

# Tekstiilin tunnistusteknologioista

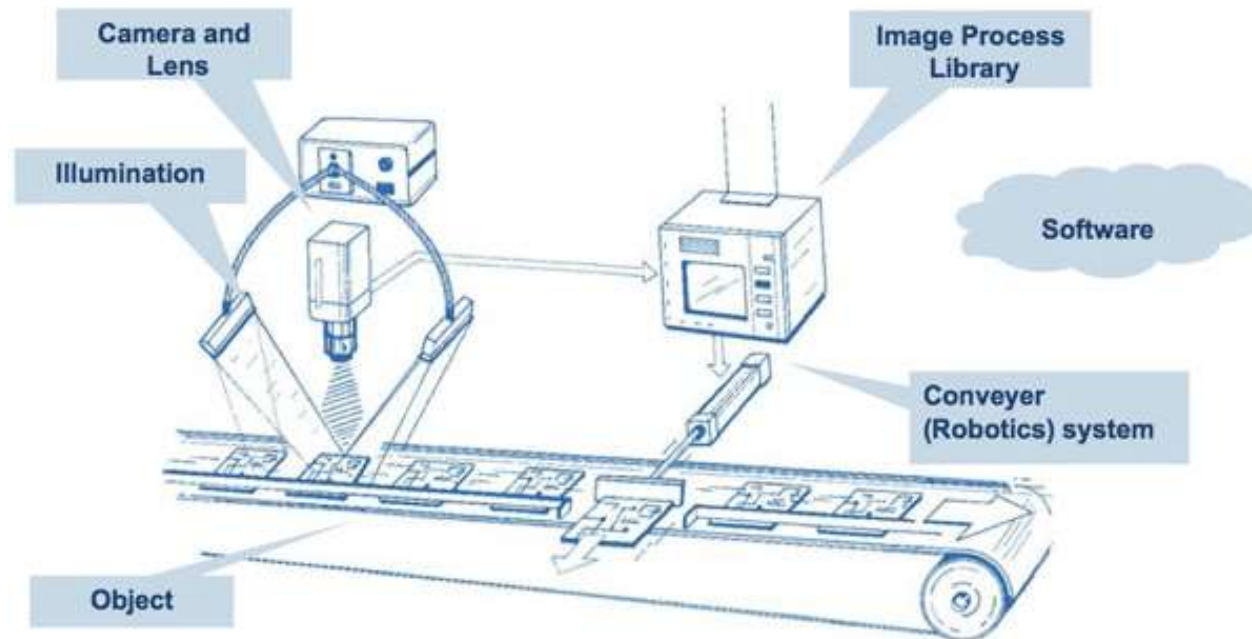


## Johdanto

- Tekstiilien tunnistaminen niiden kuitujen, rakenteen ja/tai värin perusteella hyödyttää niiden kierrättämistä – kierrätysprosessien vaatimukset vaihtelevat tekstiilin ominaisuuksien sekä tavoitellun lopputuotteen mukaan.
- Koneavusteiset tunnistusmenetelmät ovat avaintekijä siirryttäessä manuaalisesta lajittelusta kuitujen kierrättämiseen
- Automatisoinnilla / robotisaatiolla voidaan tehostaa kestävää tekstiilien kiertotaloutta
- Tässä käydään läpi muutamia esimerkkejä tunnistusteknologioiden nykytilanteesta

# Konenäkö

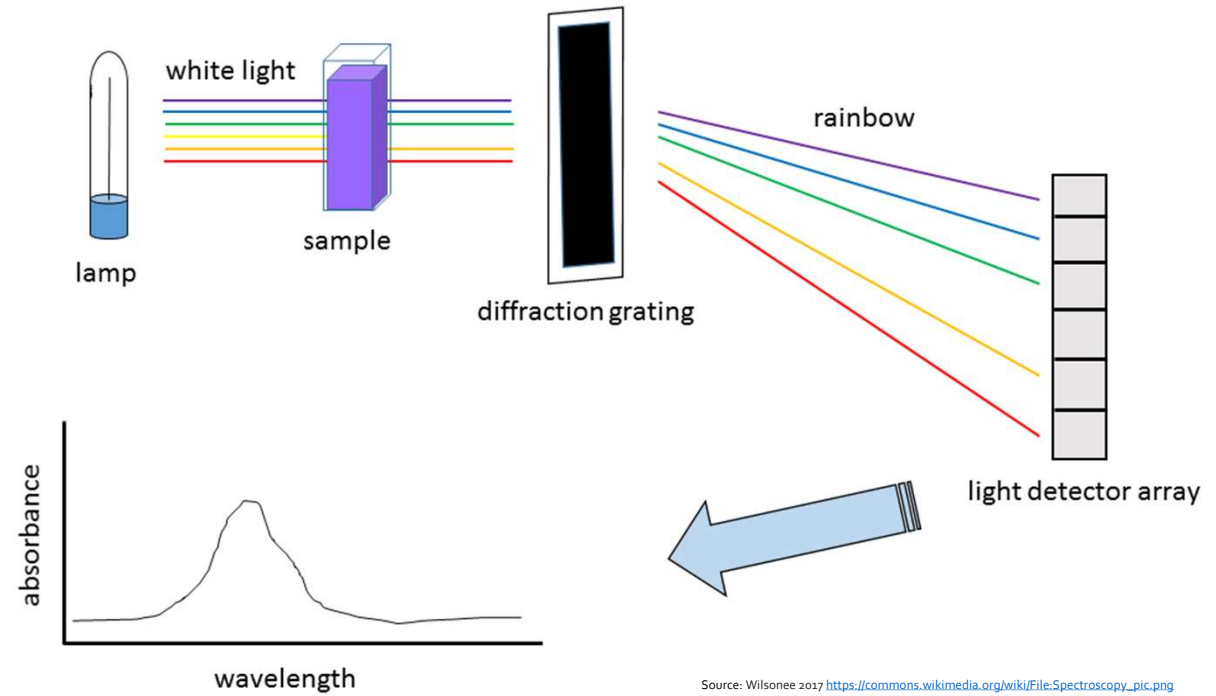
- Yksinkertaistetusti konenäköjärjestelmiä voidaan ajatella laitteen silmänä
- Yleisimmin toimivat näkyvän valon alueella
  - Värin erottelu
  - Musta-valkoisella näköjärjestelmällä voidaan tehostaa pinnanmuotojen kontrastia
  - Vain näkyvät asiat voidaan havaita – kaikki mikä voi nähdä, voidaan havaita
- Tekstiileihin soveltaen
  - Pinnan epäkohtien havainnointi – reiät, napit, printit jne.
- Tekoälyä hyödyntäen arvon määrittely kokonaiskunnan, iän mukaan
- Nykyjärjestelmien kyvykkyys:
  - 3d järjestelmät havaitsevat mm. 0,06mm z-d tasolla ja 0,004-0,265 mm z-akselilla
  - Jopa 10 tuhatta kuvaa sekunnissa



Source: European Editors 2011 <http://www.digikey.com/en/articles/techzone/2012/jan/versatile-leds-drive-machine-vision-in-automated-manufacture>

# Lähi-infrapuna

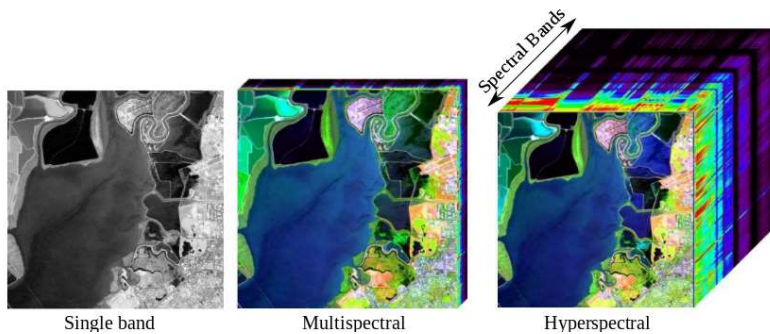
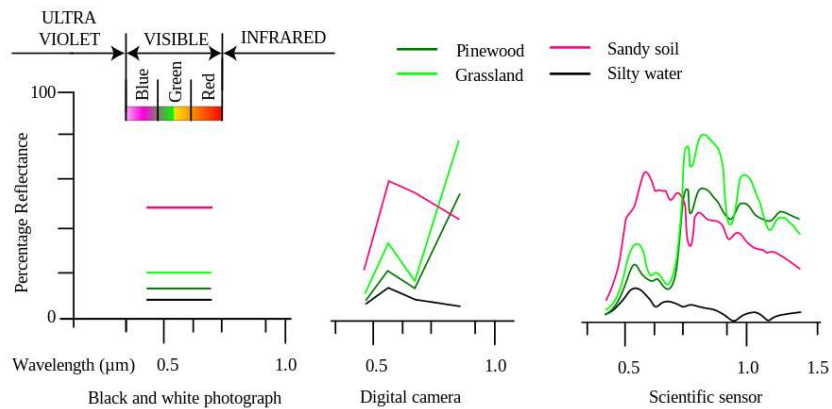
- NIR spektrillä tarkoitetaan elektromagneettista säteilyä 800-2500nm aallonpituusvälillä
  - Laboratorio ja teollisuuslaitteissa laajat tarkasteltavat aallonpituusvälit
  - Käsi­käyt­toisissä tyypillisesti kapeammat ja spesifit
  - Kemometrisen mää­ri­tyk­sen orgaanisista
  - Monomateriaaleilla kullakin oma molekyyli­ra­kenne ja siten spektri
  - Ener­gian läpi­kulku rajallista -> pintaa lukeva menetelmä
    - Pintakäsittelyt häiritsevät materiaalitunnistusta
- Materiaalit voidaan tunnistaa ja lajitella esim:
  - Luonnonkuidut: puuvilla, silkki, villa(t) jne.
  - Keinotekoiset kuidut: polyester, polyamidi, viskoosi jne.



Source: Wilson 2017 [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spectroscopy\\_pic.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spectroscopy_pic.png)



# Hyperspektrijärjestelmät



Source: Arbeck 2013  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mono\\_Multi\\_and\\_Hyperspectral\\_Cube\\_and\\_corresponding\\_Spectral\\_Signatures.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mono_Multi_and_Hyperspectral_Cube_and_corresponding_Spectral_Signatures.svg)

- Yhdistää Koneen ja Lähi-infrapuna spektroskopian
  - Näkyvä valo ja lähi-infrapuna, 400 - 2500 nm
  - Tutkittava alue pilkotaan pikseleihin, jotka voidaan analysoida erikseen
  - Pikselien erillinen tutkiminen tarkentaa pinnanlaadun analysointia
- Tarkoissa laitteissa analysointiaika nousee
- Spektridatan korrelaatio fyysisiin ominaisuuksiin rajallisesti mahdollista
  - Polymerisaatioaste
  - Vanheneminen
  - Langan yhteneväisyys
- Nykyisellään yhtä tarkkoja kuin konenäköjärjestelmät
  - Pikselikohtainen analysointi mahdollistaa yksittäisten lankojen analysoinnin

# Konenäkö

| Strengths   | Weaknesses  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Nopea</li><li>- Halpa</li><li>- Tarkka – verrattavissa mikroskooppiin</li><li>- 2D ja 3D mahdollisuus</li><li>- Värin tunnistus</li><li>- Pinnan epäkohtien tunnistus</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Näytteen asettelu parhaan näkymän saavuttamiseksi työlästä</li><li>- Valo-olosuhteet oltava kontrolloidut</li></ul> |
| Opportunities   | Threats   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Käsityön tarpeen väheneminen</li><li>- Tekstiilin kunto, jälleenmyyntiarvo, laatu arvioitavissa</li><li>- Tekoälyn integraatiolla suurempi vaikutus</li></ul>                   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Hyperspektri yhdistää NIR ja konenäön</li><li>- Arvoketjun hyöty ei selkeä</li></ul>                                |
|   |   |

# NIR

| Strengths  | Weaknesses  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Nopea ja rikkomaton materiaalianalyysi</li><li>- Laajasti käytössä – hintataso kohtuullinen</li><li>- Monet orgaaniset yhdisteet tunnistettavissa</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>- Aallonpituuden tarkasteluväli määrittää materiaalin tunnistusta</li><li>- Pintaa lukeva – pinnoitteet häiritsevät materiaalin tunnistusta</li><li>- Jotkin väriaineet voivat häiritä tunnistusta tietyillä tarkasteluväleillä</li></ul> |
| Opportunities  | Threats   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Käsikäyttöisiä laitteita saatavilla – helposti adoptoitavissa</li><li>- Käsityön tueksi</li><li>- Linjastomallit suurille volyymeille</li><li>- NIR spektrien mahd. korrelointi fyysisiin ominaisuuksiin – kunnon määrittely</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Hyperspektrillä potentiaalia monipuolisempänä ratkaisuna</li><li>- Keski-Infrapunajärjestelmät kattavampaan analyysiin</li></ul>  |

# Hyperspectral equipment

| Strengths   | Weaknesses   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Yhdistää konenäön ja NIR tekniikoiden vahvuuksia</li><li>- Väriin tunnistus, pinnan poikkeavuudet, materiaalin muutokset</li><li>- Näytettä vahingoittamaton menetelmä kemometriseen määrittelyyn</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Aallonpituusväli määrittää tunnistusmahdollisuuksia</li><li>- Pintaa lukeva metodi</li><li>- Tavallisesti hitaampi kuin tavallinen NIR- laitteisto</li></ul> |
| Opportunities   | Threats  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Yksi väline ratkaisuna moneen</li><li>- NIR spektrien mahd. korrelointi fyysisiin ominaisuuksiin – kunnon määrittely</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>- Tavallisesti korkea hintataso</li><li>- NIR ja käsikäyttöiset mallit</li></ul>   |



# Maailmalla

Valmistajia:

- Pellenc ST
- PicVisa
- Tomra
- Valvan
- Matoha
- Senorics
- Spectral Engines
- Specim
- Trinamix
- Cognex



Esimerkkejä käytetyistä laitteista euroopassa. Source: Refashion 2023, Veille européenne sur les technologies de tri optique et de reconnaissance, de tri et de déliassage des matières textiles, Terra 2023.

# The Best of Both Worlds