

# Aktiivinen spektrikamera pitkän kantaman kohteen tunnistamiseen

Teemu Kääriäinen ja Timo Dönsberg

Tutkimuksen kesto 2 vuotta (1/2023 – 12/2024)  
MATINE rahoituksen osuus 99898€

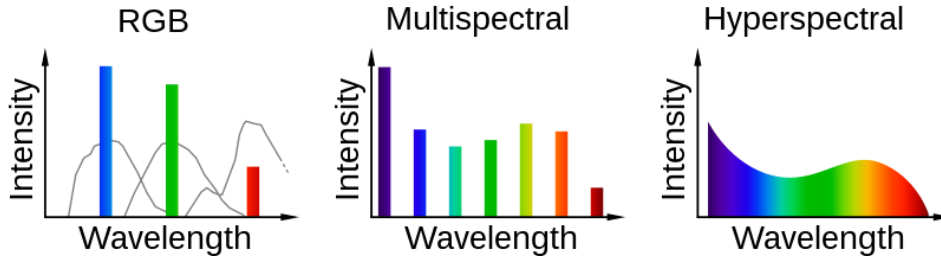
13/11/2023 VTT – beyond the obvious

# Sisältö

1. Hyperspektrikuvantaminen ja aktiivinen hyperspektrikuvantaminen
2. Projektin tavoitteet
3. Projektin edistyminen ja tulokset
4. Yhteenveto

# Hyperspektrikuvantaminen

- Tyypillinen kamera mittaa kohteesta kolme pääväriä
- Hyperspektrikuvassa jokainen kuvan piste sisältää laajakaistaisen heijastus-spektrin
- Jopa satoja eri aallonpituuksia



# Hyperspektrikuvantaminen puolustuksessa

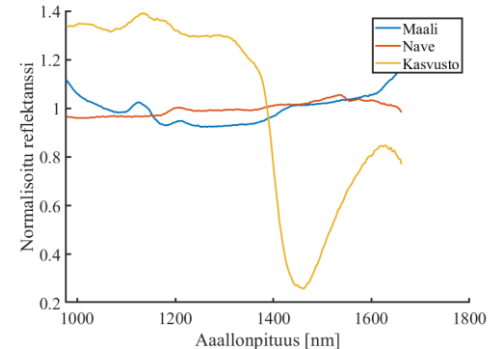
- Kohteiden tunnistus perustuu materiaalien ominaisiin heijastusominaisuuksiin
- Erityisesti SWIR-alue (1000nm – 2500nm) kiinnostava erottelukykynsä takia



Testikohteita. Kaupallinen naamioverkko ja Metallilevy, jossa kaupallisia vihreitä maaleja.



Kuva: Puolustusvoimien tutkimuslaitos VUOSIKIRJA 2017



Testikohteiden heijastuspektrejä. Maali ja naamioverkko kaupallisia.

# Hyperspektrikuvantaminen puolustuksessa

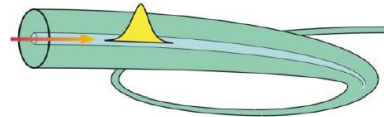
- Olemassa olevilla kameroilla voidaan kuvata
  - Satelliiteista
  - UAV
  - Maalta
- Passiiviset SWIR alueen hyperspektrikamerat vaativat hyvät valaisuolosuhteet
- **Pimeätoiminta ei mahdollista**

# Aktiivinen hyperspektrikuvantaminen

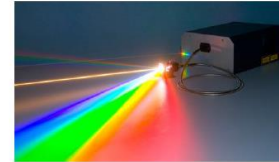
- Laajakaistainen laser valaisuun
- 10% hyötysuhde (sähköinen/optinen)
- Akkutoiminen



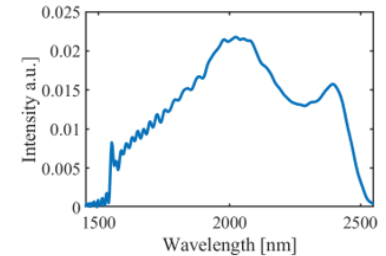
Monokromaattinen pulssilaser



Valokuitu

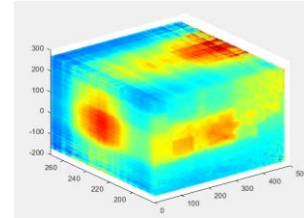
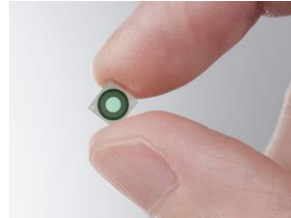


Superkontinuumi



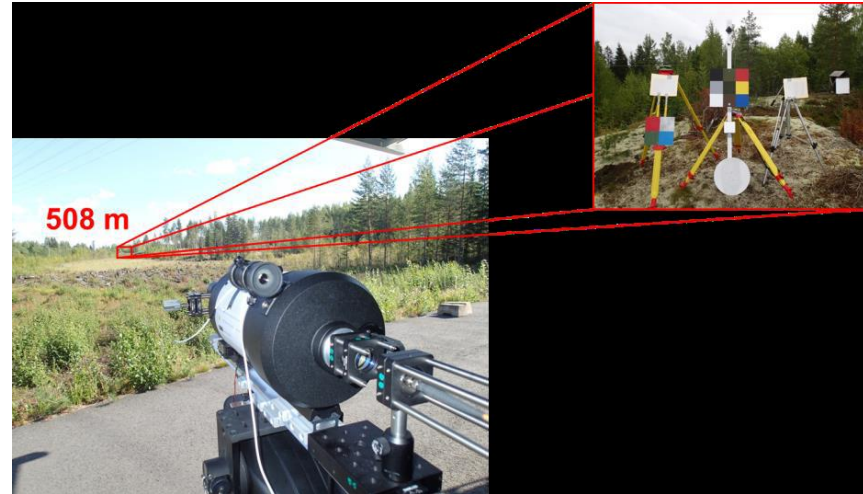
# Aktiivinen hyperspektrikuvantaminen

- Laajakaistainen laser yhdistettynä 2D kameraan (MATINE-hanke 2020)
- Etäisyys ~30-50m
- Laajakaistaisen laserin valoa suodatetaan VTT:n FPI teknologialla



# Aktiivinen hyperspektrikuvantaminen

- Yhdestä pisteestä, ei kuvaa
- Etäisyys <1.4km
- MATINE-hanke 2014



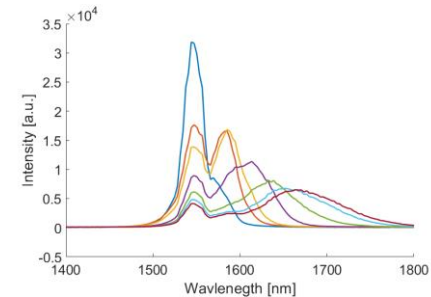
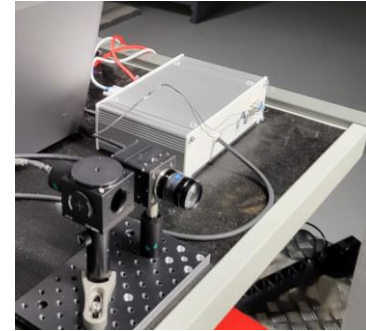


# MATINE-hanke 2023-2024

- Aallonpituuksien suodattaminen epätehosta (vain n. 2% generoidusta valosta käytetään valaisuun)
- Tässä hankkeessa tutkitaan ja demonstroidaan menetelmä, jossa suodattamisen sijaan valon emissiospektriä muokataan
- Hankkeen päätavoitteet
  1. Kehittää laajakaistaisen laserin emissiospektrin muokkaamiseen perustuva aktiivinen spektrikamera
  2. Demonstroida kohteiden tunnistus km-luokan etäisyyksillä

# Superjatkumolähde

- 2W superjatkumolähde
  - Kuitukytkentä lähetinoptiikkaan
  - FPGA ohjaus spektrin muokkaamiseen SWIR alueella 1500nm – 2500nm
  - 20W tehonkulutus (5-12V)
  - paino n. 2kg
  - Muokattavalla lähetinoptiikalla voidaan muokata valaisu vastaamaan kameran näkökenttää



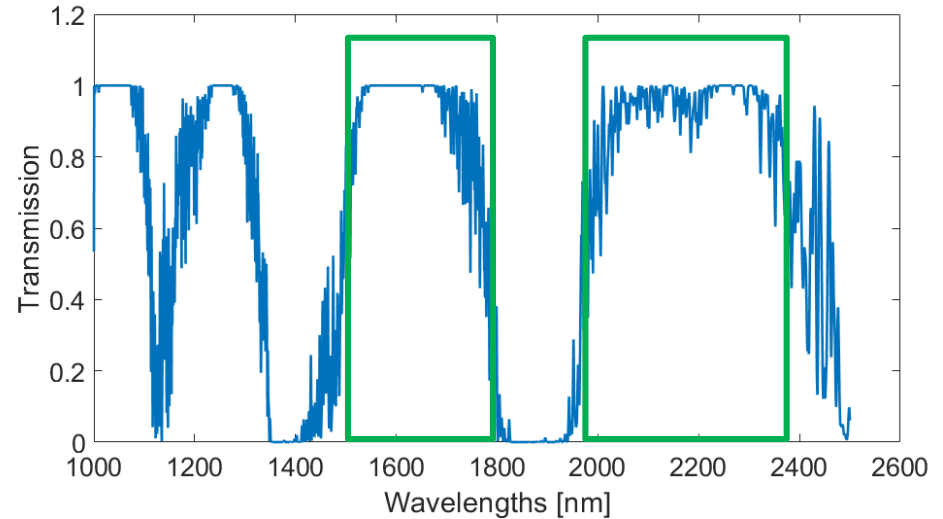
# Vastaanotin

- Vastaanotin 320x256 kaupallinen SWIR kamera
- SWIR objektiivi testietäisyyksille
- Peiliteleskooppi pitkän kantaman mittauksiin



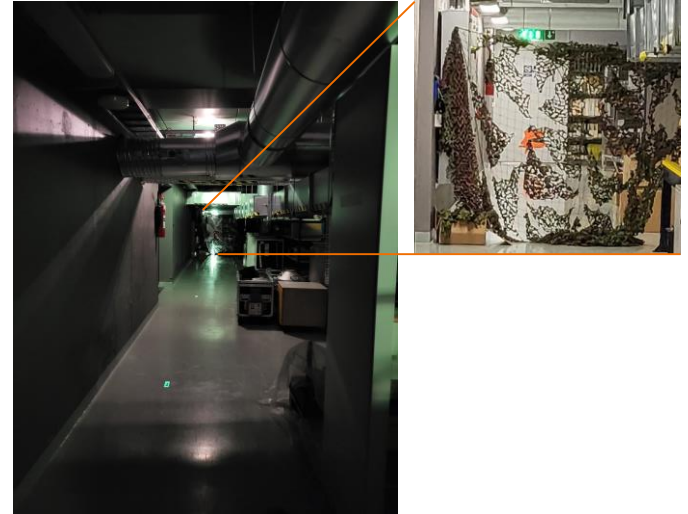
# Ilmakehän absorption pitkillä etäisyyksillä

- Ilmakehän vesi absorboi SWIR valoa
- Vapaat kaistat joita voidaan hyödyntää
  - 1500nm – 1800nm
  - 2000nm – 2400nm
- Valonlähteellä voidaan kattaa molemmat ikkunat

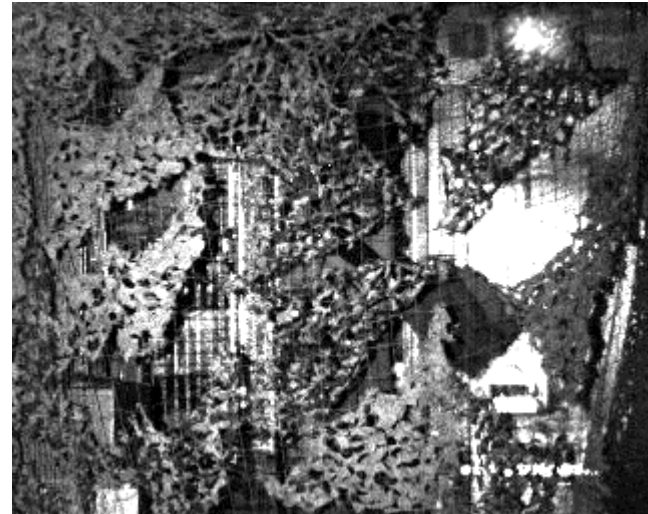
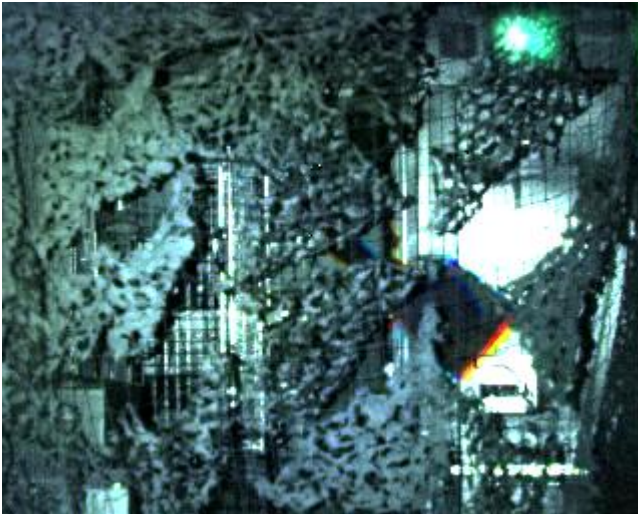


# Testituloksia

- 30m testietäisyys
  - ~3x3m valaisualue
  - 1ms valaisuaika
  - 15 FPS (3 kanavaa)



# Testituloksia



# Testituloksia



# Pitkän kantaman edellytykset

- Yli km etäisyys edelleen realistinen
  - Kasvattamalla valaisuaika 10x, ei vaikutusta päivitysnopeuteen
  - Kasvattamalla keräävää optiikkaa (peiliteleskooppi), 225x valonkeräys
  - Laserin teho 500mW -> 2W (4x parannus valaisuun)
- Optisen turbulenssin vaikutus kuvanlaatuun ja valaisukuvioon tutkittava



# Yhteenveto

- Uusi aktiivinen spektrikuvantamismenetelmä
  - Muokataan laajakaistaisen valonlähteen spektriä kohteiden tunnistamiseen
- Laitteisto testattu laboratoriossa ja ensimmäiset tulokset saatu
- Vuosi 2024
  - Algoritmien kehittäminen
  - Pitkän kantaman mittaukset

# bey<sup>0</sup>nd

## the obvious

Teemu Kääriäinen  
teemu.kaariainen@vtt.fi  
+358 50 415 5981

[www.vttresearch.com](http://www.vttresearch.com)