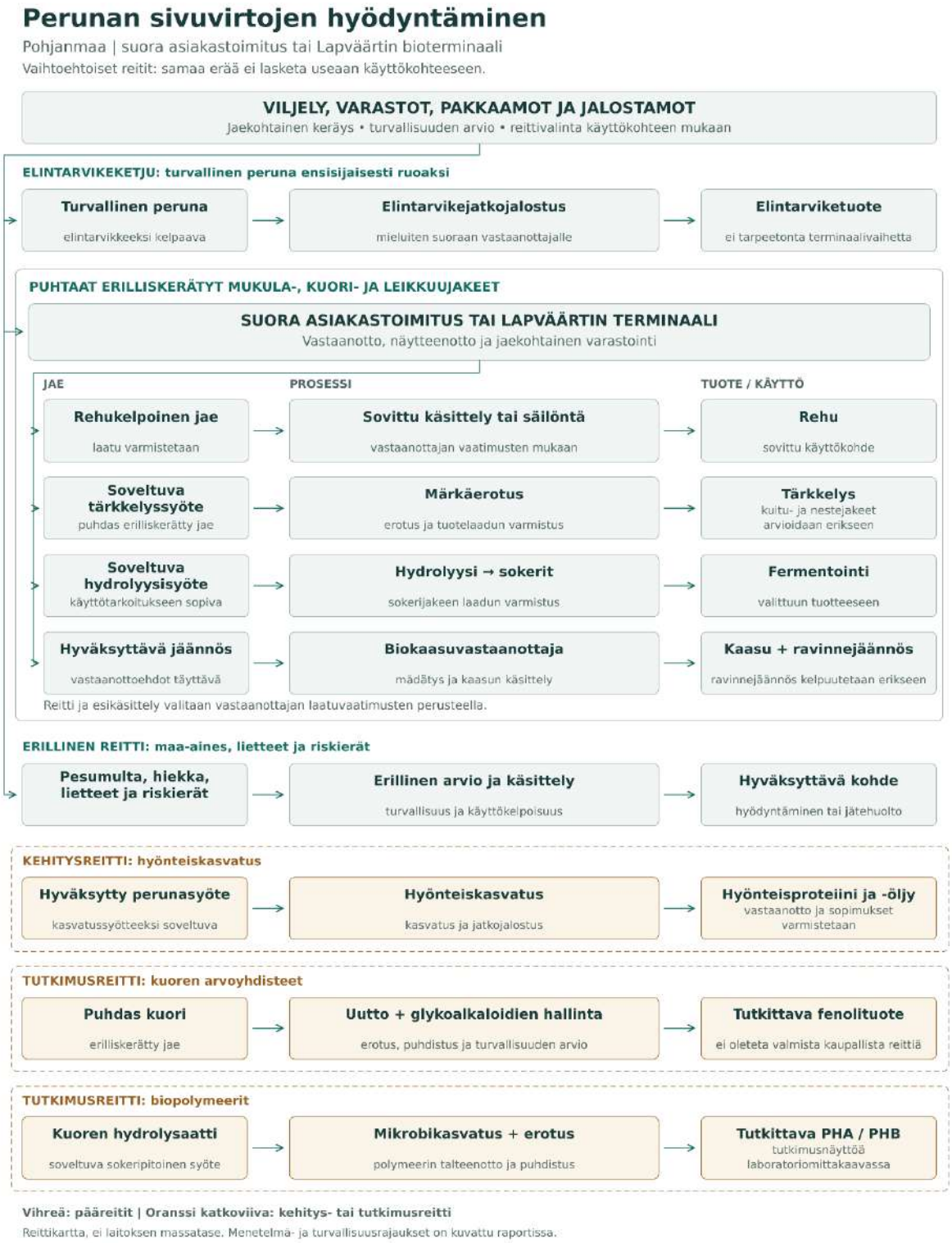
Etenemissuositus

Ensimmäinen toteutusvaihe

Laitossuunnittelu kannattaa aloittaa ydinparametrien perusteellisella selviämisellä, esim. seuraavasti:

- **Inventointi:** kultakin tilalta ja jalostamolta samalta ajanjaksolta kuukausimäärät, jaetyypit, kuiva-aine, nykyinen vastaanottaja, käsittelykulut ja siirrettävissä oleva osuus.
- **Laatukokeet:** erilliset lajittelu-, kuori-, leikkuu-, vesi- ja multajakeet; ei yhtä yhteisnäytettä koko perunaketjusta.
- **Ostajavarmistus:** rehunkäyttäjän, tärkkelys-/biokemikaaliasiakkaan, hyönteiskasvattajan ja biokaasuvastaanottajan todelliset spesifikaatiot sekä sopimusvalmius.
- **Prosessikokeet:** tarpeen mukaan tärkkelyksen erotus, säilöntäkoe ja metaanipotentiaali; myös neste- ja kiintojäännösten käyttökelpoisuus tutkitaan.
- **Sijaintivertailu:** suora toimitus, käsittely syntypaikalla ja bioterminaali yhteismitalliseen kustannusmalliin.
- **Investointi:** ensin se osa keräystä ja esikäsittelyä, jolle on varma käyttö; jalostusmoduulit erillisten päätösten kautta

Seuraavalla sivulla esitetään perunan sivuvirtojen hyödyntämispolut vuokaaviona:



Uuden bioterminaalin perunatoiminnan ensimmäinen kilpailuetu voisikin olla erilliskerätyn, jäljitettävän ja käyttökohteeseen sopivan syötteen toimittaminen, ei kaiken perunamassan keskitetty kuivaaminen. Metsä- ja kalaketjujen rinnalla peruna tarvitsee erityisesti märkälogistiikan, nopean kierron ja kasvinterveyden hallinnan; yhteinen terminaali on hyödyllinen vain, jos nämä toteutetaan ilman tarpeetonta lisäkäsittelyä ja kuljetusta.

4. BIOTERMINAALIN SUUNNITTELUKRITEERIT JA KANNATTAVUUS

Bioterminaali ja biojalostamo

Sama toimitusketju, eri päätehtävä: raaka-aineen toimitus vai tuotteiden valmistus.

NÄKÖKULMA	BIOTERMINAALI [1] Logistiikka ja raaka-aineen valmistelu	BIOJALOSTAMO [2] Integroitu jalostus ja tuotteet
Päätehtävä	Kokoaa biomassavirrat ja varmistaa sovitun raaka-ainetoimituksen.	Jalostaa biomassasta myytäviä tuotteita ja energiaa integroidussa kokonaisuudessa.
Tyypilliset toiminnot	Vastaanotto, laadunvarmistus, varastointi ja esikäsittely.	Yhdistetyt erotus- ja jalostusprosessit, esimerkiksi uutto tai fermentointi.
Mitä toimitetaan asiakkaalle?	Laatuvaatimukset täyttävää biomassaa tai esikäsiteltyä syötettä.	Väli- ja lopputuotteita: materiaaleja, kemikaaleja, ruoka-/rehujakeita ja energiaa.
Mistä lisäarvo syntyy?	Laadusta, säilyvyydestä, eräkoosta ja toimitusvarmuudesta.	Komponenttien talteenotosta, tuoteominaisuuksista ja yhteistuotteista.
Asiakkaat	Biojalostamot ja muut materiaalin tai polttoaineen käyttäjät.	Tuotteita hyödyntävä teollisuus, energia-asiakkaat ja muut loppuasiakkaat.
Ansaintalogiikka	Palvelu- ja käsittelymaksut sekä raaka-ainekauppa.	Tuotteiden ja energian myynti sekä mahdollinen sopimusjalostus.
Investoinnin painopiste	Varastot, kentät, materiaalinkäsittely ja tarpeenmukainen esikäsittely.	Prosessit, erotus ja puhdistus sekä energia- ja apujärjestelmät.
Kannattavuuden ajurit	Toimitettu laatu ja määrä, logistiikka, käsittelykulut ja käyttöaste.	Saanto, tuotelaatu ja myynti, prosessikulut ja käyttöaste.

YKSI MAHDOLLINEN TOIMITUSKETJU

Syntypaikat (Raaka-aineet ja sivuvirrat) → BIOTERMINAALI (Koonti ja esikäsittely) → BIOJALOSTAMO (Jalostus ja tuotteistus) → Asiakkaat (Tuotteiden hyödyntäjät)

Terminaali voi toimittaa myös suoraan asiakkaalle; kaikki biomassa ei kulje biojalostamon kautta.

Raja ei kulje yhdessä laitteessa tai tontin rajalla.
Esikäsittely voi nostaa arvoa. Sama alue tai yrityskokonaisuus voi sisältää molemmat roolit.

Raporttiyhteys: "Bioterminaali yhdistää biomassan tarjonnan ja käyttötarpeet" sekä metsä-, peruna- ja kalasivuvirtaraportit.
Käsitteellinen synteesi, ei laitos- tai lupaluokitus. Toiminnot ja ansaintatavat ovat esimerkkejä, eivät pakollisia ominaisuuksia.
[1] Impola & Tiihonen, VTT 2011: https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2011/VTT-R-08634-11.pdf
[2] IEA Bioenergy Task 42, Biorefineries: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/Task-42-Booklet.pdf

Ylläolevassa kuvassa esitetään bioterminaalin ja biojalostamon konseptuaaliset erot. Kuten edellä on useassa kohdassa todettu, bioterminaali on usein tavallaan biojalostamon esiaste. Se on kuitenkin enemmän deskriptiivinen toteamus kuin suunnitteluparametri. Bioterminaali ja biojalostamo voivat toimia myös yhtenä integroituna kokonaisuutena, jolloin niiden keskinäisellä semantiikalla ei ole merkitystä.

Seuraavassa käsitellään bioterminaalin toimintalogiikkaa erillisenä, itsenäisenä osana, koska sitä kautta on helpompi hahmottaa esimerkiksi Lapväärtin mahdollisen bioterminaalin kilpailukykyä, kannattavuutta ja logistisia erityispiirteitä.

Bioterminaali yhdistää biomassan tarjonnan ja käyttötarpeet

Biomassan hyödyntäminen ei riipu vain siitä, kuinka paljon raaka-ainetta syntyy. Yhtä tärkeää on saada se oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan ja käyttötarkoitukseen sopivassa muodossa. Bioterminaali toimii tässä toimitusketjun solmukohtana: se kokoaa biomassavirtoja, sovittaa

yhteen tarjontaa ja kysyntää sekä valmistelee raaka-ainetta jatkokäyttäjän tarpeisiin (Valipour ym., 2024: kirjallisuuskatsaus biomassan toimitusketjujen terminaaleista).

Bioterminaali on siten enemmän kuin varastokenttä, mutta kuten sanottu, sen ei tarvitse olla varsinainen biojalostamo. Sen tehtävä voi olla rajattu vastaanottoon, varastointiin ja toimitusten yhdistelyyn, tai siihen voi sisältyä myös lajittelua ja esikäsittelyä. Toiminnan laajuus määräytyy raaka-aineiden ja asiakkaiden tarpeiden perusteella, ei sen mukaan, kuinka monta teknologiaa samalle alueelle voidaan sijoittaa (Impola ja Tiihonen, 2011: Biopolttoaineterminaalit, VTT-R-08634-11; Valipour ym., 2024).

Mitä bioterminaalissa tehdään?

Bioterminaalin toimintaa voi hahmottaa ketjuna: vastaanotto ja laadun tarkistus, tarvittava lajittelu ja esikäsittely, tarkoituksenmukainen varastointi sekä toimitus asiakkaalle. Kaikkien erien ei kuitenkaan tarvitse kulkea jokaisen vaiheen kautta, ja osa käsittelystä voi olla järkevintä tehdä jo syntypaikalla tai vasta jatkojalostajalla (U.S. Department of Energy: Feedstock Logistics; Impola ja Tiihonen, 2011).

Keskeiset tehtävät voidaan tiivistää neljään kokonaisuuteen:

- **Vastaanotto ja laadunvarmistus:** tunnistetaan raaka-aine, sen määrä ja ominaisuudet sekä varmistetaan soveltuvuus suunniteltuun käyttöön. Asiakkaan prosessi määrittää, millainen syöte on käyttökelpoinen..
- **Lajittelu ja esikäsittely:** esimerkiksi seulonnalla, epäpuhtauksien poistolla, koon säädöllä, vedenpoistolla tai tiivistämisellä voidaan muokata raaka-ainetta asiakkaan vaatimuksia vastaavaksi. Menetelmät valitaan materiaalin ja jatkokäytön mukaan (U.S. Department of Energy; World Bioenergy Association, 2018: Biomass Supply Chains).
- **Varastointi ja toimitusvarmuus:** sopiva puskurivarasto voi tasata tuotannon, korjuun, kuljetusten ja asiakkaan kulutuksen eriaikaisuutta. Varastointi suunnitellaan kuitenkin niin, että raaka-aineen määrä ja laatu säilyvät (Impola ja Tiihonen, 2011; U.S. Department of Energy).
- **Toimitusten koordinointi:** pienistä eristä voidaan muodostaa suurempia toimituksia ja sovittaa kuljetuksia asiakkaiden vastaanottokykyyn. Terminaali voi myös yhdistää eri kuljetusmuotoja, jos sijainti ja materiaalimäärät sitä tukevat (Valipour ym., 2024).

Lisäarvo syntyy asiakkaan tarpeesta

Biomassan arvo ei siis määräydy pelkän tonnimäärän perusteella. Kosteus, epäpuhtaudet, partikkelikoko, kemiallinen koostumus ja säilyvyys vaikuttavat siihen, miten materiaalia voidaan käsitellä ja millaiseen prosessiin se sopii (U.S. Department of Energy; Valipour ym., 2024). Terminaalin palvelun lähtökohdaksi kannattaa siksi ottaa asiakkaan laatuvaatimus ja ratkaista vasta sen jälkeen, mitä raaka-aineelle on tarpeellista tehdä.

Esimerkiksi vaihtelevan kokoisesta kuivasta irtomateriaalista voidaan seulonnalla ja koon säädöllä valmistaa tasaisemmin käsiteltävä syöte. Jos asiakkaalle puolestaan kelpaa kostea materiaali, koko erän kuivaaminen voi olla tarpeeton lisävaihe. Nämä ovat esimerkkejä siitä, miksi esikäsittelyketju valitaan käyttötarkoituksen eikä yhden yleisratkaisun perusteella (U.S. Department of Energy, World Bioenergy Association, 2018).

Laajemmassa toimintamallissa terminaali voi toimittaa biojalostamolle määriteltyjä raaka-ainejakeita tai toimia uusien jalostusreittien kehitysalustana. Biomassan muuttaminen

arvokkaammiksi kuiduiksi, kemikaaleiksi tai muiksi välituotteiksi vaatii kuitenkin raaka-aineen analysointia, sopivaa erotus- ja jalostustekniikkaa sekä usein pilotointia ennen teolliseen mittakaavaan siirtymistä (VTT: Biomassan jalostus ja jätevirtojen hyödyntäminen). Kaikkea jatkojalostusta ei siksi ole tarkoituksenmukaista sijoittaa itse terminaaliin.

Logistiikka ratkaistaan koko tuotantoketjun tasolla

Hajallaan syntyvät pienet erät, alhainen irtotiheys ja suuri vesipitoisuus voivat tehdä biomassan kuljetuksesta kallista suhteessa toimitettavaan hyötyaineeseen. Erien yhdistely ja tarkoituksenmukainen esikäsittely voivat parantaa kuljetusten täyttöastetta ja materiaalin käsiteltävyyttä (World Bioenergy Association, 2018; Valipour ym., 2024).

Käytännön suunnitteluohjeeksi voidaan ottaa turhan veden ja tyhjän tilan kuljettamisen vähentäminen sekä raaka-aineen säilyvyyden turvaaminen. Ohje ei kuitenkaan tarkoita, että kaikki biomassa pitäisi kuivata tai tiivistää syntypaikalla: esikäsittely kuluttaa resursseja, ja sopivin käsittelypaikka riippuu toimitusketjun olosuhteista (U.S. Department of Energy).

Kuvitteellisessa keräilyketjussa usean pienen tuottajan erät voidaan koota terminaalissa täydeksi asiakaskuormaksi. Jos taas yksi toimija tuottaa säännöllisesti täysiä, valmiiksi asiakkaan vaatimukset täyttäviä kuormia, suora toimitus voi olla perustellumpi vaihtoehto. Vertailussa on huomioitava terminaalin aiheuttama lisäpurku, varastointi ja uudelleenlastaus sekä niitä vastaan saatavat laatu- ja toimitusvarmuushyödyt (Impola ja Tiihonen, 2011).

Bioterminaali ei siis automaattisesti alenna kustannuksia tai päästöjä. Sen hyödyt riippuvat muun muassa kuljetusmatkoista, käsittelytekniikasta, käyttöasteesta ja varastoinnista, ja vertailu on tehtävä koko toimitusketjulle suoran toimituksen vaihtoehto huomioiden (Valipour ym., 2024). Hieman kalliimpi ketju voi silti olla perusteltu, jos sillä turvataan asiakkaan toiminta tilanteissa, joissa suorat toimitukset häiriintyvät (Impola ja Tiihonen, 2011).

Määrä, sijainti ja säilyvyys ohjaavat suunnittelua

Terminaalin koko ja tekninen ratkaisu tulee suhteuttaa saatavilla olevaan biomassaan, sen kausivaihteluun ja asiakkaiden kysyntään. Sijaintia arvioitaessa tarkastellaan yhtä aikaa raaka-aineiden syntypaikkoja, käyttöpaikkoja, kuljetusyhteyksiä ja alueen soveltuvuutta toimintaan (Valipour ym., 2024; Impola ja Tiihonen, 2011).

Alueellisen tarkastelun lähtöaineistona voidaan käyttää esimerkiksi Luken Biomassa-atlasta, joka kokoaa tietoa metsä- ja peltobiomassoista sekä teollisuuden ja yhdyskuntien biohajoavista virroista (Luke: Biomassa-atlas). Investoinnin pohjaksi tarvitaan lisäksi toimittajakohtainen selvitys: paljonko soveltuvaa materiaalia voidaan todella toimittaa, milloin ja millaisin ehdoin.

Varastointikapasiteettia ei pidä mitoittaa vain vuosittaisen tonnimäärän perusteella. Tarjonnan ja kulutuksen ajoitus, materiaalin tilavuus, varaston kierto sekä laadun säilyminen vaikuttavat tarvittavaan tilaan ja toimintatapaan (Impola ja Tiihonen, 2011; World Bioenergy Association, 2018). Esimerkiksi hyvin säilyvän raaka-aineen kausivarasto ja nopeasti laadultaan muuttuvan materiaalin lyhytaikainen tasausvarasto ovat eri suunnittelutehtäviä.

Ympäristö ja turvallisuus kuuluvat suunnitteluun alusta lähtien: liikenne, melu, pöly, vesien hallinta sekä varastojen lämpeneminen ja paloriski vaikuttavat terminaalin toteutukseen ja käyttöön (Impola ja Tiihonen, 2011; World Bioenergy Association, 2018). Suunnittelussa on myös

syytä erottaa toisistaan materiaalit, joiden laatu-, puhtaus- tai säilytysvaatimukset eivät sovi yhteiseen käsittelyyn.

Mistä liiketoiminta muodostuu?

Bioterminaali voi olla itsenäinen yritys, tuottajien yhteinen ratkaisu tai osa raaka-ainetta käyttävän teollisuusyrityksen toimitusketjua. Omistusmalli vaikuttaa siihen, kenen tarpeita terminaali ensisijaisesti palvelee ja miten ketjun kustannukset, hyödyt ja riskit jakautuvat (Valipour ym., 2024).

Liiketoiminnan suunnittelussa on hyödyllistä erottaa kolme mahdollista ansaintatapaa:

- **Palvelutoiminta:** asiakas maksaa sovitusta vastaanotosta, varastoinnista, käsittelystä tai kuljetusten järjestämisestä.
- **Raaka-ainekauppa:** terminaali ostaa biomassaa ja myy asiakkaan vaatimuksia täyttävää raaka-ainetta, jolloin sen on hinnoiteltava myös varastoon ja laatuun liittyvä riski.
- **Esikäsittely tai jatkojalostus:** tulo perustuu materiaalin muokkaamiseen arvokkaammaksi välituotteeksi tai sopimusvalmistukseen asiakkaalle.

Nämä ovat toimintamallin jäsentelytapoja, mutta luonnollisestikaan kaikkia tulovirtoja ei välttämättä synny samassa terminaalissa. Sopimuksissa kannattaa määritellä ainakin materiaalin omistus, toimitettava laatu, maksun peruste, hylkäyserien käsittely ja vastuu varastoinnin aikana.

Kannattavuutta arvioitaessa hankinta-, kuljetus-, käsittely- ja varastointikulujen rinnalle tulevat investoinnit, henkilöstö, energia, kunnossapito ja materiaalihävikki. Yleispätevää kannattavan terminaalin kokorajaa tai kustannusmallia ei ole, vaan kokonaisuus on arvioitava tapauskohtaisesti (Impola ja Tiihonen, 2011; Valipour ym., 2024).

Suunnittelussa kannattaa testata myös heikomman käyttöasteen, vaihtelevan laadun ja muuttuvien kuljetus- tai energiahintojen vaikutukset. Vaiheittainen toteutus voi olla järkevä: aluksi yhteiskäyttöistä tai liikkuvaa käsittelykalustoa ja vasta varmennetun tarpeen perusteella kiinteitä laitteistoja; VTT:n terminaaliohjeessa liikkuva kalusto tunnistetaan vaihtoehdoksi pienille tai ajoittain toimiville terminaaleille (Impola ja Tiihonen, 2011).

Bioterminaali on ennen kaikkea yhteistyöratkaisu

Bioterminaalin toimivuus perustuu siihen, että tuottajien tarjonta, terminaalin palvelut ja asiakkaiden vaatimukset sopivat yhteen. Toimijoiden tavoitteet eivät aina ole samat, joten yhteistyö ja kustannusten sekä riskien jakaminen ovat olennaisia myös teknisesti toimivassa ketjussa (Valipour ym., 2024).

Hyvä lähtökysymys ei siksi ole vain ”mitä terminaaliin voidaan tuoda”, vaan ”minkä toimitusketjun ongelman terminaali ratkaisee ja kenelle se tuottaa hyötyä”. Tässä artikkelissa kuvatut periaatteet muodostavat pohjan seuraaville raaka-ainekohtaisille tarkasteluille: niissä selvitetään erikseen syötteiden koostumus, saatavuus, turvallisuus, esikäsittely ja jatkokäyttö. Bioterminaalin tehtävä on yhdistää nämä tiedot toimivaksi toimitusketjuksi, ei ohjata kaikkea biomassaa saman käsittelylinjan läpi.

Erityisesto bioterminaalien merkitys korostuu teollisten symbioosien raaka-ainevirtojen tasaajana. Erisykliset prosessit on käytännössä hankala yhdistää ilman toivivaa välivarastointia, mihin usein kytkeytyy myös ulkoistettuja tuotantoprosesseja.

Kuljetus- ja prosessointiesimerkki

Jae	Mitä tehdään syntypaikalla	Kuljetusmuoto	Mikä ohjaa optimointia
Metsätähde	Tienvarsivarastointi ja kuivuminen. Haketus tienvarressa tai terminaalissa matkan mukaan	Hakeauto tai konttiauto. Pitkillä matkoilla juna tai vesitie	Kosteus, irtotiheys, matka ja haketuspaikka
Kalatalouden sivuvirrat	Jauhatus alle 10 mm ja muurahaishappo, pH ≤ 4, eli happosäilöntä	Pumpattava neste säiliöautossa, IBC-konteissa tai tynnyreissä	Pilaantuminen, sivutuotesääntely ja happokustannus
Perunan sivuvirrat	Kuorimassan erotus ja vedenpoisto. Soluneste ja multavesi pidetään erillään	Säiliöauto lietteelle, kippiauto vedenpoistetulle massalle	Kuiva-aine vain noin 10–20 %, joten vedenpoisto ratkaisee

Metsätähde

- Haketuspaikka valitaan matkan mukaan:
  - Alle noin 60 km matkalla edullisinta on yleensä viedä irtotähde ja hakettaa se käyttöpaikalla.
  - Pidemmillä matkoilla tienvarsihaketus ja hakeauto on edullisempi.
  - Noin 135–165 km:stä alkaen juna voi olla halvin.silvafennica
- Konttiketjut olivat 5–19 % edullisempia kuin perinteiset ketjut. Toimitetun hakkeen hinta vaihteli 15,3–20,0 €/MWh. Satelliittiterminaalin käyttö laski kuljetuskustannuksen 4,2 €/MWh:sta 2,7 €/MWh:iin.silvafennica
- Tieliikenteessä kustannus on herkkä matkalle: 50 km:stä 250 km:iin se nousi noin 50 %, vesitiekuljetuksessa vain 13 %.dissertationesforestales
- Kun tienvarsivarastojen kosteus ja sijainti tunnetaan, niukka materiaali voidaan ohjata viisaammin ja energiasaanto nousee.dissertationesforestales

Kalatalouden sivuvirrat

- Happosäilöntä muuttaa pilaantuvan materiaalin nesteeksi, jota voi pumpata ja kuljettaa maanteitse tai meritse. Kun pH on vakiintunut alle 3,5:n, säilörehu säilyy vähintään 6 kuukautta.openknowledge.fao
- Pienillä syntypaikoilla, kuten kalankasvattamoilla, perkaamoilla ja kalasatamissa, riittää halpa varustus: mylly, happosäiliö ja haponkestävä varastosäiliö. Silloin keräily voidaan tehdä harvoin ja täysin kuormin, koska materiaali ei pilaannu.

- Sääntely vaikuttaa reittisuunnitteluun. EU:n sivutuoteasetuksen 142/2011 mukaan raaka-aine on kerättävä päivittäin ja säilöttävä viipymättä. Vastaanottopaikalla säilöttyä materiaalia inkuboidaan vähintään 24 h ja lämpökäsitellään yli 85 °C:ssa 25 minuuttia. Säilöntä kannattaa siksi tehdä syntypaikalla, ja terminaalista tulee sivutuotelaitos, joka tarvitsee hyväksynnän.legislation.gov
- Kuljetuskustannus on rajoittanut kalasäilörehun käyttöä historiallisesti. Öljyn erottaminen ja nestefaasin konsentrointi syntypaikan lähellä parantaa kuorman arvoa.frdc.com

Perunan sivuvirrat

- Perunankuoressa on vettä 77–85 %. Märkäkuorinnan jätemassassa kuiva-ainetta on vain noin 10–15 %. Kun neste separoidaan, jäljelle jää koossa pysyvä ja helposti siirrettävä massa.novia+1
- Jakeet kannattaa pitää erillään: kuorimassa, soluneste (lannoitteeksi) ja multavesi. Multa estää rehukäytön. Erilliskeräily nostaa terminaaliin tulevan kuorman arvoa.jukuri.luke
- Lipeäkuorinnan massa on erittäin vaikea kuivata mekaanisesti. Se voi sopia paremmin paikalliseen biokaasutukseen kuin terminaalikuljetukseen.publications.gc
- Euroopassa jauhettua kuorilietettä kuljetetaan säiliöautoilla 28–35 tonnin kuormina, ja se suositellaan käytettäväksi 6 kuukauden kuluessa.studenttheses.uu

Optimointimalli

1. **Lähtötiedot GIS:ään:** syntypaikat, määrät kuukausittain, kuiva-aine, tieverkko ja kantavuusrajoitukset. GIS:ää käytetään yleisesti syöttöjen ja laitosten tarkkaan paikannukseen.ieabioenergy
2. **Terminaalin sijainti:** sijaintimalli jossa painona käytetään kuiva-ainetonneja, ei märkätonneja. Kolmen jakeen yhteisterminaali kannattaa, jos keräilyalueet menevät päällekkäin, esimerkiksi rannikolla tai perunanviljelyalueilla.
3. **Esikäsittelyn sijainti:** jokaiselle jakeelle lasketaan, kannattaako säilöntä, vedenpoisto tai haketus tehdä syntypaikalla vai terminaalissa. Raja on kohdassa, jossa kuljetussäästö ylittää esikäsittelyn kiinteät kulut.
4. **Keräilyreitit:** reititysmalli (VRP), jossa pienet kohteet ajetaan samalla keräilykierroksella (milk-run). Mukaan otetaan aikaikkunat (kalalle sääntely, perunalle tuotantokausi) ja kalustotyyppi.
5. **Kausivaihtelu:** syntymäärät vaihtelevat kausittain (metsätähde talvella, peruna syksyllä ja talvella, kala kasvatussyklin mukaan). Varastointi kannattaa sijoittaa syntypaikalle, jos materiaali on stabiloitu, ja terminaaliin vasta kun tarvitaan tasausta.
6. **Herkkyysanalyysi:** tärkeimmät muuttujat ovat matka, kuorman koko ja kosteus. Kun ajomatka kasvaa 25–50 %, toimituskustannus nousee 5–11 %.mdpi

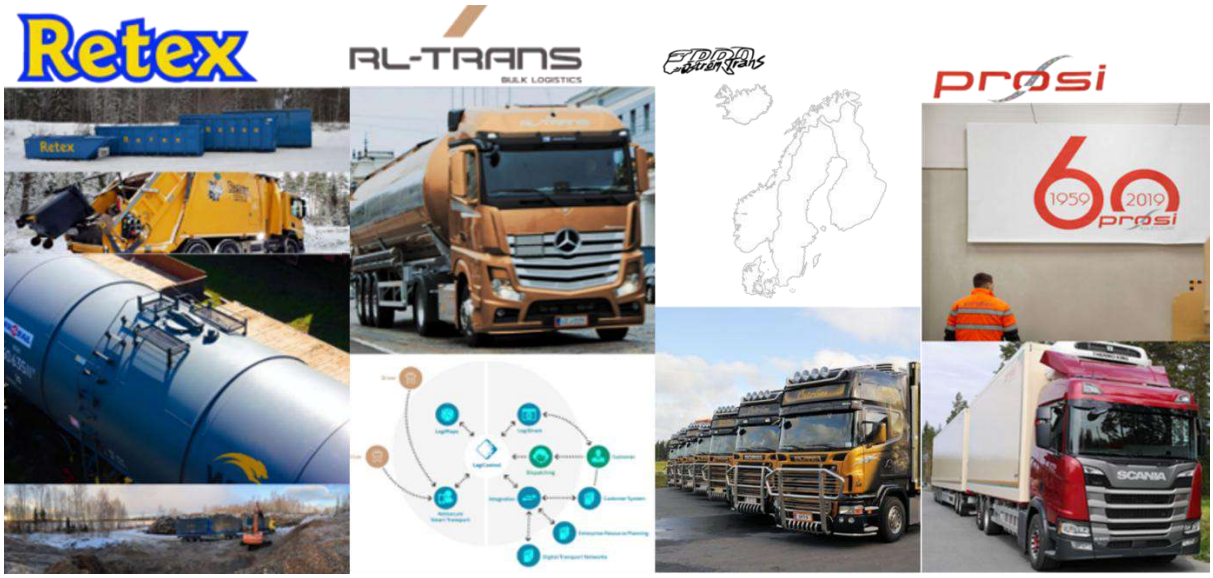
Kaikki kolme jaetta noudattavat samaa sääntöä: jokainen sivuvirta stabiloidaan ja tiivistetään syntypaikalla niin, että sitä voi varastoida ja kuljettaa täysinä kuormina. Terminaali kokoaa ja tasaa virrat.

Tämä lyhyt vertailu täydentää aiempia koostumus- ja prosessointiselvityksiä: metsä- ja kasvibiomassat, perunan sivuvirrat, kalatalouden sivujakeet sekä niistä erotetut tai esikäsitellyt biomateriaalit.

Kuten paortin alussa on todettu, upstream tarkoittaa tässä korjuuta, keräystä ja kuormausta syntypaikalla. Seuraava osuus on maantiekuljetus terminaaliin; downstream-osuus tarkoittaa

terminaalista biojalostamolle tai loppuasiakkaalle lähtevää kuljetusta. Kaikkia jakeita ei tarvitse kierrättää terminaalin kautta: suosittelen vertaamaan myös suoraa toimitusta.

5. KULJETUSLOGISTIIKKA



Kristiinankaupunkilaisia kuljetusyhtiöitä, vasemmalta Retex Oy, RL-Trans Oy, Öströ, Pro Trans Oy ja Sampo Prosi Oy.

SmartBioLog-hankkeen seuraavissa työpajoissa tullaan tekemään läheistä yhteistyötä paikallisten logistiikkayhtiöiden kanssa uuden liiketoiminnan kehittämiseksi. Logistiikkayhtiöiden erikoistumisten vuoksi bioterminaalin sijainnilla ja toiminnalla tulee mahdollisesti olemaan suuri merkitys onnistuneiden kuljetusratkaisujen kehittämiseksi. Syötteiden esikäsittelyllä voidaan syötteistä muokata oikeanlaisia eri kuljetustyyppejä varten, ja samalla voidaaan myös kehittää logistiikkayhtiöiden keskinäistä työnjakoa biomassalogistiikan osalta.

Alla yleisluonteinen esittely alueen logistiikkayhtiöistä:

Yritys	Julkisesti kuvattu palvelu tai kalusto	Upstream: korjuu ja keräys	Syntypaikalta terminaaliin: soveltuvuusarvio	Terminaalista jalostamolle tai asiakkaalle: soveltuvuusarvio
Retex	Kontit, nostopalvelut, huuhtelu- ja imupalvelut sekä hakekuljetukset metsästä lämpölaitoksille. Kuivaimua tarjotaan myös	Konttikeräyksen ja kuormauksen tukipalvelut; ei varsinaista biomassan korjuukalustoa pl.	Vahva ehdokas hakkeelle ja erilliskerätyille kiinteille sivuvirroille. Imupalvelujen soveltuvuus prosessilietteelle	Hake- ja energiajae sekä sovitut kierrätysjakeet. Ei tämän aineiston perusteella ensisijainen puhtaille elintarvike- tai

Yritys	Julkisesti kuvattu palvelu tai kalusto	Upstream: korjuu ja keräys	Syntypaikalta terminaaliin: soveltuvuusarvio	Terminaalista jalostamolle tai asiakkaalle: soveltuvuusarvio
	yhteistyökumppanien kautta (Retex).	Kuntien biojäte	tarkistettava erikseen.	erikoismateriaalijakeille.
Kuljetusliike Sampo Prosi	Elintarvikkeiden lämpösäädellyt kuljetukset; varikko Lapväärtissä ja kuljetuksia useille Suomen päämarkkina-alueille (Prosi).	Ennen kaikkea nouto valmiilta lastauspaikalta, ei varmennettua pelto- tai metsäkorjuuta.	Ehdokas pakatuille, lämpötilahallituille erille. Kalasivutuotteet edellyttävät erillistä soveltuvuuden ja rekisteröintien tarkistusta.	Vahva ehdokas pakatuille, lämpötilaherkille tuotteille ja erotetuille biomateriaalierille. Märän irtobiomassan tai lietteen kalustoa ei varmistettu.
RL-Trans	Kuivan irtotavaran siilo-, imu- ja painekalustoa; jauheet, rakeet, rehut ja elintarvikkeet. Oma kuivabulk-terminaali Lapväärtissä sekä pesu- ja huoltotilat (bulk-kuljetukset, terminaali ja lisäpalvelut). www.rltrans.fi	Ei ensisijainen korjuutoimija; imu voi palvella jo kuivattujen, soveltuvien irtotuotteiden lastausta.	Vahva ehdokas jo syntypaikalla kuivatuille ja virtausominaisuuksiltaan soveltuville jauheille tai rakeille. Ei oletusarvoinen ratkaisu märälle kuorimassalle tai käsittelemättömälle metsätähteelle.	Näistä selkein ehdokas kuivan tärkkelyksen, rehu- tai proteiinijauheen sekä muiden soveltuvien kuivatuotteiden runkokuljetukseen. Jokainen uusi biomateriaali hyväksytettävä erikseen.
Öström Pro Trans	Vaihtolava-, lämpösäädellyt ja elintarvikekuljetukset; toiminta-alue Skandinavia (Öström Pro Trans).	Vaihtolava voidaan sijoittaa keräyspisteelle; varsinaista korjuukalustoa ei varmistettu.	Vahva ehdokas vaihtolavakelpoisille kiinteille sivuvirroille sekä pakatuille lämpötilaherkille erille. Kuorimassan kuljetukseen lavan tiiviys ja purkutapa tarkistettava.	Ehdokas pakattujen tuotteiden jakeluun sekä soveltuvien kiinteiden irtojakeiden kuljetukseen. Nestesäiliökalustoa ei varmistettu.

Alkutuottajan oma kalusto ja Tero Liukas Oy:n esimerkki

- **Oma traktori ja kuormain:** alkutuottajan omalla kalustolla kannattaa tehdä pellon tai metsän sisäisiä siirtoja, paalien ja korjuutähteiden kokoamista, lajitteluperunan lyhyitä siirtoja sekä lastausta tienvarsivarastoon tai keräilykonttiin. Lyhyellä matkalla traktori voi olla kilpailukykyinen, kun taas suuret määrät ja pidemmät matkat suosivat raskaampaa maantiekalustoa; yhtä yleispätevää kilometrirajaa ei pidä käyttää (Savonia, biokaasulogistiikka 2026).
- **Lietekärry tai säiliöperävaunu:** tilakohtaisten lyhyiden syöte- ja mädätesiirtojen kannattaa myös perustaa omaan ajoon, urakointiin ja tienvarren puskurisäiliöön perustuvaan noutoon. Hygienia ja tilojen väliset puhdistukset kuuluvat vertailuun, eivät vain kuljetushinta (Savonia).
- **Kuljetus Tero Liukas Oy:** ammattimaisen lietelogistiikan esimerkki, ei pelkkä oletus alkutuottajan traktorikalustosta. Yritys ilmoittaa maatila-, teollisuus- ja biokaasulaitoslietteiden siirrot, pumppauksen ja 31–57 m^3:n säiliötilavuudet; julkaistu toiminta-alueluettelo ei sisällä Pohjanmaata mutta yritys on kiinnostava mahdollinen yhteistyökumppani (Kuljetus Tero Liukas).
- **Oma ajo ja urakointi:** liikennelupa ja polttoaineverotus on tarkistettava erillisinä asioina. Traficomin mukaan enintään 60 km/h:n traktorilla tavarankuljetus ei edellytä liikennelupaa, mutta polttoöljyn käyttöehdot riippuvat kuljetuksen käyttötarkoituksesta (liikennelupa, traktorin polttoaineverotus).

Mitä alueellisesta ketjusta on vielä varmistettava?

Seuraavat ovat kartoitettavia palvelutarpeita, eivät osoitettuja puutteita koko alueen tarjonnassa.

- **Korjuu ja tilavuuden pienentäminen:** verkostoon tarvitaan myös metsäkuljetus-, haketus-, paalaus- ja tarvittaessa vedenpoistourakoitsijat.
- **Pumpattavat prosessijakeet:** solunesteelle, kalasäilörehulle, hydrolysaateille ja mädätteelle on pyydettävä materiaalikohtainen säiliökuljetustarjous. (Retex, RL-Trans).
- **Kalasivutuotteiden erillisketju:** kylmäauto ei yksin ratkaise vaatimuksia. Astioiden tiiviys, erillläänpito, puhdistus, asiakirjat ja kuljetusreitin mukainen rekisteröinti on varmistettava; rekisteröintivaatimuksissa on määränpäästä ja toiminnasta riippuvia poikkeuksia (Ruokavirasto, sivutuotekuljetukset).
- **Terminaalin vastaanotto ja pienet arvotuote-erät:** RL-Transin olemassa oleva kuivabulk-terminaali kannattaa selvittää ennen uuden kuivan logistiikan infrastruktuurin suunnittelua, mutta se ei yrityshaastattelun mukaan sovellu märille tai eläinperäisille jakeille (RL-Trans). HAp:n, suomuperäisen hiilimateriaalin ja muiden PoC-erien lähtömalliksi lienee kannattavinta suunnitella suljettuja, jäljitettäviä pienpakkauksia tai lavakuormia, ei automaattisesti irtobulk-kuljetusta.

6. CASE PUUBIOMASSAN LÄMPÖKÄSITTELY





BIO2REG-yhteistyön yhteydessä on Business Kristinestadin ja Research Institutes of Swedenin (RISE) välillä keskusteltu tulistetun höyryn käyttömahdollisuuksista Swedish Exergy Ab:n PSSD-prosessin avulla. Seuraavassa tarkastellaan PSSD:n ominaisuuksia aiemmin referoituun höyryräjäytystekniikaan verrattuna.

Puumassan hemiselluloosa on erittäin ravinnepitoinen osa, siitä saadaan eri erotusteknologioilla esimerkiksi **ksyloosia, mannoseja, arabinoseja, oligosakkarideja, furfuraalia, ksylitolia, etanolia, maitohappoa ja biomuoveja**. Havupuumetsätähteessä mannoosipohjaiset virrat ovat suhteellisen merkittäviä, kun taas oljissa, järviruoossa ja lehtipuussa ksyloosi on usein pääsokeri.

Erotusteknologioiden osalta on sytä huomata, että hemiselluloosa on herkempi hajoamaan kuin selluloosa: liian kova höyryräjäytys tai happo voi muuttaa sokerit furfuraaliksi, HMF:ksi tai orgaanisiksi hapoiksi, mikä laskee sokerisaannon ja vaikeuttaa fermentointia.

Höyryräjäytyslaitteistot ovat yleensä jatkuvatoimisia, paineistettuja reaktorilinjoja. Suurin osa teollisista toimituksista tulee **Valmetilta** ja **Andritzilta**, joiden ratkaisut pohjautuvat sellu- ja levyteollisuuden laitteisiin.

Swedish Exergyn tulistettu höyry on eri tekniikka: molemmissa kyllä käytetään höyryä, mutta paine, höyryn tila ja tavoite ovat erilaiset.

Laitteistotyypit

1. Jatkuvatoiminen teollinen linja. Tämä on yleisin tyyppi, ja se koostuu neljästä osasta:

- **Tulppaperäsyötin** (plug screw feeder) syöttää esikuivatun hakkeen paineistettuun reaktoriin. Puristuva materiaali muodostaa itse painetiivisteen.bioenergyinternational
- **Reaktorissa** biomassa käsitellään höyryllä valitun viipymäajan. Ainoa lisätty aine on höyry.valmet
- **Puhallusventtiili ja puhallusputki:** varsinainen räjähdys tapahtuu tässä, kun paine putoaa ilmanpaineeseen. Materiaali hajoaa lähes jauheeksi.valmet
- **Sykloni** erottaa käsitellyn biomassan höyrystä.andritz

Valmistajat:

- **Valmet BioTrac:** yli 25 toimitusta, kapasiteetit 50–35 000 kg kuivaa biomassaa tunnissa. Käyttökohteita ovat mustat pelletit, selluloosaetanoli, biokemikaalit ja biokaasu. Käsittelyolosuhteiksi on kuvattu noin 18 bar ja 240 °C. (valmet+1)
- **Andritz Steam-Ex:** reaktoripaine noin 15–20 bar(g). Raaka-aineeksi käyvät puu, oljet, bagassi ja muut yksivuotiset kasvit. (andritz+1)

2. Kaksivaiheinen sokerilinja. Andritzin versiossa on pystyreaktori, välipesu ja jatkuva höyryräjäytys. Välipesussa saadaan erillinen hemiselluloosasokeriliuos, joten tämä on aiemmin käsiteltyjen C5-sokerien kannalta kiinnostavin kokoonpano. (andritz)

3. Panosreaktorit pilotointiin ja tutkimukseen. Esimerkiksi Andritzin testauskeskuksessa on panostyyppinen höyryräjäytys. Mäntätyyppisissä laitteissa paine vapautetaan millisekunneissa. Valmetilla on BioTrac-pilottilaitteisto Sundsvallissa, jossa voi koeajaa omaa biomassaa.

	Höyryräjäytys	Tulistettu höyry
Höyryn tila	Kylläinen höyry	Kuumennettu yli kiehumispisteen kyseisessä paineessa
Olosuhteet	160–260 °C, 0,69–4,83 MPa, sekunneista minuutteihinpmc.ncbi.nlm.nih	Kuivauksessa tyypillisesti noin ilmanpaineessa, 130–200 °Cigb.fraunhofer
Ratkaiseva vaihe	Nopea paineenpudotus rikkoo soluseinät	Lämmönsiirto; höyry sitoo kosteutta, kunnes se kyllästyypsecommunity
Tavoite	Rakenteen avaaminen ja hemiselluloosan hydrolyysi	Kuivaus hapettomassa tilassa, ilman palo- tai pölyräjähdysriskiä

Höyryräjäytyksessä höyryn on tarkoitus lauhtua biomassaan, jotta materiaali kuumenee ja kostuu. Tulistetun höyryn etu taas on, että se ei lauhdu ennen kuin se jäähtyy kyllästyslämpö-tilaan.

Tekniikat voivat kuitenkin olla samassa laitoksessa. Höyryräjäytyslinjassa raaka-aine kuivataan ennen reaktoria, ja tämä esikuivaus voidaan tehdä tulistetun höyryn kuivurilla. Lisäksi puhallusputken höyryn lämpö voidaan ottaa talteen.

Swedish Exergy ei valmista höyryräjäytyslaitteita. Sen päätuote on paineistettu tulistetun höyryn kuivuri ExergyPSSD®, joten se kuuluu edellisen vastauksen tulistetun höyryn puolelle. Claes Münter kehitti tekniikan Chalmersissa 1970-luvun lopulla.swedishexergy

Toimintaperiaate

- Märkä materiaali syötetään ilmatiiviin syöttimen kautta suljettuun, paineistettuun piiriin. Siellä tulistettu höyry sekä kuljettaa että kuivaa sitä. Kuivaus kestää muutamasta sekunnista noin 15 sekuntiin.swedishexergy
- Kuivuri lämmitetään epäsuorasti tulistinpintojen kautta. Lämmönlähteeksi käyvät savukaasu, höyry, termoöljy tai sähkö, eikä lämmitysväliaine kosketa tuotetta.swedishexergy
- Sykloni erottaa kuivatun tuotteen höyrystä. Höyry kierrätetään takaisin, ja materiaalista haihtunut ylijäämähöyry poistetaan paineensäätöventtiilin kautta.swedishexergy
- Käyttöpaine on 0,5–4 bar(g). Siksi materiaalista haihtunut vesi saadaan talteen käyttökelpoisena sekundäärihöyrynä prosessilämmöksi, tislaukseen tai kaukolämmöksi. Valmistajan mukaan yli 95 % kuivausenergiasta voidaan ottaa talteen.storage.googleapis
- Kuivurin saa täysin sähköiseksi yhdistämällä sen mekaaniseen höyrynpuristukseen (MVR) Atlas Copcon kanssa. Sähköä kuluu noin 150 kWh haihdutettua vesitonnia kohden. Esimerkiksi Svegin pellettitehdas kuivaa 2 600 t/vrk biomassaa kosteudesta 50 % kosteuteen 10 %.

	ExergyPSSD	Höyryräjäytys (BioTrac, Steam-Ex)
Paine	0,5–4 bar(g)	noin 15–20 bar(g)
Höyry	Tulistettu, ei lauhdu tuotteeseen	Kylläinen, lauhtuu biomassaan

	ExergyPSSD	Höyryräjäytys (BioTrac, Steam-Ex)
Paineenpudotus	Hallittu, syöttimien kautta	Räjähdysmäinen puhallusventtiilissä
Tavoite	Kuivaus ja energian talteenotto	Kuiturakenteen avaaminen ja hemiselluloosan autohydrolyysi

Merkitys Bioterminaalin sunnittelulle

- **Esikuivain höyryräjäytykselle:** BioTrac- ja Steam-Ex-linjat tarvitsevat esikuivattua raaka-ainetta, ja PSSD:tä käytetään juuri mustien pellettien tuotannossa. Sekundäärihöyry voisi teoriassa korvata osan höyryräjäytyksen höyryntarpeesta, joskaan tätä kytkentää ei ole käytännössä todennettu.
- **Kala- ja perunajakeet:** suljettu ja hapeton kuivaus steriloi tuotteen, estää hapettumisen eikä aiheuta haju- tai VOC-päästöjä. Tämä sopisi hyvin bioterminaalin pohdinnassa olleiden kalan sivuvirtojen ja perunamassan stabilointiin.
- **Pilotointi:** Swedish Exergyllä on pilottikuivain LignoCityssä Ruotsissa. Siellä on koeajettu muun muassa toisen sukupolven ligniiniä, paperilietettä ja etanolin sivutuotteita. Omilla jakeilla voi tilata koeajon siellä. Samoin VTT:n Bioruukki on vastaava pilotointi- ja teastauslaboratorio Suomessa.
- **Varaus:** energialuvut (80–95 % talteenotto, 150 kWh/t vettä) ovat valmistajan omia, eikä niitä ole tarkistettu riippumattomasti. Toimitetut laitokset ovat myös suuria (50–110 t/h). Terminaalin kokoluokassa kannattavuus pitää laskea erikseen. Tärkeintä on, löytyykö sekundäärihöyrylle käyttäjä läheltä.

Metsätähteen esikuivauksessa ennen höyryräjäytystä nauhakuivuri on yleensä luontevin valinta. Se käyttää matalalämpöistä hukkalämpöä, jota höyryräjäytyslaitoksessa syntyy. ExergyPSSD voisi pärjätä paremmin kolmessa tilanteessa:

- kuivauksessa vapautuvalle sekundäärihöyrylle on ostaja
- laitos halutaan sähköistää kokonaan höyrynpuristuksella (MVR)
- palo-, pöly- tai hajupäästöriski ratkaisee valinnan.

Lukuja tarkasteltaessa kannattaa huomata, että lähes kaikki kulutusluvut ovat valmistajien omia.

Lähtötiedot

- Tuoreen hakkuutähteen kuiva-ainepitoisuus on ykeensä n. 50–60 %. Jos se kuivuu palstalla 1-2 kesää, kuiva-ainepitoisuus laskee 70-8 % %:iin. Alkukesällä jo 2–3 viikon varastointi voi riittää 70 %:in kuiva-ainepitoisuuteen.
- Höyryräjäytyslinjoissa raaka-aine kuivataan ennen reaktoria. Andritzilla jauhettu syöte kuivataan nauhakuivurissa hukkalämmöllä.
- Esikuivaus bioterminaalissa kannattaa, koska höyryn kulutus kasvaa kosteuden mukana.

Johtopäätös

Halvin "kuivain" lienee terminaalin varastointi. Jos varastokuivumisella saadaan kuiva-ainepitoisuus 50 %:sta 65 %:iin, haihdutettava vesimäärä vähenee merkittävästi kuivaimesta riippumatta. Tämän jälkeen nauhakuivuri sopii yleensä parhaiten integroituun höyryräjäytyslaitokseen. PSSD ja MVR on varteenotettava vaihtoehto, jos hukkalämpöä ei olisi tarjolla, sähkö on halpaa tai sekundäärihöyrylle löytyy käyttäjä. Vertailun pitävämmäksi tarvitaan valmistajien tarjoukset samalla syötteellä ja koeajo, esimerkiksi Exergyn LignoCityn pilotilla.

7. DATAKESKUKSEN HUKKALÄMPÖ LAPVÄÄRTIN MAHDOLLISESSA BIOTERMINAALISSA



Tiivistelmä ja tarkastelun rajaus

Datakeskuksen hukkalämpö kannattaa ottaa mukaan bioterminaalin vaihtoehtovertailuun, mutta Lapväärtin ja Kristiinankaupungin itäisen teolisuusalueen noin 10 kilometrin etäisyys tekee

omasta lämpöputkesta merkittävän investointikysymyksen. Tässä esimerkkilaskelmassa pieni, yksin terminaalia palveleva yhteys ei todennäköisesti ole kilpailukykyinen. Vertailtaviksi jäävät oma putkilinja, usean asiakkaan yhteinen lämpöratkaisu ja datakeskuksen lähelle sijoitettava lämpöä tarvitseva käsittelymoduuli.

Kristiinankaupungin itäpuolelle suunnitellusta Scale42:n datakeskuksesta on uutisoitu ennakkovaraussopimuksen ja kaavoituksen yhteydessä; myös hukkalämmön kasvihuonekäyttö on ollut suunnittelussa esillä (Yle, 19.5.2026). Lokakuun uutinen kuvaa Scale42:n hanketta edelleen kaavoitusvaiheessa olevaksi ja erottaa siitä Metsälän toisen, vasta toimijaa etsivän teollisuusalueen (Yle, 15.10.2026). n. 17 km

Tarkastelussa keskitytäänkin pohtimaan Scale42:n hankkeen potentiaalia. Datakeskuksen lopullista lämmönluovutuslämpötilaa, saatavaa lämpötehoa, toteutusaikataulua, lämpösopimusta tai terminaalin tarkkaa tonttia ei ole tässä varmennettu.

Kymmenen kilometriä käsitellään laskennassa yksisuuntaisena putkireitin pituutena.

Mihin terminaali voi käyttää lämpöä?

Lämmön lämpötila ratkaisee käyttötavan

Datakeskuksen jäähdytyksestä saatavan lämmön lämpötilaksi Sweco esittää noin 30–40 °C ja lämpöpumpulla tuotettavan lämmön lämpötilaksi noin 60–115 °C; nämä ovat yleisiä teknisiä esimerkkejä, eivät Kristiinankaupungin hankkeen vahvistettuja arvoja (Sweco: datakeskusten hukkalämpö). Tässä tarkastelussa käytetään kolmea suunnittelutasoa, joiden soveltuvuus tulee todentaa valitulle prosessille:

- **Suora matalalämpökäyttö:** noin 30–40-asteisen lähteen hyödyntäminen lattialämmityksessä, ilman tai prosessiveden esilämmityksessä ja mahdollisessa matalalämpöisessä esikuivauksessa. Käyttökohteen lämpötila jää lämmönlähteen lämpötilaa alemmaksi lämmönsiirron lämpötilaerojen vuoksi.
- **Lämpöpumpulla nostettu prosessilämpö:** tässä mallissa 65 °C:n menovesi ja 40 °C:n paluuvesi. Tätä käytetään vertailutasona kuivausilman lämmitykselle ja muille erikseen määriteltäville lämpimän veden tarpeille.
- **Korkeampi prosessilämpö:** esimerkiksi 80–90 °C:n vesikierto arvioidaan erillisenä ratkaisuna. Mallin hyötysuhdetta kuvaavaa COP-arvoa 4,5 ei saa siirtää siihen automaattisesti, eikä kuuman veden lämpötila sellaisenaan osoita tuotteen hygienisointia.

Puujakeet, perunajakeet ja kalasivuvirrat

Puubiomassalle hihnakuivaus on olemassa oleva hukkalämmön käyttösovellus: Valmet kuvaa lämpimästä vedestä kuivausilmaan siirrettävää lämpöä sekä kuoren, hakkeen ja purun kuivausta (Valmet, 2023). Kuivauslämpötilan alentaminen ei kuitenkaan ole ilmaista: Myllymaan väitöskirjan haketutkimuksessa kuivausaika noin kaksinkertaistui ilman lämpötilan laskiessa 70:stä 50 °C:een tutkitulla 300 mm:n pedillä (Aalto-yliopisto, Myllymaa 2019).

Terminaalin suunnitteluun suositellaan seuraavaa priorisointia. Kyse on prosessivalinnan suosituksesta, ei kaikkien sivuvirtojen yhteisestä käsittelyreseptistä:

- **Puru, hake ja kuori:** kuivataan vain asiakkaan tai jatkoprosessin tarvitsemaan kosteuteen. Biohiili- ja materiaalireiteillä hukkalämpöä kannattaa arvioida erityisesti esikuivaukseen; pyrolyysiä tai kovahiilen korkean lämpötilan käsittelyä ei lasketa tämän matalalämpöverkon tehtäväksi.
- **Perunajakeet:** verrataan märkätoimitusta, mekaanista vedenpoistoa ja kuivausta. Märkäerotukseen, sovittuun märkärehuketjuun tai biokaasuun menevää jaetta ei ehdoteta kuivattavaksi pelkän hukkalämmön saatavuuden vuoksi.
- **Kalasivuvirrat:** arvioidaan käyttöä prosessiveden esilämmityksessä ja valitun hydrolyysi- tai kuivausprosessin lämmityksessä. Kylmäketju, elintarvike-/rehukelpoisuus ja mahdollinen hygienisointi käsitellään erillisinä vaatimuksina.
- **Yhteiset tarpeet:** lasketaan mukaan tilalämmitys, ilmanvaihdon esilämmitys ja pesuveden esilämmitys, mutta niiden ei oleteta yksin muodostavan suuren lämpöputken vaatimaa ympärivuotista kuormaa.

Kuivain kannattaa aikanaan kilpailuttaa vesihaihdutuskapasiteetin ja lopputuotelaadun perusteella, ei pelkän lämpötehon perusteella. Matalan lämpötilan kuivauksen kokonaiskustannus riippuu myös viipymästä, ilmavirrasta, petikorkeudesta ja materiaalin alku- ja loppukosteudesta (Myllymaa 2019).

Lämmönsiirron laitteistoketju

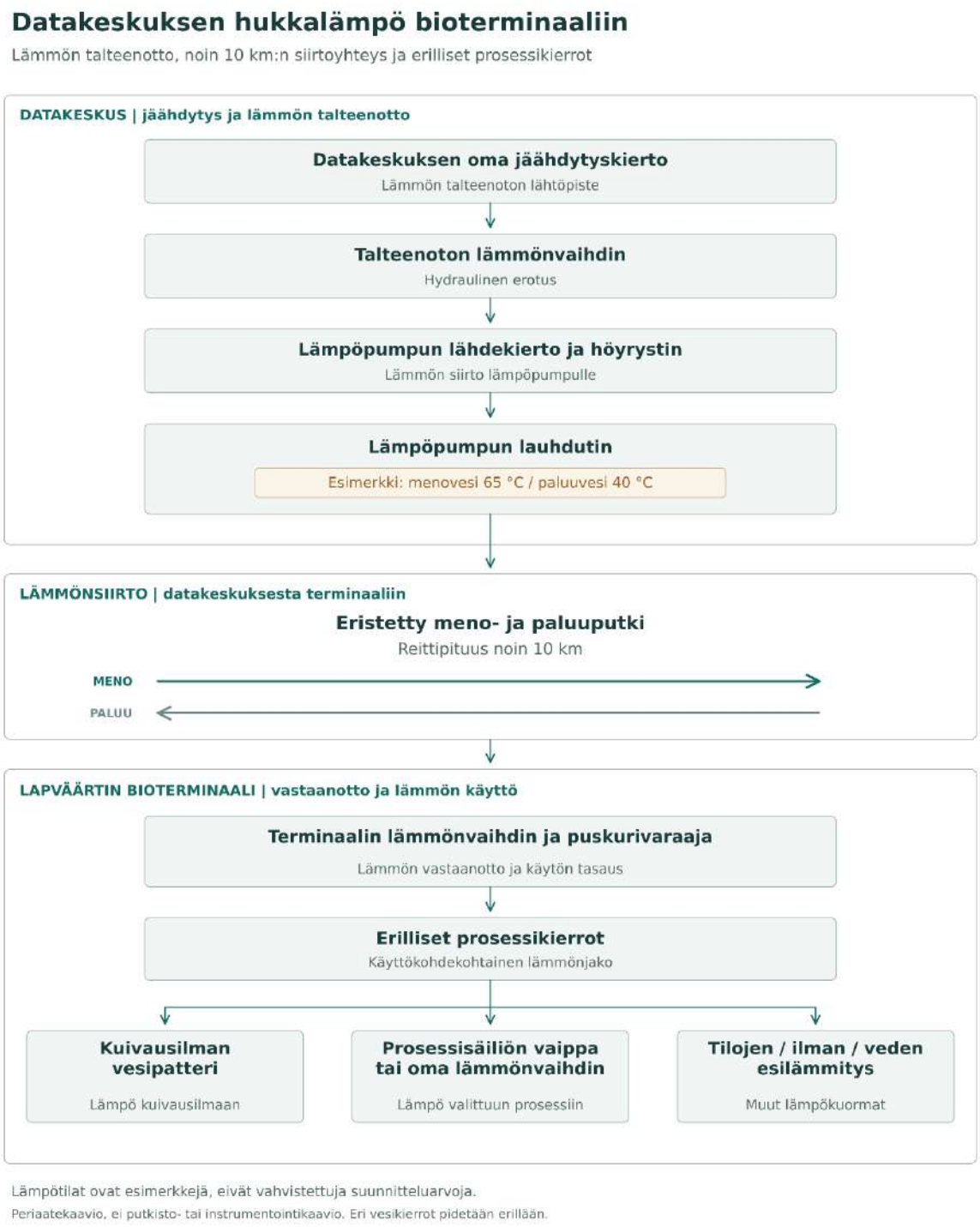
Ehdotettu periaateratkaisu

Ensimmäiseksi vertailuratkaisuksi voitaisiin ajatella lämpöpumppua datakeskuksen päähän ja eristettyä lämminvesiyhteyttä terminaaliin. Datakeskuksen oma jäähdytys pidetään toiminnallisesti riippumattomana terminaalin lämmönkäytöstä; myös Sweco korostaa, että jääytyksen on toimittava lämmön talteenoton keskeytyessä (Sweco).

Lopullinen lämmönvaihtimien määrä ratkaistaan datakeskuksen luovutusrajapinnan ja prosessien puhtausvaatimusten mukaan. Erillisiä vaihtimia ei lisätä tarpeettomasti, koska jokainen lämpötilaporras heikentää suoran käytön mahdollisuuksia tai kasvattaa lämpöpumpun nostotarvetta.

- **Puhdas vesi–vesi-rajapinta:** ensisijaiseksi vaihtoehdoksi ehdotetaan huollettavaa levylämmönvaihdinta, tarvittavia suodattimia, sulkuja ja energiamittausta.
- **Kuivausilman lämmitys:** vesikiertoinen ilma-lämmityspatteri, puhaltimet, säädöt ja prosessin edellyttämä poistoilman käsittely. Näitä ei korvata vesi–vesi-vaihtimella.
- **Likaantuvat prosessit:** prosessikohtainen, puhdistettava lämmönsiirtopinta, esimerkiksi säiliövaippa tai soveltuva putki-/kaavinratkaisu. Biomassalietettä ei johdeta yhteiseen lämpöverkkoon.
- **Käyttövarmuus:** varalämpö, automaattinen ohitus, lämpötilaseuranta ja riittävä puskurivaraaja mitoitetaan prosessin salliman katkon perusteella. Varaajaa ei pidetä datakeskuksen pitkän tuotantokatkon korvaajana.
- **Talviolosuhteet:** jäätymiselle alttiiden osien suojaus ja mahdollinen glykolikierto tarkistetaan erikseen. Myös Valmet erottaa vesikierron ja pakkasolosuhteissa tarvittavan glykoliseoksen omassa kuivainkuvauksessaan (Valmet).
- sisammutus muuttaisi häviölaskelmaa.
- **Pääomakustannus:** 20 vuotta ja 6 %:n laskentakorko tuottavat noin 8,72 %:n annuiteetin. Kun vuotuiseksi kunnossapidoksi oletetaan 2 % investoinnista, kiinteä vuosikustannus on yhteensä noin 10,72 %.
- **Taloudellinen etäisyys ei ole vakio**

Sweco nostaa esiin noin kahden kilometrin läheisyyden olemassa olevaan kaukolämpöverkkoon tyypillisenä suotuisana lähtökohtana, mutta sen kaukolämpöesimerkkiä ei voi tulkita kaikkien teollisten lämpöyhteyksien ehdottomaksi enimmäisetäisyydeksi (Sweco). Lapväärtin 10 kilometrin tapauksessa tarvitaan erillinen reitti-, lämpökuorma- ja sopimuslaskelma Putki-investointi on tässä mallissa todennäköisesti sähköä suurempi ratkaiseva tekijä



Terminaali Lapväärtissä, lämpöä tarvitseva moduuli datakeskuksella

Kymmenen kilometrin oman putken rinnalle voidaan pohtia kahta aidosti erilaista ratkaisua. Terminaalin sijaintia ei tarvitse ratkaista kaikkien toimintojen osalta yhdellä kertaa:

- **Lämpösatelliitti datakeskuksen lähellä:** Lapväärtti hoitaa vastaanoton, laadunvarmistuksen ja muut logistiset tehtävät, mutta soveltuva kuivaus sijoitetaan

lyhyen lämpöliitynnän päähän. Materiaali voidaan toimittaa kuivauksesta suoraan asiakkaalle, jos paluu Lapväärttiin ei tuota lisäarvoa.

- **Yhteinen alueellinen lämpöverkko:** selvitetään datakeskuksen, energiayhtiön ja muiden lämpöasiakkaiden kanssa yhteinen ratkaisu sekä terminaalille toimitetun lämmön sopimushinta. Tarjouksen tulee kattaa sovittu lämpötila, teho, energiamäärä, varalämpö ja liittymiskustannus.
- **Ei lämpöyhteyttä alkuvaiheessa:** terminaali toteutetaan ilman datakeskusriippuvuutta, mutta lämpöä tarvitseville moduuleille jätetään liityntävalmius. Tämä on vertailukelpoinen vaihtoehto, jos datakeskuksen toteutuminen tai toimitussopimus on vielä avoin.

Lämpösatelliitin lisäkuljetusta voi arvioida massataseella. Jos esimerkiksi 10 000 tonnia puujaetta kuivataan 50 %:n kosteudesta 20 %:iin, kuiva-aineen säilyessä tuotteen massaksi jää 6 250 tonnia ja vettä poistuu 3 750 tonnia.

Jos laskentaoletukseksi asetetaan 1 MWh lämpöä haihdutettua vesitonnia kohti, erä tarvitsee noin 3,75 GWh lämpöä. Oletus on hypoteettinen siinä mielessä, että vertailuun lisätään todellinen kuivauskoe, puhaltimien sähkö, lisäkuljetukset, käsittelykerrat, tuotehinta ja se, olisiko kuivausta tarvittu ilman hukkalämpöä.

Jatkoselvityksessä tarvittavat lähtötiedot

Seuraava vaihe kannattaa rajata kolmen vaihtoehdon kustannusvertailuksi: oma 10 kilometrin yhteys, yhteisen verkon lämpöpalvelu ja datakeskuksen vieressä oleva käsittelymoduuli. Tarvittavat tiedot ovat mm.

- **Datakeskuksen lämpörajapinta:** taattu meno- ja paluulämpötila, saatava teho ja sen vaiheittainen kasvu, tuntitason käytettävyys, luovutuspaikka sekä vastuu talteenottolaitteista.
- **Lämpösopimus:** hinta ja hinnoitteluperuste, vähimmäisosto, keskeytykset, sopimusaika ja lämmön saatavuus ennen datakeskuksen täyttä käyttöönottoa.
- **Terminaalin kuormitus:** jaekohtaiset kuukausimäärät, kuivaustarve, tavoitekosteus, prosessilämpötilat sekä tuntitason yhteiskuorma.
- **Putkireitti:** todellinen pituus, korkeuserot, maaperä, alitukset, käyttöoikeudet, hydrauliikka ja kaksi toisistaan riippumatonta rakentamishintaa.
- **Laitevalinta:** lämmönvaihtimien lämpötilaohjelmat ja painehäviöt, lämpöpumpun kausilämpökerroin, kuivaimen taattu haihdutus ja kaikki apusähkö.

- **Kokonaisliiketoiminta:** lämmön lisäksi kuljetus-, varastointi- ja laatumuutokset, tuotteen arvonlisä, varajärjestelmä sekä investoinnin toteuttaja.

Lapväärtin terminaalin perusratkaisua ei kannattane sitoa vielä omaan vajaan 10 kilometrin lämpöputkeen. Ensimmäiseksi kannattaa pyytää vertailukelpoinen lämpöpalvelutarjous ja arvioida datakeskuksen lähelle sijoitettavaa kuivausmoduulia; oma putki jää vaihtoehdoksi, jos todellinen kuorma, investointi ja korvattavan lämmön arvo osoittavat sen kilpailukykyiseksi.

Tämä asia konkretisoituu vasta datakeskushankkeiden käynnistyessä, joten toistaiseksi asialla ei ole käytännön merkitystä. Se on kuitenkin syytä pitää mielessä jo silloin, kun bioterminaalin toimintoja suunnitellaan, koska hukkalämmön hinnasta/kustannuksista saattaa tulla oleellinen tekijä bioterminaalin kannattavuutta arvioitaessa.

8. KESTÄVÄT JULKISET HANKINNAT’



Kestävät julkiset hankinnat ovat keskeinen keino ohjata yhteiskunnan resursseja viisaasti ja edistää pitkäjänteistä taloudellista, sosiaalista ja ympäristöllistä hyvinvointia. Julkinen sektori hankkii tavaroita ja palveluja noin 38 miljardilla eurolla vuodessa eli noin 13 % bruttokansantuotteesta. Näin suuri ostovoima tarjoaa poikkeuksellisen mahdollisuuden ja velvoitteen tehdä kestäviä ja vaikuttavia valintoja

Hankintalaki (1397/2016) kannustaa huomioimaan ympäristö- ja sosiaaliset näkökulmat hankintaprosessissa. Kestävästi suunnitellut ja toteutetut hankinnat rakentavat hyvinvoivaa Suomea, vahvistavat kuntien elinvoimaa ja tukevat julkisen talouden pitkäjänteistä kehittämistä.

Kestävät hankinnat tukevat organisaatioiden ympäristö- ja vastuullisuustavoitteita, parantavat palveluiden laatua ja ohjaavat markkinoita kohti kestäviä ratkaisuja. Kestävyys voidaan tuoda osaksi hankintaa hyödyntämällä ympäristön kannalta kestäviä valintaperusteita, edistämällä kiertotaloutta ja materiaalitehokkuutta, luomalla mahdollisuuksia heikossa työmarkkina-asemassa olevien työllistymiseen sekä vahvistamalla ihmisoikeuksien toteutumista toimitusketjuissa. Vaikuttavat hankintapäätökset edellyttävät ymmärrystä siitä, missä hankinnoissa kestävyys tuottaa eniten arvoa ja millä menetelmillä se on tarkoituksenmukaista huomioida.

Tukea kestävien ja vastuullisten hankintojen johtamiseen, suunnitteluun ja toteuttamiseen

Hyvin johdetuilla hankinnoilla organisaatio vie tehokkaasti käytäntöön omia strategisia tavoitteitaan. Esimerkiksi hiilineutraalisuustavoitteiden toteutumisen näkökulmasta hankinnat ovat keskeinen keino päästövähennysten saavuttamisessa. Koska resurssit ovat rajallisia, on tärkeää tunnistaa vastuullisuustavoitteiden kannalta keskeisimmät hankinnat ja kohdistaa vaatimukset erityisesti näihin hankintoihin.

Julkiset hankinnat biokiertotalouden kysynnän ja logistiikan kehittäjänä

Julkiset hankinnat voivat edistää biokiertotaloutta luomalla kysyntää kiertotaloustuotteille sekä ohjaamalla materiaalien keräystä, käsittelyä ja toimituksia ympäristö- ja laatutavoitteiden mukaisesti (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö: ympäristönäkökohdat). Julkinen ostaja voi esimerkiksi edistää uusiomateriaalien käyttöä, materiaalitehokkuutta ja materiaalien kiertoa hankinnan kriteereillä (KEINO: ekologinen kestävyys). Bioterminaalin suunnittelussa julkisia hankintoja on tämän vuoksi perusteltua tarkastella mahdollisena kysyntäpohjana, ei vain terminaalin omien laitteiden ja palvelujen hankintamenettelynä.

Vaikutukset toimitusketjun suunnitteluun

Hankintayksikkö voi määritellä hankinnan toiminnallisten tavoitteiden ja suorituskyvyn avulla sen sijaan, että se määrää yksityiskohtaisesti käytettävän teknologian (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö: ympäristönäkökohdat). Biokiertotalouden logistiikassa tämän sovellukseksi voidaan ehdottaa palvelukokonaisuutta, jossa toimittaja vastaa sovittujen materiaalien keräyksestä, laadunvarmistuksesta, tarpeellisesta esikäsittelystä ja toimituksesta hyväksyttyyn käyttökohteeseen. Vertailun tavoitteeksi kannattaa tällöin asettaa käyttökelpoisen materiaalin luotettava toimitus, ei pelkkä kuljetussuorite.

Julkisissa hankinnoissa voidaan käyttää kustannusten arvioinnin ja tarjousten vertailun perusteena elinkaarikustannuksia. Käytettävä laskentamenetelmä ja tarjoajilta vaadittavat tiedot on ilmoitettava hankinta-asiakirjoissa (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö: elinkaarikustannukset). Bioterminaalin vaihtoehtojen arvioinnissa suositellaan tämän periaatteen soveltamista koko toimitusketjuun: kuljetusten rinnalla tarkastellaan materiaalinkäsittelyä, varastointia, energiankulutusta, laatuhävikkiä ja tarvittavia investointeja. Näin suoraa asiakastoimitusta, terminaalin kautta kulkevaa ketjua ja mahdollisia hajautettuja käsittelymoduuleja voidaan verrata samoilla lähtöoletuksilla.

Hankinnan kohteeseen liittyviä ympäristö- ja suorituskykyvaatimuksia voidaan sisällyttää hankinnan määrittelyyn, tarjousvertailuun ja sopimusehtoihin (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö: ympäristönäkökohdat). Bioterminaalin palvelujen valmisteluun voitaisiin ajatella esim. seuraavia mitattavia tavoitteita:

- **Materiaalin käyttökelpoisuus:** sovittu laatu, erillläänpito, jäljitettävyys ja vastaanottajan hyväksyntä.
- **Toimitusvarmuus:** sovitut nouto- ja toimitusajat sekä menettely häiriötilanteissa.
- **Resurssitehokkuus:** tarpeettomien käsittelykertojen ja materiaalihävikin vähentäminen.
- **Ympäristösuorituskyky:** toimitusketjun päästöjen ja energiankulutuksen seuranta ennalta määritellyllä laskentarajauksella.

Markkinoiden toimivuus ja alueelliset toimijat

Markkinavuoropuhelulla voidaan selvittää saatavilla olevia ratkaisuja sekä sitä, millaisia ympäristövaatimuksia toimittajille ja hankinnan kohteelle voidaan realistisesti asettaa (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö: ympäristönäkökohdat). Tarkoituksenmukainen hankinnan osiin jakaminen voi puolestaan helpottaa pk-yritysten osallistumista tarjouskilpailuihin (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö: markkinoiden toimivuus). Bioterminaalin palveluketjussa

selvitettäviä osakokonaisuuksia ovat esimerkiksi lähikeräys, terminaalipalvelut ja runkokuljetukset; niiden välille suositellaan yhteisiä laatu-, vastuu- ja tiedonsiirtokäytäntöjä.

Alueellisten yritysten osallistumista ei kuitenkaan saa edistää suosimalla tarjoajia niiden kotipaikan perusteella, sillä hankinnoissa on noudatettava tasapuolisuutta, syrjimättömyyttä, avoimuutta ja suhteellisuutta (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö: hankintojen periaatteet). Mahdollisen alueellisen ratkaisun tulee siksi perustua hankinnan kohteen kannalta perusteltuihin palvelu-, laatu- ja ympäristövaatimuksiin, ei ennalta valittuun toimittajaan tai terminaaliin.

Soveltaminen Lapväärtin bioterminaalihypoteesiin

Lapväärtin bioterminaalin suunnittelussa on suositeltavaa harkita julkisen kysynnän kartoitusta ennen terminaalin lopullista mitoitusta. Kartoituksessa selvitetään mahdolliset ostajat, hankittavat tuotteet tai palvelut, vuosimäärät, laatuvaatimukset ja sopimusehdot; tarkasteltavia käyttökohteita voivat olla esimerkiksi vaatimukset täyttävät biopohjaiset materiaalit, kierrätysravinteita sisältävät kasvualustat ja uusiutuva energia.

Investointilaskelmassa on niinikään suositeltavaa erotta sitovat ostositoumukset, arvioidut hankintamäärät ja alustavat kiinnostuksen ilmaisut. Julkiseen kysyntään perustuvaa ratkaisua verrataan lisäksi yksityisten asiakkaiden kysyntään ja suoriin toimituksiin: tavoitteena on kysyntään mitoitettu, kilpailukykyinen toimitusketju, ei terminaalin kautta kulkevan materiaalimäärän kasvattaminen itsessään.

Motivan valtakunnalliset palvelut vastuullisten hankintojen tueksi

Motiva tuottaa useita valtakunnallisia palveluita vastuullisten hankintojen tueksi. Ylläpidämme ja kehitämme vastuullisten hankintojen **kriteeripankki.fi-palvelua** sekä kehitämme valtakunnallisesti markkinavuoropuhelutettuja vastuullisuuskriteereitä hankinnoissa sovellettavaksi.

Tukeakseen julkisia ostajia kiertotalouteen siirtymisen tukemisessa Euroopan komissio julkaisi lokakuussa 2017 asiakirjan ”Julkiset hankinnat kiertotaloutta varten”. Se sisältää joukon hyviä käytäntöjä koskevia tapaustutkimuksia sekä ohjeita kiertotalouden periaatteiden sisällyttämisestä hankintoihin.

Kiertotaloutta edistävissä hankinnoissa esitetään ympäristöä säästäviä julkisia hankintoja koskeva lähestymistapa, jossa kiinnitetään erityistä huomiota ”sellaisten töiden, tavaroiden tai

palvelujen hankintaan, joilla pyritään edistämään suljettuja energia- ja materiaalikiertoja toimitusketjuissa, samalla kun minimoidaan kielteiset ympäristövaikutukset ja jätteen syntyminen koko elinkaaren ajan ja parhaassa tapauksessa vältetään niitä". Kiertotaloutta edistävillä hankinnoilla voidaan saada aikaan useita hyötyjä. Sen lisäksi, että kiertotalouteen perustuvat hankinnat antavat ostajille mahdollisuuden keskittyä tarpeiden täyttämiseen ja ottaa huomioon elinkaarikustannukset, joihin liittyy säästöpotentiaalia, ne tarjoavat myös puitteet ympäristövaikutusten ja jätteen syntymisen kokonaisvaltaisempaan huomioon ottamiseen tavaroiden ja palvelujen koko elinkaaren ajan.

Komission raportissa esitetään käytännön lähestymistapoja kiertotalouden sisällyttämiseksi hankintaprosessiin. Ensinnäkin raportissa esitetään malleja kiertotalouden piiriin kuuluvien hankintojen eri tasoille, kuten järjestelmätasolle, toimittajatasolle ja tuotetasolle. Toiseksi raportissa esitetään yleiskatsaus siihen, mitä toimintalinjoja sen olisi sisällettävä. Lisäksi raportissa esitetään kriittiset kohdat, jotka olisi otettava huomioon hankintaprosessissa, ja se, millaiset kiertotalouden hankintaperiaatteet ja -käytännöt ovat järkeviä. Myös tarjousta suunniteltaessa raportissa esitetään ajatuksia siitä, mitä olisi otettava huomioon. Raportti sisältää myös käytännön esimerkkejä ja tapaustutkimuksia Euroopan kaupungeista. Nämä käytännön lähestymistavat voivat toimia inspiraationa viranomaisille puuttua julkisten hankintojen nykyisiin esteisiin ja käyttää niitä välineenä, jolla edistetään edelleen paikallisten kiertojärjestelmäratkaisujen käyttöönottoa.