

Korkean suorituskyvyn lämpökameran käyttö tulipesämittauksissa

VI Liekkipäivä, Lappeenranta 26.1.2012
Sami Siikanen, VTT

OPTICAL MEASUREMENT TECHNOLOGIES TEAM

- Kuopio, Technopolis
- Key research area: Development of optical measurement technologies
- Customer segments:
 - Pulp and paper
 - Pharmaceuticals
 - Environment, energy
 - Wellness, biomedical



VTT's main location in Eastern Finland

Korkean suorituskyvyn lämpökameran ominaisuuksia

- + Suuri paikkaresoluutio
- + Suuri lämpötilaresoluutio
- + Suuri kuvankaappausnopeus
- + Suuri tiedonsiirtonopeus
- + Mahdollisuus käyttää erilaisia linssejä
- + Mahdollisuus käyttää erilaisia optisia suotimia
- Korkea hinta
- Jäähdytetyt kennot lämpötilaresoluution parantamiseksi
 - > pitkä käynnistysaika
 - > kohonnut vikaantumisherkkyys

Korkean suorituskyvyn lämpökamera Cedip Titanium

detektorimateriaali	indiumantimonidi (InSb)
pikselimäärä	640x512
spektraalinen vaste	1.5-5.1 μm
alaikkunointi, pikseliä	320x256 160x128 16x4 [käyttäjän määrittelemä]
kuvankaappausnopeus	jopa 100 Hz @ 640x512 -> 4980 Hz @ 16x4
pikselin koko	15 μm x 15 μm
detektorin herkkyys (NETD)	< 25 mK @ 25°C (20 mK tyypillisesti)
apertuuri	F/3
digivideoliikenneprotokolla	Camera Link
suodinkiekko	4 paikkaa 1 tuuman suotimille

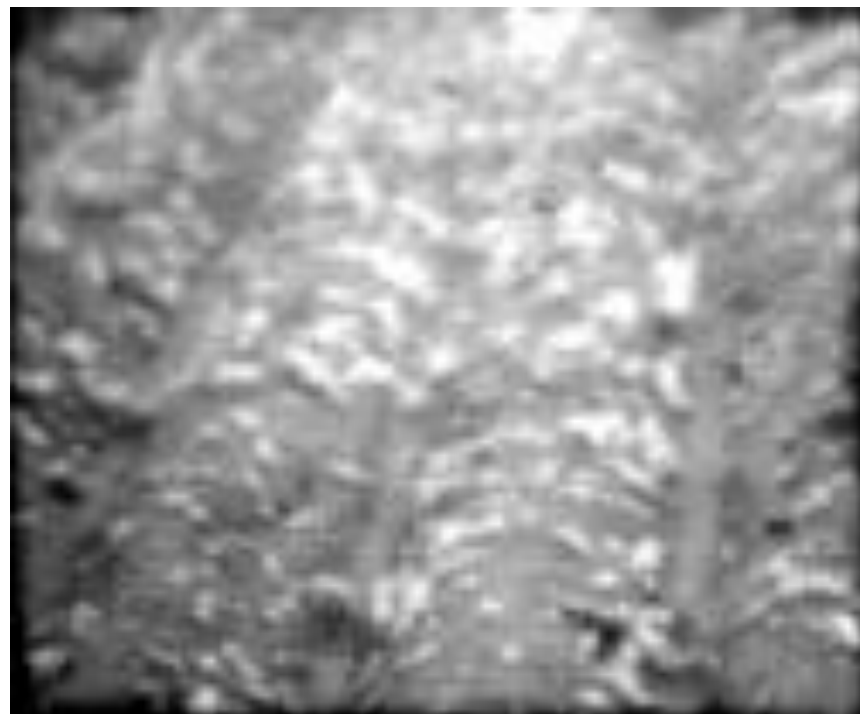


Tulipesämittaukset lämpökuvauksella

- Normaalikäyttöön tarkoitettu lämpökamera ei ”näe” liekkien läpi.
- Cedip Titanium –lämpökameralla nähdään liekkien läpi, kun sen suodinkiekkoon detektorin ja linssin väliin asennetaan erityinen liekkisuodin.
- Liekkisuodin on optinen kaistanpäästösuodin, jonka keskiaallonpituus on noin 3,5 – 4,1 μm .
- Kameralla voidaan sen jälkeen tutkia tulipesiä palamisprosessin ollessa käynnissä.
- Lämpökuvauus on kohdetta koskettamaton mittaus, joten se ei häiritse prosessia.

Tulipesän sisäpintojen havainnointi

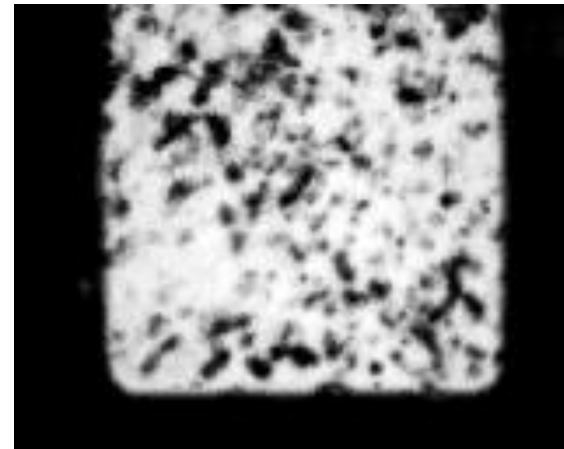
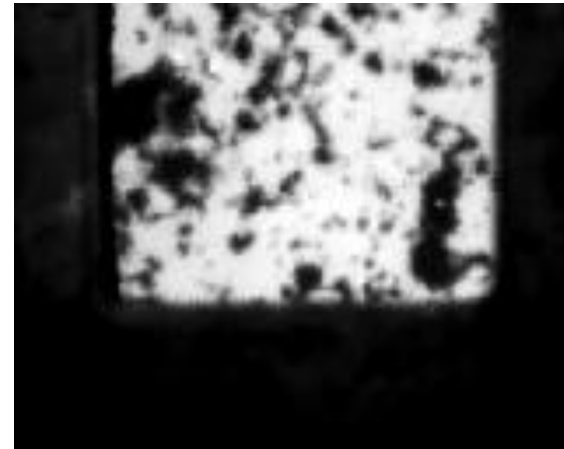
- Tulipesän sisäpinnoista voidaan saada suhteellisia (ei absoluuttisia) pintalämpötilalukemia.
- Lämpökuvauksella voidaan löytää mahdolliset ongelmakohdat rakenteissa nopeasti.
- Pintoja mitattaessa kameran kuvankaappausnopeus on oltava pieni, että lentävät partikkelit saadaan eliminoidua pois kuvasta.



Kuva: sellutehtaan soodakattilan sisäseinä.

Lentävien partikkelien havainnointi

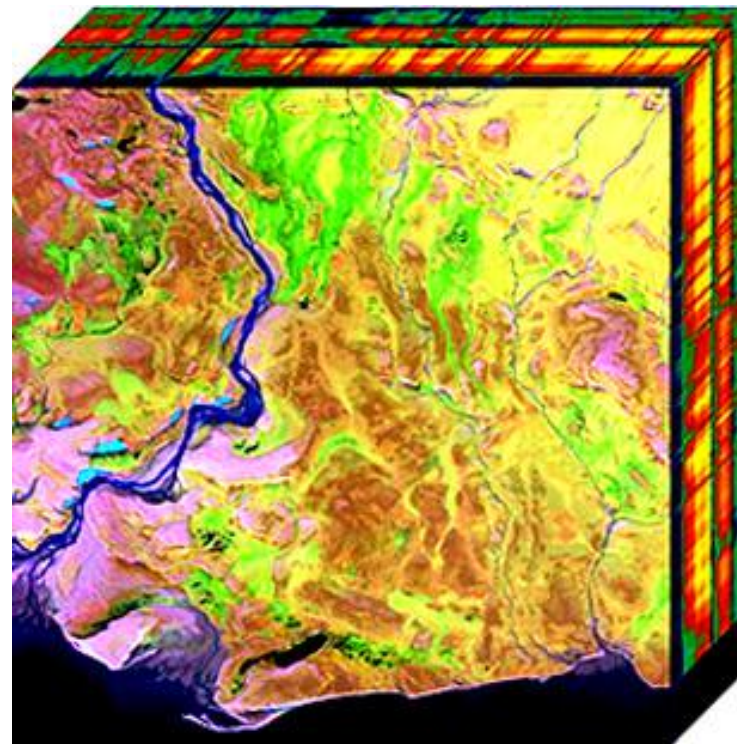
- Tulipesässä lentävien partikkelien nopeutta, suuntaa, kokoja ja muotoja voidaan tutkia korkean suorituskyvyn lämpökameralla.
- Tällöin kuvankaappausnopeuden on oltava niin suuri, että partikkelit saadaan kuvattua 'liikkumattomina' pysäytyskuvassa.
- Kuvankaappausnopeutta nostettaessa tulipesän seinämien näkyvyys yleensä menetetään.



Kuvat: sellutehtaan soodakattilassa lentäviä lipeäpartikkeleita.

Hyperspektraalinen kuvantaminen

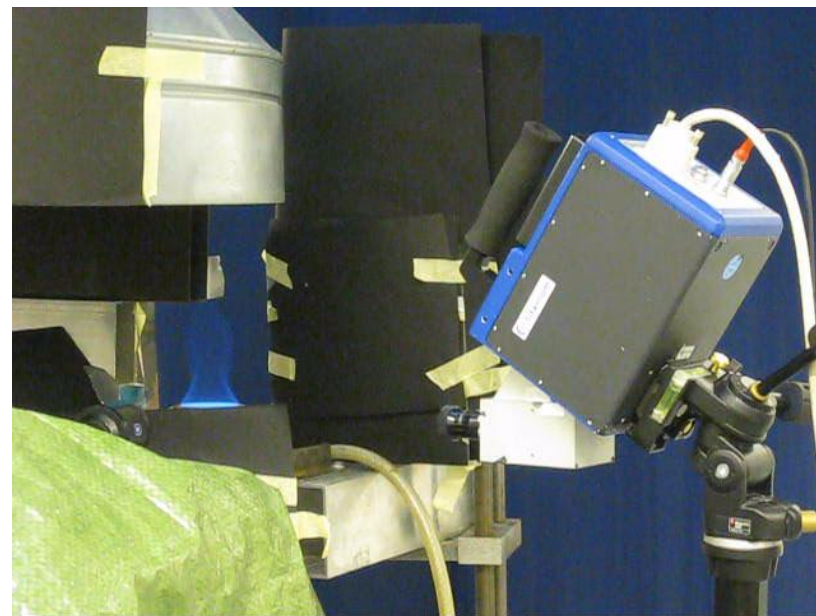
- Hyperspektraalinen kuvantaminen on spektroskopian haara, jossa spektraalista informaatiota kerätään kuvatason jokaisesta pisteestä.
- Hyperspektraaliset anturit tallentavat informaation joukoksi kuvia ('images').
- Jokainen kuva edustaa tiettyä kaistaa ('spectral band') sähkömagneettisesta spektristä.
- Kuvat yhdistämällä saadaan kolmiulotteinen "hyperspektraalinen kuutio" datankäsittelyä ja analyysyä varten.



Kuva: Esimerkki hyperspektraalisesta kuutiosta.

Aineiden tunnistaminen hyperspektraalisella kuvantamisella

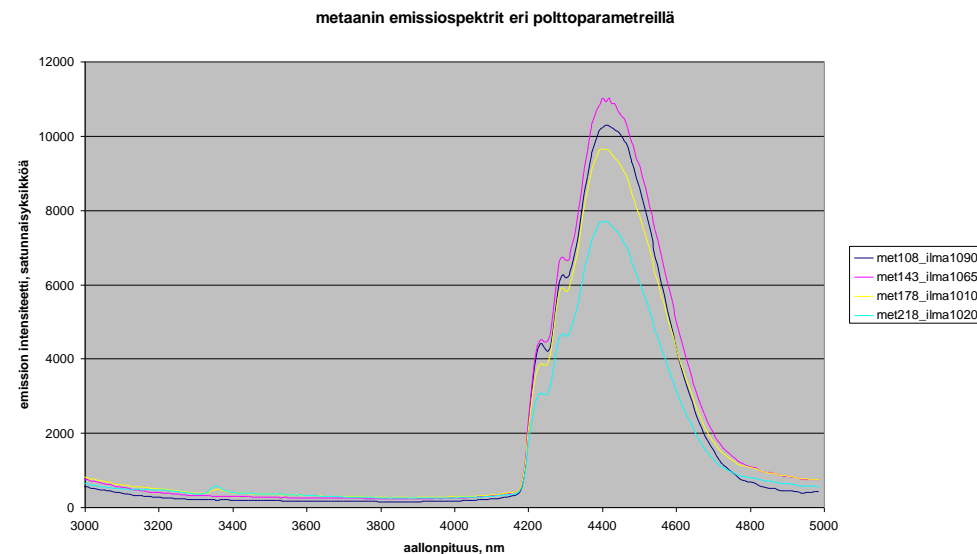
- Cedip Titanium –lämpökameraan voidaan kiinnittää erityinen spektrograafioptiikka, jonka avulla voidaan tehdä hyperspektraalista kuvantamista.
- Spektrograafioptiikka muuttaa kameradetektorin pysty akselin aallonpituus akseliksi.
- Vaaka-akseli jää spatiaali akseliksi eli mittausviivaksi.
- Kohdetta liikuttamalla (viivaskannaus) saadaan aikaan hyperspektraalinen kuutio.



Kuva: metaanin polton hyperspektraalista kuvantamista.

Aineiden tunnistaminen hyperspektraalisella kuvantamisella

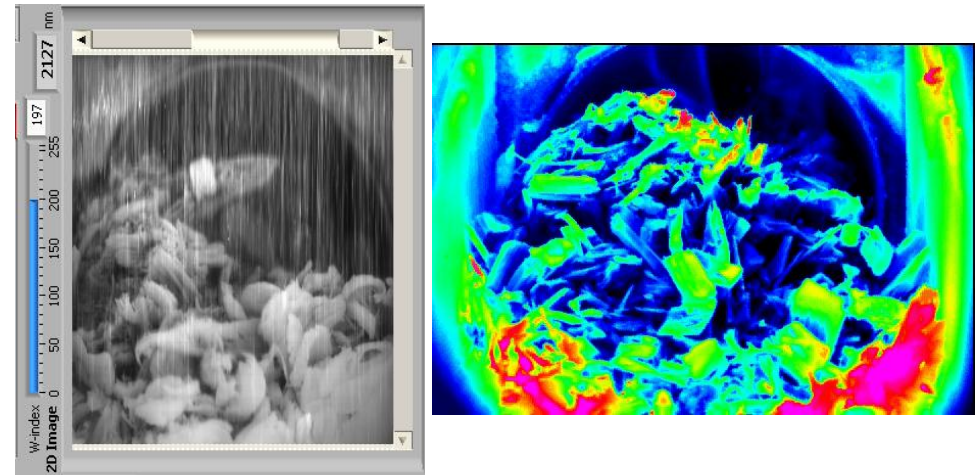
- Poltettavat aineet voidaan tunnistaa hyperspektraalisesta kuutiosta niiden spektraalisten emissiopiikkien perusteella.
- Liekin ja kameran välisen ilman absorptio (esim. hiilidioksidi) häiritsee mittausta.
- Myös itse palamisprosessissa tapahtuu sekä emissiota että absorptiota, mikä häiritsee lopputuloksen tulkintaa.



Kuva: metaanin polton tuottamia emissiospektrejä eri polttoparametreilla.

Päästöjen tutkiminen ja spektrikuvaus

- Yhtenä tutkimusideana on ollut myös selvittää, onko tulipesäspektrin ja perinteisten päästömittausten välillä korrelaatiota.
- Alustavia mittauksia on tehty pellettipolttimesta kahdella spektrikameralla, joista toinen oli lähi-infrapuna-alueella (aallonpituus 1.0-2.5 μm), mutta tuloksia ei ole vielä käsitelty.



Kuva: pellettipolttimesta otettuja spektrikuvia lähi-infrapuna-alueella (vas.) ja keski-infrapuna-alueella (oik.).

Tietoa muista tulipesien lämpökameroista

- FLIR GF309 on teollisuuden tulipesäkuvauksiin suunniteltu kaupallinen erikoislämpökamera.
- Siinä on sisäänrakennettuna keskiaallonpituusalueen liekkisuodin.
- Kameralla saadaan lämpötilalukemia kaikkialta tulipesästä turvallisesti ja vikakohtat voidaan havaita ajoissa.
- FLIR GF-sarjan lämpökameroiden lämpökuvat voidaan tallentaa mille tahansa kaupalliselle videotallentimelle.



Kuva: FLIR GF309 tulipesien lämpökamera [www.flir.com]



VTT - 70 vuotta
**teknologiaa yhteiskunnan ja
elinkeinoelämän hyväksi**