



**Tekstiilien
tunnistamiseen
soveltuvat
*teknologiat tutuksi***

Tekstiilien tunnistamiseen soveltuvat teknologiat tutuksi



Euroopan unionin
osarahoittama



LAB University of
Applied Sciences



Päijät-Hämeen liitto
The Regional Council of Päijät-Häme



ETELÄ-
KARJALAN
LIITTO

Selvityksen toteuttajat

ETKATEX - Etelä-Karjalan tekstiilit kiertoon

ETKATEX Etelä-Karjalan poistotekstiilit kiertoon -hankkeen keskeisenä tavoitteena on Etelä-Karjalasta kerättävän kierrätyskelpoisten poistotekstiilien tuntemuksen lisääminen sekä poistotekstiilien hyödyntämisen edistäminen.

Hankkeen avulla kehitetään poistotekstiilien lajittelua sekä eri kangasmateriaalien tunnistusta. Lisäksi edistetään saadun materiaalin käyttöä ensisijaisesti Etelä-Karjalassa.

Toimintaan kuuluu myös poistotekstiileistä saatua materiaalia sisältävien tuotteiden tuotekehitystä edistäviä toimenpiteitä.

Lue lisää

www.lab.fi/projekti/etkatex



Tekstiilit kiertoon 2.0

Tekstiilit kiertoon 2.0 -hankkeessa pilotoidaan poistotekstiilin erilliskeräyksen toimintamallia sekä selvitetään kerätyn poistotekstiilin laatua ja koostumusta. Selvitysten pohjalta voidaan alkaa pohtimaan keinoja kierrätysasteen parantamiseksi ja kierrätykseen kuulumattoman materiaalin hyödyntämiseksi.

Hanke pyrkii kehittämään kiertotalouden mukaista liiketoimintaa materiaalikierrätyksen avulla Päijät-Hämeessä.

Lue lisää

www.lab.fi/projekti/tekstiilit-kiertoon-20





Sisällys

5 Johdanto

Johdatus tekstiilien kiertolouteen
tunnistusteknologioiden näkökulmasta

7 Tunnistusteknologiat

Konenäkö
Lähi-infrapuna
Hyperspektrikuvantaminen

16 SWOT-analyysi tunnistusteknologioista

Konenäkö
Lähi-infrapuna
Hyperspektrikuvantaminen

20 Automatisoidut lajitteluteknologiat maailmalla

SIPTex, Ruotsi
Wargön Innovation, Ruotsi
Valvan, Alankomaat

24 Lisätietoa

26 Lähteet

Johdanto

tekstiilien kiertotalouteen tunnistusteknologioiden näkökulmasta



Erilliskerättävällä poistotekstiilillä tarkoitetaan käytöstä poistettuja tekstiilejä, jotka ovat puhki kulu-neita eivätkä näin ollen enää sovellu sellaisenaan uudelleenkäyttöön. Poistotekstiilin tulee kuitenkin olla puhdasta, eli likaiset ja pilaantuneet tekstiilit eivät kuulu poistotekstiilikeräykseen. Suomessa poistotekstiiliä on kerätty erillisenä jätejakeena tammikuusta 2023 lähtien.

Esimerkiksi Päijät-Hämeen suurin jätehuoltotoimija **Salpa-kierto** keräsi vuoden 2023 aikana noin 50 000 kiloa kotitalouksien poistotekstiiliä. Hieman yli puolet (54 %) kerättyistä poistotekstiileistä jatkoi matkaa materiaalikierrätykseen. Noin viidesosa tekstiileistä ei vastannut lajitteluohjeistusta ja toinen viidesosa oli pilaantuneita tekstiileitä. Vain noin kaksi prosenttia tekstiileistä soveltuivat sellaisenaan vielä uudelleenkäyttöön.

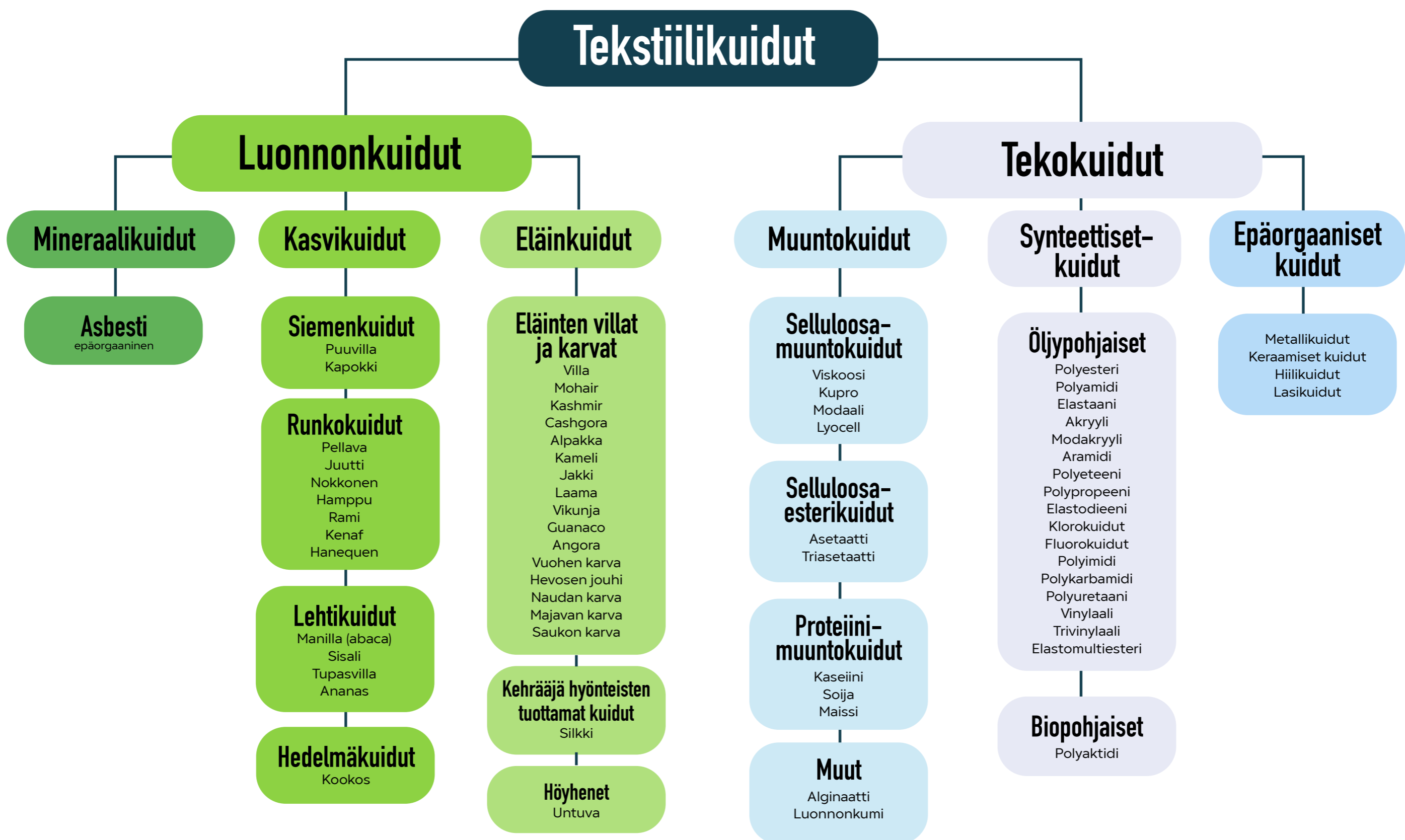
Kerätty poistotekstiili lajitellaan siis eri kategorioihin jatkohyödyntämistä varten:

- uudelleenkäyttöön sellaisenaan soveltuviin,
- kierrätysprosessiin soveltuviin, ja
- energian tuotantoon meneviin.

Tässä yhteydessä kierrätysprosesseilla tarkoitetaan pääsääntöisesti mekaanista kierrätysprosessia, jossa tekstiili revitään takaisin kuiduksi repimiskoneen avulla.

Kierrätysprosessiin soveltuville poistotekstiileille tehdään vielä materiaalilajittelu, jossa eri materiaalit erotetaan toisistaan joko manuaalisesti tai hyödyntämällä tunnistusteknologioita. Tehokas lajittelu tekstiilien ominaisuuksien perusteella mahdollistaa oikean menetelmän hyödyntämisen ja takaa laadukkaamman kierrätyskuidun ja siitä valmistetun lopputuotteen. Tekstiilintunnistus on oleellinen prosessi kun tekstiiliä halutaan jatkohyödyntää erilaisiin tarpeisiin.

Tekstiiliä voidaan tunnistaa **värin, kuidun** ja **kudonnan** mukaan (kuva 1.) Tekstiilien tunnistamista kuitujen, kuderakenteen, värin tms. pohjalta voidaan hyödyntää tekstiilien kierrätysprosessien tehostamiseen.



Kuva 1. Tekstiilikuitujen jaottelu (STJM 2021.)

Tekstiilien kierrätysprosessit vaativat toisistaan eroavia lähtömateriaaleja. **Kemiallisen kierrätyksen** menetelmät vaativat syötemateriaaliksi mahdollisimman yhdenlaista materiaali virtaa. **Mekaanista kierrätystä** hyödyttää sen sijaan tieto siitä, onko tekstiili kudottu vai neulottu. Tiedon pohjalta laitteiston asetuksia voidaan muuntaa ja näin saadaan laadukkaampaa kuitua. **Väripohjainen lajittelu** lisää myös mekaanisesti kierrätetyn kuidun arvoa.

Koneavitteinen (optinen tai muu) tunnistaminen voidaan mieltää puuttuvaksi linkiksi manuaalisen lajittelun ja kuidun kierrätyksen välillä. Automaatio alentaa kokonaiskustannuksia ja tarjoaa helpon mahdollisuuden toiminnan laajennukselle. Automaattisia järjestelmiä hyödyntäen myös haitallisten kemikaalien poistaminen poistotekstiilivirrasta on mahdollista tehokkaasti.

Konenäköjärjestelmät käytännössä näkevät kaiken ja jopa enemmän kuin mitä ihmissilmä. Tekoälyä integroimalla teknologian linkittäminen tekemiseen helpottuu, monien toimien yhdistäminen ja automatisointi mahdollistuu keinoälyä hyödyntäen.

Tässä selvityksessä keskitytäänkin eri teknologioihin ja niiden käyttöön tekstiilien lajittelussa ja tunnistuksessa. Aihetta on haluttu lähestyä mahdollisimman lukijaystävällisesti ja niin, että kuka tahansa voi tämän julkaisun avulla oppia uutta tunnistusteknologioista osana tekstiilien kierrätystä. Työ pohjautuu Telavalue-hankkeessa tehtyyn selvitykseen ja SWOT-analyysiin tunnistusteknologioista.



Tunnistus- teknologiat

Konenäkö



Kuva 2. Linjasto, joka kuljettaa tekstiilin kuvattavaksi ja tunnistettavaksi konenäön avulla. Lijasto löytyy Boråsista (<https://dotankcenter.se/>)

Konenäköä voidaan yksinkertaistettuna ajatella tietokoneen silmänä. Se toimii yleisemmin näkyvän valon taajudella, mikä tarkoittaa että se havaitsee samalla tavalla kuin ihmissilmä kaiken näytteen pinnalla.

Konenäöllä voidaan esimerkiksi:

- Erotella värien perusteella
- Voidaan havaita vain tuotteen pinnalla olevat muutokset, eli lähes kaikki ihmissilmällä näkyvä

Tekstiiliteollisuudessa konenäköä voidaan hyödyntää erilaisiin tarkoituksiin. Sillä voidaan tunnistaa rakenteellisia poikkeavuuksia, kuten nappeja ja reikiä. Tekoälyn lisäyksellä pystytään myös arvioimaan tekstiilin kuntoa, laatua sekä arvoa.

NIPPELI-NURKKA

Nykyisillä konenäkölaitteilla kyetään tarkastelemaan jopa mikrometrien kokoisia kappaleita. Tämä tarkoittaa siis sitä, että parhaimmillaan laitteet näkevät tarkemmin kuin ihmissilmä. Lisäksi jotkin konenäköjärjestelmät kykenevät videotallenteisiin ottamalla jopa 10 000 kuvaa sekunnissa, mahdollistaen niin sanotut super-hidastetut videotallenteet.

Teollisuudessa kameroilla havainnoidaan esimerkiksi pinnanlaatuja ja -virheitä mm. lastulevyistä. Kameroihin paikannetaan lohkeamat ja oksanpaikat.

Nopeutensa ja tarkkuutensa johdosta monissa sarjatuotantolaitoksissa konenäköjärjestelmien avulla tarkastetaan tuotteiden laatua.

Esimerkiksi piirilevyjen valmistuksessa mikroskoopin tarkoilla kameroilla havaitaan tuotteiden virheet merkittävästi tehokkaammin kuin muilla keinoilla.



Lähi- infrapuna

Lähi-infrapuna (near infrared eli NIR) on laitteen ominaisuus jonka avulla voidaan tutkia tekstiilin rakennetta. Lähi-infrapunalla voidaan nähdä tekstiileistä ominaisuuksia, joita ihmissilmä ei kykene havaitsemaan.

Monomateriaalit, esimerkiksi puuvilla, koostuvat materiaaleille yksilöllisistä rakenteista ja ovat siten toisistaan helposti eroteltavissa. Lähi-infrapuna imeytyy näytteeseen vain rajallisesti sen pinnalta ja tämä yleensä rajoittaa menetelmän toimivuutta esimerkiksi monikerrosrakenteiden tutkimuksissa.

Hankaluudet esiintyvät samankaltaisten rakenteiden erottelussa, kuten esimerkiksi selluloosarakenteen omaavat puuvilla ja pellava. Sen sijaan puuvilla ja sen muuntokuitu viskoosi ovat erotettavissa lähi-infrapunalla.

Luonnon- ja synteettisiä kuituja voidaan erottaa toisistaan lähi-infrapun avulla.

Lähi-infrapunalla pystytään tunnistamaan esimerkiksi:

- Puuvilla
- Tensel
- Silkki
- Polylaktidi
- Polypropeeni
- Polyesteri



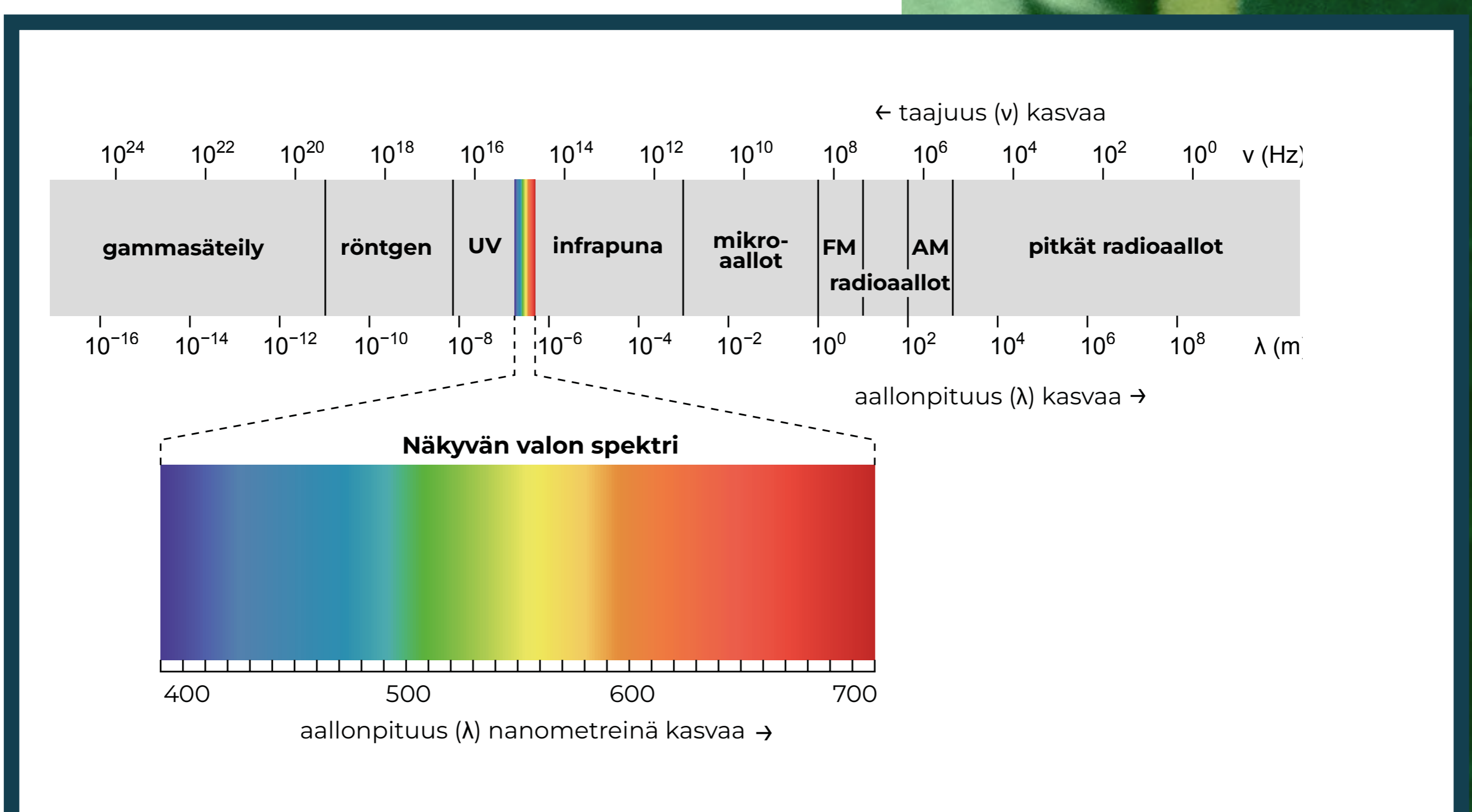
Villa ja Kashmir sekä puuvilla ja pellava toisinaan vaihtelevasti tunnistuvat ristiin.

NIPPELI-NURKKA

Lähi-infrapunalla tarkoitetaan sitä elektromagneettisen (EM) säteilyn aluetta, joka on lähimpänä näkyvän valon spektriä. Tarkemmin sanottuna puhutaan tyypillisesti 800–2500 nm aallonpituuksista. Aallonpituuden yhä kasvaessa puhutaankin jo keski-infrapunasta ja lopulta kauko-infrapunasta, jotka lähenevät mikroaaltojen kategoriaa.

Infrapunäsäteilyä voidaan hyödyntää mm. lämpökameroissa, joilla havaitaan esimerkiksi rakennusten kylmävuotoja. Infrapunaspektroskopia ei tyypillisesti vahingoita tarkkailtavaa näytettä, mutta aiheuttaa sen molekyyli-rakenteessa liikettä kullekin molekyylille tyypilliseen tapaan.

Lähi-infrapuna mahdollistaa orgaanisten aineiden kemometrisen tunnistamisen eli kun lähi-infrapun energia sitoutuu näytteeseen sen molekyyli-rakenteen, saadaan materiaalista yksilöllinen spektri – eräänlainen rakennekuva. Tätä kerättyä dataa käsitellään ja analysoidaan matemaattisesti ja sen avulla kyetään päättämään tuntemattomastakin näytteestä sen koostumus.



Useat eri eläinperäiset kuidut on eroteltavissa toisistaan lähi-infrapunaspektroskopian eli NIR- spektroskopian avulla. Epäselvissä tapauksissa analyysitulokset voidaan varmistaa muiden kemometrinen analyysien kautta, eli laboratoriossa suoritettavien kokein, tarkastaen näytteiden materiaaliominaisuudet. **NIR-menetelmä soveltuu tekstiilien kiertotaloudessa materiaalin tunnistamiseen** sekä pinnoitteiden ja kyllästeaineiden havainnointiin nopeasti ja näytteitä vahingoittamatta.

Pintaa lukevana menetelmänä NIR-laitteilla ei helposti kyetä erottelemaan näytteitä joissa on jonkinlainen pinnoite.





NIPPELI- NURKKA

Tällä hetkellä käytössä on erilaisia laitteistoja, jotka hyödyntävät lähi-infrapunaa. Spektroskooppiseen toimeen kuuluu tyypillisesti noin 0,01–0,05 sekuntia ja datan analysointiin 1–15 sekuntia.

Käytössä olevia laitteistoja tällä hetkellä ovat:

- Laboratoriolaitteistot laajemmalla tarkasteltavalla aallonpituusvälillä.
- Käsikäyttöiset NIR laitteet tyypillisesti kapeammilla havainnoitavilla väleillä.

Spektridatan analysointiin kuluvaan aikaan vaikuttaa analyysilaitteen ja mahdollisen laskentaa suorittavan laitteen väliset yhteydet. Joissain tapauksissa laskentaa suoritetaan tietokonein, jotka kytketään kaapelein, ja toisissa tapauksissa yhteys on esimerkiksi puhelimeen ja/tai välilaitteen kautta pilvipalveluihin.

Spektridataa kustakin näytteestä kerätään teollisessa käytössä hyvin erikoistuneesti, jolloin datan käsittelyyn ei välttämättä kulu suuria aikoja. Syvälliseen materiaalianalyysiin kuluu enemmän aikaa.



Hyperspektri- kuvantaminen

Hyperspektrikuvantamislaitteisto (HSI) on spektrometri, jolla tarkastellaan sekä näkyvän valon että lähi-infrapun säteilyn aallonpituuksia. Kattavien taajuusalueiden avulla näytteestä saadaan samanaikaisesti siis kuva, sekä materiaalitietoutta. Tällä hetkellä käytössä olevat hyperspektrikuvantamiskoneet ovat jopa yhtä tarkkoja kuin konenäkökamerat ja niillä voidaan siten määrittää esimerkiksi yksittäisien lankojen materiaali.

Usein kustannuksien alentamiseksi HSI-laitteissa on rajallinen NIR alueen tarkastelutajuus. Kavennettu NIR alue alentaa materiaalianalyysin kattavuutta ja siten sen pohjaista erottelukykystä kun taas laajentamalla tarkkailtavaa säteilyaluetta lisätään datan määrää ja siten sen käsittely-aikaa. Tämän takia tiettyihin tarkoituksiin laitteistoksi saatetaan olla valitsematta kaikkein kattavinta säteilyaluetta.

Toisaalta laajalla tarkastelualueella on mahdollista löytää datan riippuvuussuhteita näytteen aineellisiin ominaisuuksiin. Tällaisia tutkittuja korrelaatioita on mm. polymerisatioaste, eli eräänlainen kiinteys.

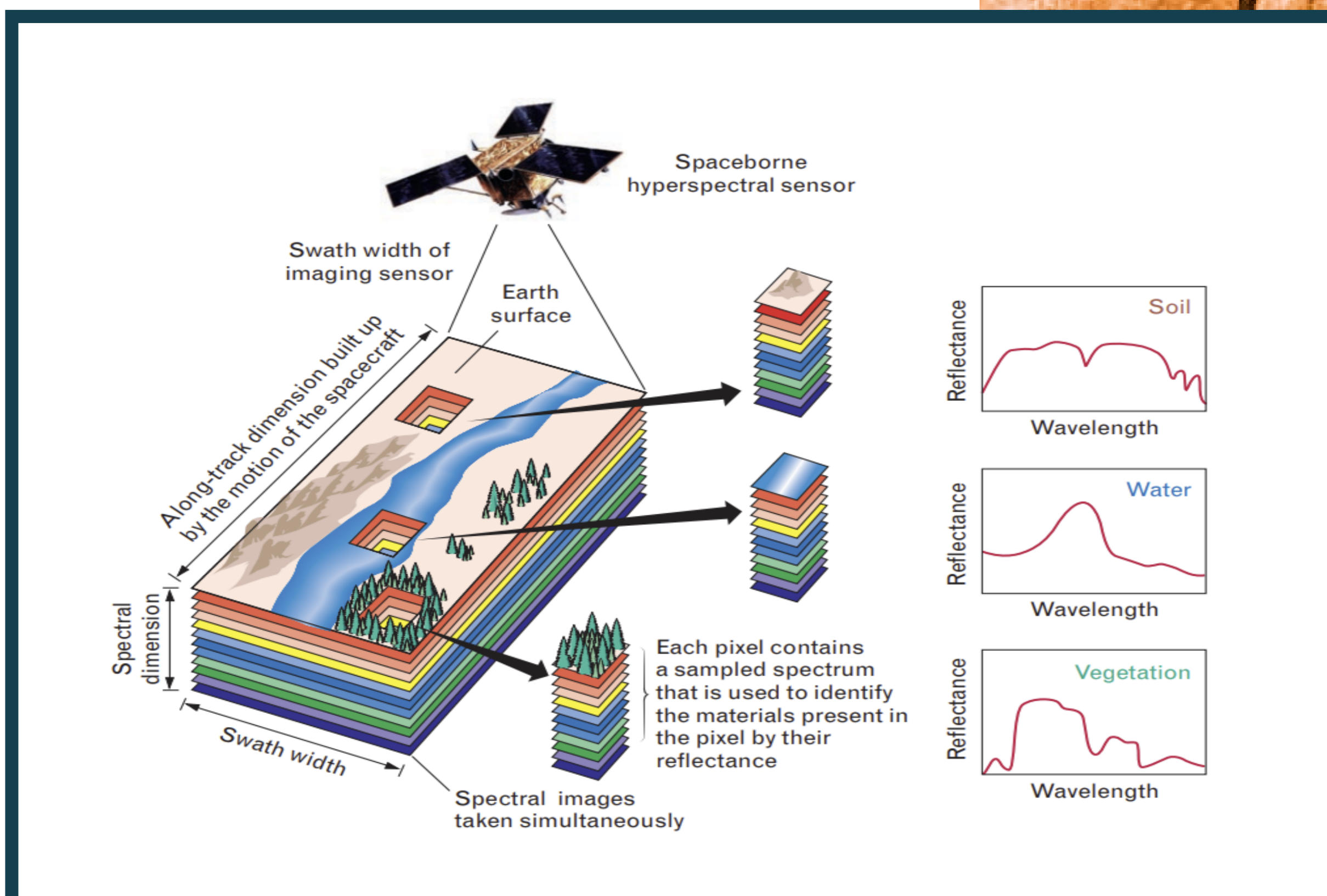
HSI-laitteita hyödynnetään eniten tutkimuksellisessa käytössä.


NIPPELI-NURKKA

Hyperspektrilaitteisto voi toimia 400-2500 nanometrin EM-aaltoalueilla. HSI laitteissa voidaan myös hyödyntää laajempaa EM-säteilyaluetta. Laite siis havainnoi pinnassa ihmissilminkin erotettavia asioita, kuten konenäköjärjestelmätkin, sekä lähi-infrapuna-alueen materiaalipohjaista informaatiota. Tarkastettava näytealue jaetaan pikseleiksi, jotka kukin voidaan analysoida erikseen. Kameran tarkkuus osaltansa vaikuttaa kunkin pikselin kokoluokkaan.

Lähi-infrapunasäteily tosin saattaa näytteeseen osuessaan sirotta, eli hajaantua, minkä johdosta laitteilla ei välttämättä voida saada tarkkaa NIR spektriä pienimmistä mikrometrien pikselikokoluokista. Erityisesti epätasainen näytepinta voi lisätä sirontaa ja pieniin datapikseleihin voi kohdistua viereisten sironnan energiaa.

HSI laitteilla tarkastellaan mm. maapallon pintaa satelliiteista käsin. Menetelmällä voidaan kartoittaa maaperän vehreyttä, etsiä malmikonsentraatioita tai myös tarkastella peltomaan ja -kasvien kuntoa. 30 kilometrin korkeudessa kulkevalla satelliittikameralla voidaan erottaa maan pinnasta noin 1-3 metrin kokoisia pikseleitä.





**SWOT-
analyysi
tunnistus-
teknologioista**

Konenäkö SWOT

S	Vahvuudet (Strengths)	W	Heikkoudet (Weaknesses)
	<ul style="list-style-type: none">• Nopea• Edullinen• Tarkka – verrattavissa jopa mikroskooppiin• 2D ja 3D mahdollisuudet• Värin ja pinnan epäsuunnollisyyksien tunnistaminen		<ul style="list-style-type: none">• Vaatii näytteiden manuaalista käsittelyä optimaalisen näkyyden mahdollistamiseksi• Oikeanlainen valaistus tarkoin määriteltävä

O	Mahdollisuudet (Opportunities)	T	Uhat (Threats)
	<ul style="list-style-type: none">• Vähentää käsin tehtävän lajittelun tarvetta poistotekstiilin lajittelussa• Voi tunnistaa tekstiilin kunnon, uudelleenkäyttöpotentiaalin, laadun ja arvon• Tekoälyn käyttö mahdollistaa paremman lopputuloksen		<ul style="list-style-type: none">• Vaatii näytteiden manuaalista käsittelyä optimaalisen näkyyden mahdollistamiseksi• Oikeanlainen valaistus tarkoin määriteltävä

Lähi-infrapuna SWOT

S

Vahvuudet (Strengths)

- Yleisesti ottaen nopea.
- Edullinen teknologia.
- Ei vahingoita näytettä.
- Monet orgaaniset materiaalit tunnistettavissa.

W

Heikkoudet (Weaknesses)

- Taajuudet määrittelee materiaalin tunnistusta.
- Pintalukumenetelmä, joten li-kaisuus voi olla esteenä tunnistuksessa.
- Jotkut väriaineet vaikuttavat alhaisella NIR aallonpituuden asteikolla, ja siten voi vääristää tunnistusta.

O

Mahdollisuudet (Opportunities)

- Tunnistustarvikkeet voidaan valmistaa käsikäyttöiselle tunnistuslaitteelle
- Käsikäyttöisellä laitteella voidaan tehostaa käsin tehtävää työtä
- Linjastolle asetetulla tunnistuslaitteella voidaan käsitellä suurempiakin massoja
- NIR tunnistuksen avulla voidaan mm. päätellä materiaalin käyttäytymistä eri lämpötiloissa

T

Uhat (Threats)

- Hyperspektrisellä koneella on suurempi potentiaali - yksi kaikkia varten tyyppinen-ratkaisu
- Keski-infrapuna (MIR) voi tarjota suuremman tarkkuuden materiaalien tunnistamisessa

Hyperspektri- kuvantaminen SWOT

S Vahvuudet (Strengths)	W Heikkoudet (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none">• Yhdistää konenäön ja NIR teknologioiden vahvuuksia• Värien tunnistus, näytteen epäkohtien, kuten reikien, li-kojen, printtien sijaintien ha-vainnointi• Ei vahingoita näytteitä	<ul style="list-style-type: none">• NIR aallonpituudet määrittele-vät materiaalin tunnistuksen• Pintaa lukeva metodi – häiriin-tyy epäpuhtauksista• Yleisesti hitaampi menetelmä kuin kumpikaan yhdistetyistä laitteista itsenäisesti• Tavanomaisesti kapeat NIR aal-lonpituusvälit tarkkailussa
O Mahdollisuudet (Opportunities)	T Uhat (Threats)
<ul style="list-style-type: none">• Yhdessä linjastossa yksi rat-kaisu kaikkeen• Värien, nappien, reikien, mate-riaalien tunnistus• NIR spektrien korrelointi fyy-sisiin ominaisuuksiin, kuten polymerisaatioaste	<ul style="list-style-type: none">• Kallis – kustannus kasvaa mitä laajempaa aallonpituusväliä ha-luaa tarkastella• NIR laitteet ja niiden käsikäyt-töiset versiot



**Automatisoidut
lajittelulinjastot
maailmalla**

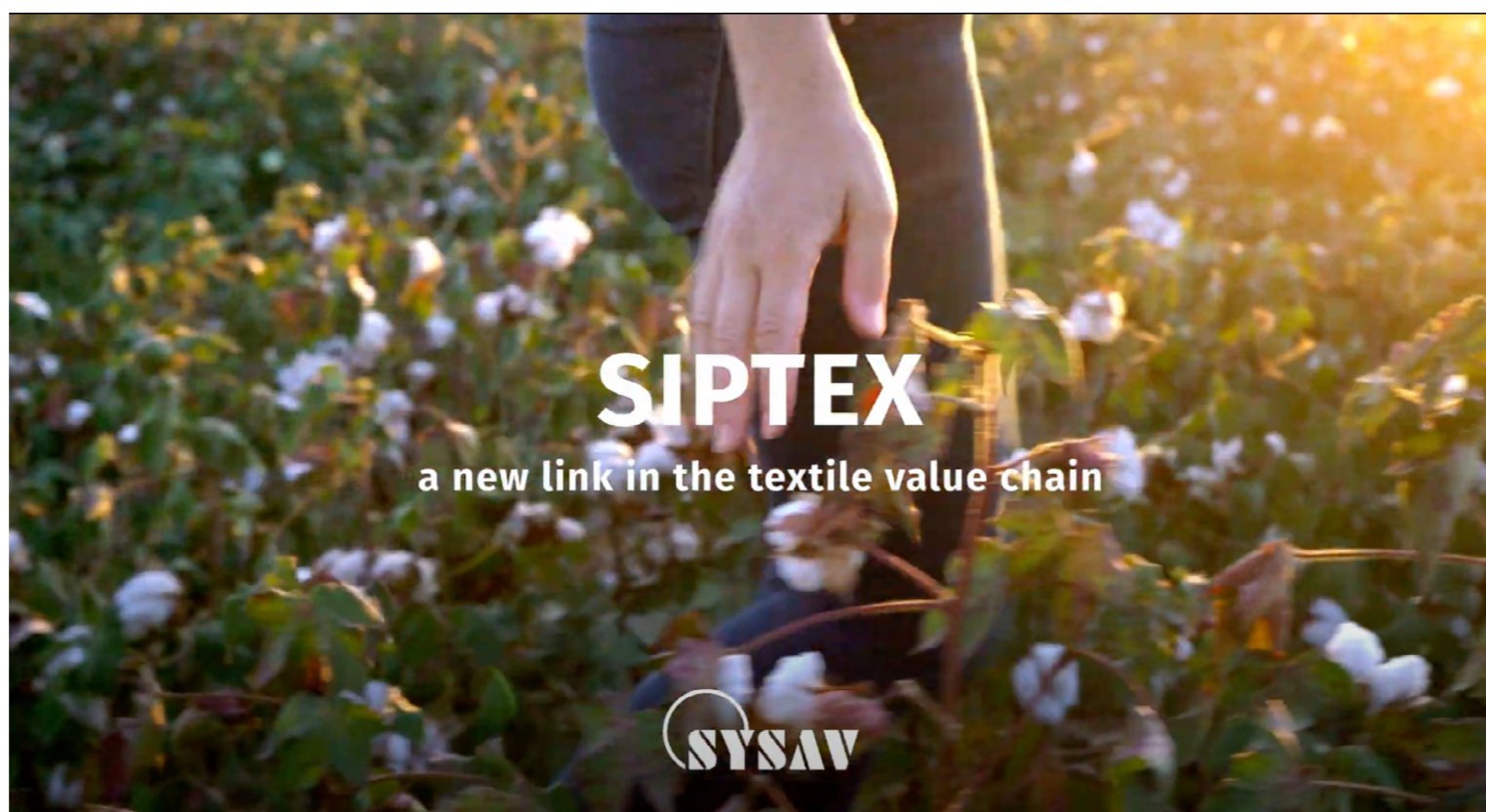
SIPTex.

SYSAV, Malmö, Ruotsi



Maailman ensimmäinen täysin automatisoitu lajittelulinjasto, jossa tekstiiliä lajitellaan materiaalipohjaisesti Tomran ja Stadlerin valmistamin lähi-infrapunalaittein.

Linjastossa tekstiilit saapuvat paikalle paalattuna, jotka avataan pyörörummun avulla ja siirretään hihnakujujettimelle, jossa NIR-tekniikalla niiden materiaali selvitetään. Tämän jälkeen näytteet ohjataan ilmanpaineella puhaltaen eri lokeroihin.



Katso video klikkaamalla (aukeaa Youtubeen)

Lisätietoa:

- [Video: Siptex at Sysav - automated textile sorting in industrial scale \(Youtube\)](#)
- [TOMRA and STADLER deliver world's first automated textile sorting plant](#)

Wargön Innovation

University West, Ruotsi



Demolaitos, jossa selvityksen aikana tekstiilivirtaa jaotellaan 46 erilaiseen luokkaan hyödyntäen Fibersort lähi-infrapunalaiteistoa.

Tekstiilinäytteet asetetaan hihnakuljettimelle käsin, jossa näytteen materiaali tunnistetaan NIR laitteella ja josta näytteet puhalletaan ilmanpaineen avulla omiin lokeroihinsa.



Katso video klikkaamalla (aukeaa Youtubeen)

Lisätietoa:

- [Fiber scanner for automated textile sorting of the future](#)

Valvan

Wieland Textiles, Wormerveer, Alankomaat



Kolmenlaisia Fibersort laitteistoja on olemassa.

Manuaalinen, jossa henkilö hyödyntää käsikäyttöistä NIR laitetta.

Puoliautomaticoitu, jossa ihminen asettelee hihnakuljettimelle ja NIR ja konenäkölaittein näytteestä tunnistetaan ominaisuuksia, joiden perusteella niitä jaotellaan lokeroihin.

Täysin automaticoitu, jossa toimenpiteet syöttämisestä vailla ovat samat kuin puoliautomaticoidussa. Syöttäminen tapahtuu automaattisesti.



Katso video klikkaamalla (aukeaa Youtubeen)

Lisätietoa:

- [Smart fiber sorting](#)

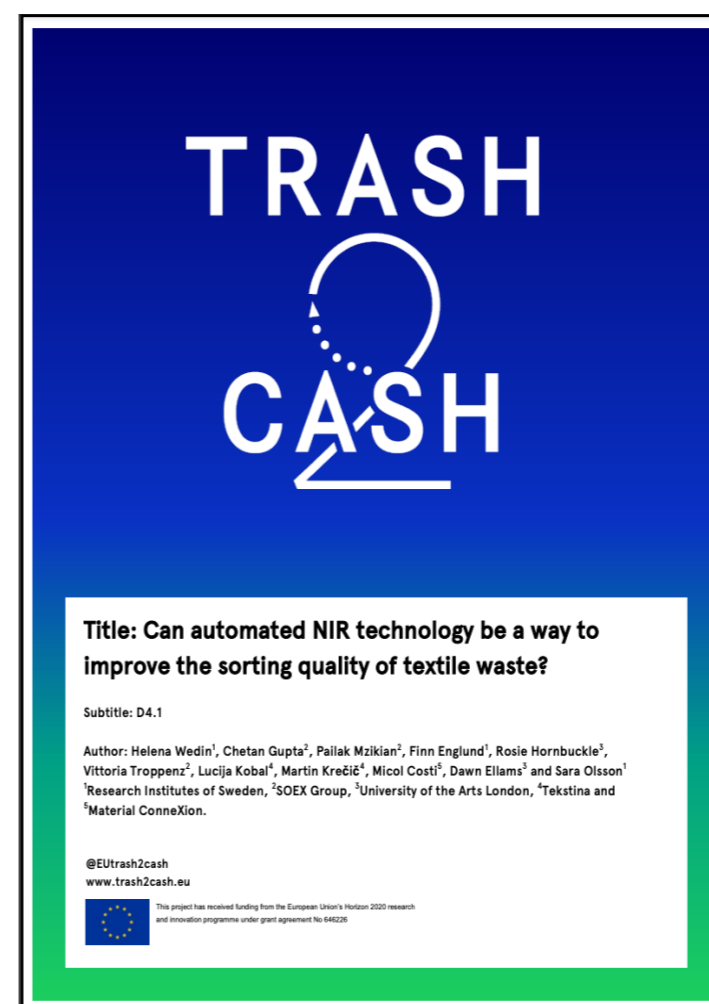
Lisätietoa

EL-AR
USA 04

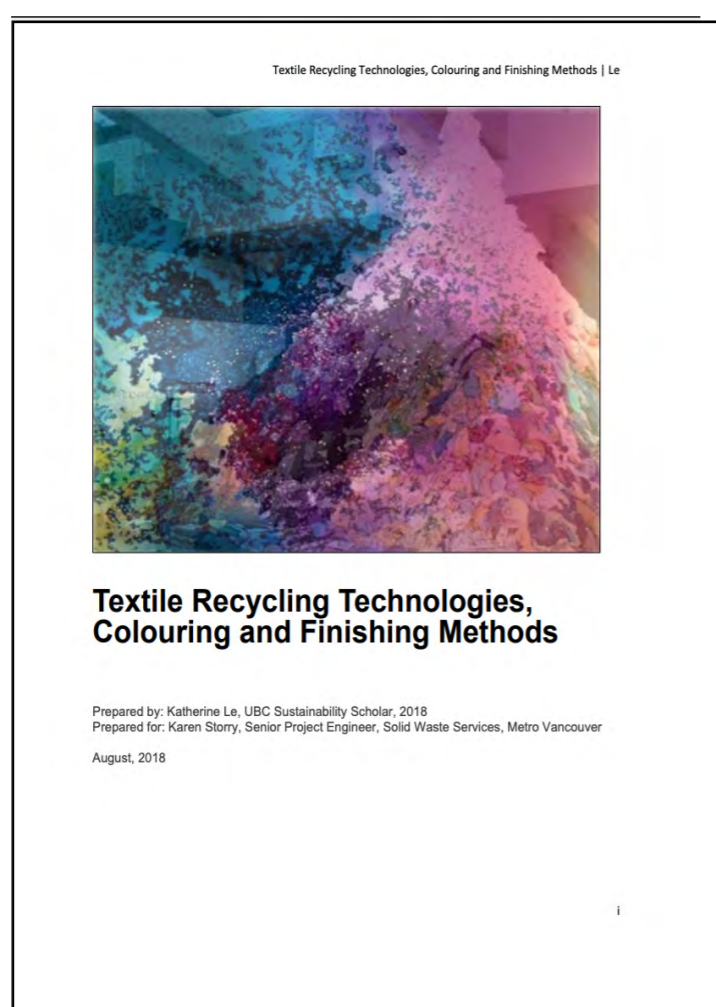
**Mielenkiintoisia selvityksiä aiheeseen liittyen.
Pääset tiedostoon klikkaamalla nimeä tai kuvaa.**



Tekstiilikuitujen kierrätys:
Study on the technical, regulatory, economic and environmental effectiveness of textile fibres recycling - final report (pdf)



NIR-tekniologian käyttö lajittelussa:
Can automated NIR technology be a way to improve the sorting quality of textile waste? (pdf)



Tekstiilin kierrätysteknologiat:
Textile Recycling Technologies, Colouring and Finishing Methods (pdf)



Tekstiilin lajittelu- ja tunnistusteknologiat:
Technical monitoring on optical sorting and textile recognition technologies at a European level (pdf)

Lähteet

Arvez, E. & Rintala, N. Tunnistusteknologiat laitettiin suurenuslasin alle. Telaketju. Viitattu 16.4.2024. Saatavissa <https://www.labopen.fi/lab-pro/tunnistusteknologiat-laitettiin-suurenuslasin-alle/> & <https://telaketju.turkuamk.fi/telavaluen-tuloksia/tunnistusteknologiat-laitettiin-suurenuslasin-alle/>

LSJH. 2024a. Lajitteluprosessi. Viitattu 27.2.2024. Saatavissa <https://poistotekstiili.lsjh.fi/poistotekstiilin-kerays-ja-lajittelu/lajitteluprosessi/>

LSJH. 2024b. Poistotekstiili. Viitattu 27.2.2024. Saatavissa <https://lsjh.fi/mita-haluat-lajitella/poistotekstiili/>

Salpakierto. 2024. Vuoden aikana kotitalouksien poistotekstiilejä kerätty noin 50 000 kiloa. Viitattu 27.2.2024. Saatavissa <https://salpakierto.fi/vuoden-aikana-kotitalouksien-poistotekstiileja-keratty-noin-50-000-kiloa/>

STJM. 2021. Tekstiilikuituopas. Viitattu 7.3.2024. Saatavissa <https://www.stjm.fi/palvelut-ja-tietoa-yrityksille/materiaalit-kemikaalit-ja-standardit/tekstiilimateriaalit/>

Kuvalähteet:

Ykstoinen. EM_spectrum.svg: Zedh derivate work. Wikimedia Commons.

Shaw, G. & Burke, H. 2003. Spectral Imaging for Remote Sensing. Lincoln Laboratory Journal, Volume 14. Viitattu 5.5.2024. Saatavissa <https://courses.cs.washington.edu/courses/cse591n/07sp/papers/Shaw2003.pdf>

Lajittelulaitteistot maailmalla -linkit:

s. 21

- Sysav. 2022. Siptex - a new link in the textile value chain. Youtube-video. Viitattu 7.6.2024. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=tGtB61ARrSg>
- Sysav. 2021. Siptex at Sysav - Automated textile sorting in industrial scale Youtube-video. Viitattu 7.6.2024. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=aJ4ON4aZHJA>
- Tomra. 2021. TOMRA and STADLER deliver world's first automated textile sorting plant. Viitattu 7.6.2024. Saatavissa <https://www.tomra.com/en/discover/waste-metal-recycling/customer-stories/sysav-industri-ab>

s.22

- Wargön Innovation. 2019. Automatiserad textilsortering - skoplockningsrobot. Youtube-video. Viitattu 7.6.2024. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=HH-fy3j-il3I>
- University West. 2021. FIBER SCANNER FOR AUTOMATED TEXTILE SORTING OF THE FUTURE. Viitattu 7.6.2024. Saatavissa <https://www.hv.se/en/news-archive/fiber-scanner-for-automated-textile-sorting-of-the-future/>

s.23

- Valvan. 2023. Fibersort: Double sided sorting Youtube-video. Viitattu 7.6.2024. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=GTTR-yAtHf4>
- Smart Fiber Storting. 2024. Viitattu 7.6.2024. Saatavissa <https://smartfibersorting.com/>

Lisätietoa -sivu:

Study on the technical, regulatory, economic and environmental effectiveness of textile fibres recycling - final report (pdf). Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/739a1c-ca-6145-11ec-9c6c-01aa75ed71a1/language-en>

Can automated NIR technology be a way to improve the sorting quality of textile waste? (pdf). Viitattu 11.6.2024. Saatavissa https://static1.squarespace.com/static/5891ce37d2b857f0c58457c1/t/5a0049d-26c3194747a7de384/1509968342157/october_2017_rise_report.pdf

Textile Recycling Technologies, Colouring and Finishing Methods (pdf). Viitattu 11.6.2024. Saatavissa https://sustainable.ubc.ca/sites/default/files/2018-25%20Textile%20Recycling%20Technologies%2C%20Colouring%20and%20Finishing%20Methods_Le.pdf

Technical monitoring on optical sorting and textile recognition technologies at a European level (pdf). Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://refashion.fr/pro/sites/default/files/rapport-etude/Terra%20summary%20study%20on%20textile%20material%20sorting%20VUK%20300320.pdf>

Kuvituskuvalähteet:

kansi : Akyurt, E. 2020. Yellow fabric texture. Unsplash. Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/yellow-textile-in-close-up-photography-aXVro7IQyUM>

s. 3, 4, 28: Akyurt, E. 2020. Yellow fabric texture. Unsplash. Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/yellow-textile-in-close-up-photography-aXVro7IQyUM>

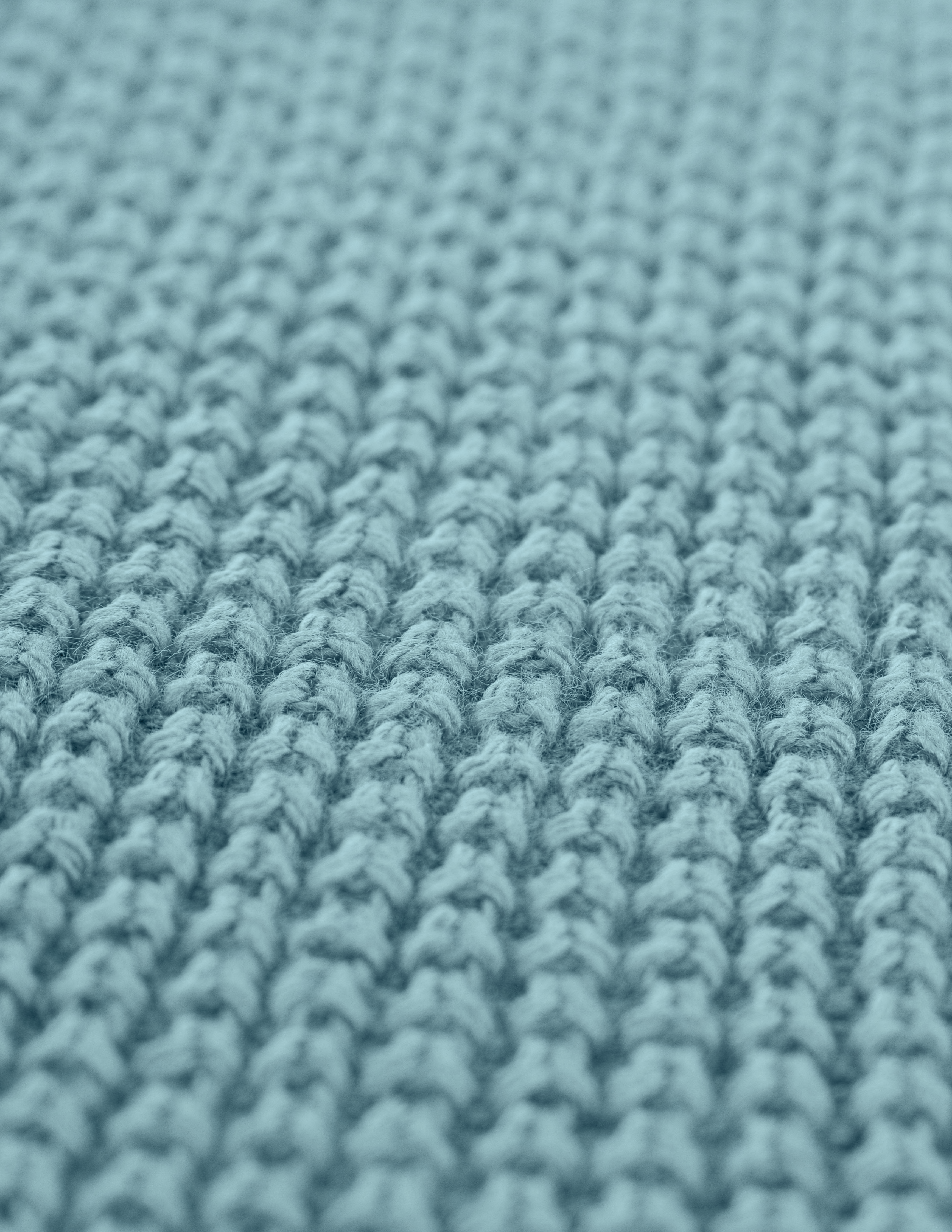
s. 9 & 17: Ryzhov, S. Measuring microscope to control parts in manufacturing. Adobe Stock. Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://stock.adobe.com/fi/images/measuring-microscope-to-control-parts-in-manufacturing/233025231>

s. 13: Lavoie, M-F. 2020. Unsplash. Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/blue-and-white-textile-on-white-textile-EDSTj4kCUcw>

s. 14, 15 & 19: Loke, M. 2018. Unsplash. Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/assorted-color-shirt-lot-hang-on-rack-xXJ6utyoSwo>

s. 5, 7, 20 & 24: Reinoso, A. 2020. A pile of dirty clothes. Unsplash. Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/blue-denim-jeans-on-blue-denim-jeans--llmDnJg5cc>

s. 10, 11 & 16: De Partee, N. 2018. Unsplash Photo Walk Portland. Unsplash. Viitattu 11.6.2024. Saatavissa <https://unsplash.com/photos/assorted-apparels-5DLBoEX99Cs>



Euroopan unionin
osarahoittama



LAB University of
Applied Sciences



ETELÄ-
KARJALAN
LIITTO



Päijät-Hämeen liitto
The Regional Council of Päijät-Häme