



Kameratekniikan tulevaisuus – paljonko kamerat voivat vielä kehittyä?

Jari Saukkonen

Kukas täällä puhuu?

- Avaruus on kiehtonut aina
- 8 vuotta tähtivalokuvausta; aktiivinen foorumeilla, Facebookissa, kuvia julkaissut mm. NASA ja T+a
- Kirkkonummen Komeetta ry, sihteeri ja tähtitorninhoitaja
- Päivätyönä sovelluskehitys, muita harrastuksia (päivä)valokuvaus, pianonsoitto ja tanssipelit
- Instagram @jarisaukkonen



Nykytilanne

**tl;dr: Nykyiset CMOS-kamerat ovat
ihan *** hyviä**

Kameran tärkeimmät kriteerit

- Kennon ja pikseleiden koko
- Herkkyys (QE)
- Kaivon syvyys
- Lukukohina ja pimeävirta
- (Pattern noise, jäähdytys, mekaniikka, ajurit, jne)



Vertailukohtana Sonyn CMOS-kennnot

- Samalla kennotekniikalla tarjolla eri kokoisia kameroita:
1", APS-C, 36x24, 44x33, 54x40
- esim. ASI533MM, ASI2600MM, ASI6200MM, ASI461MM
- 14- tai 16-bittinen tekniikka, 3,76 mikrometrin pikselit,
9-150 megapikseliä koosta riippuen

Pikselikoko

- Ideaalinen pikselikoko riippuu käyttötarkoituksesta
- Pienemmät pikselit *mahdollistavat* tarkemman resoluution
- Eli pienempi = parempi, jos pikselin ominaisuudet per pinta-ala pysyvät samana
- Nyt: valinnanvaraa 2,9 - 9um

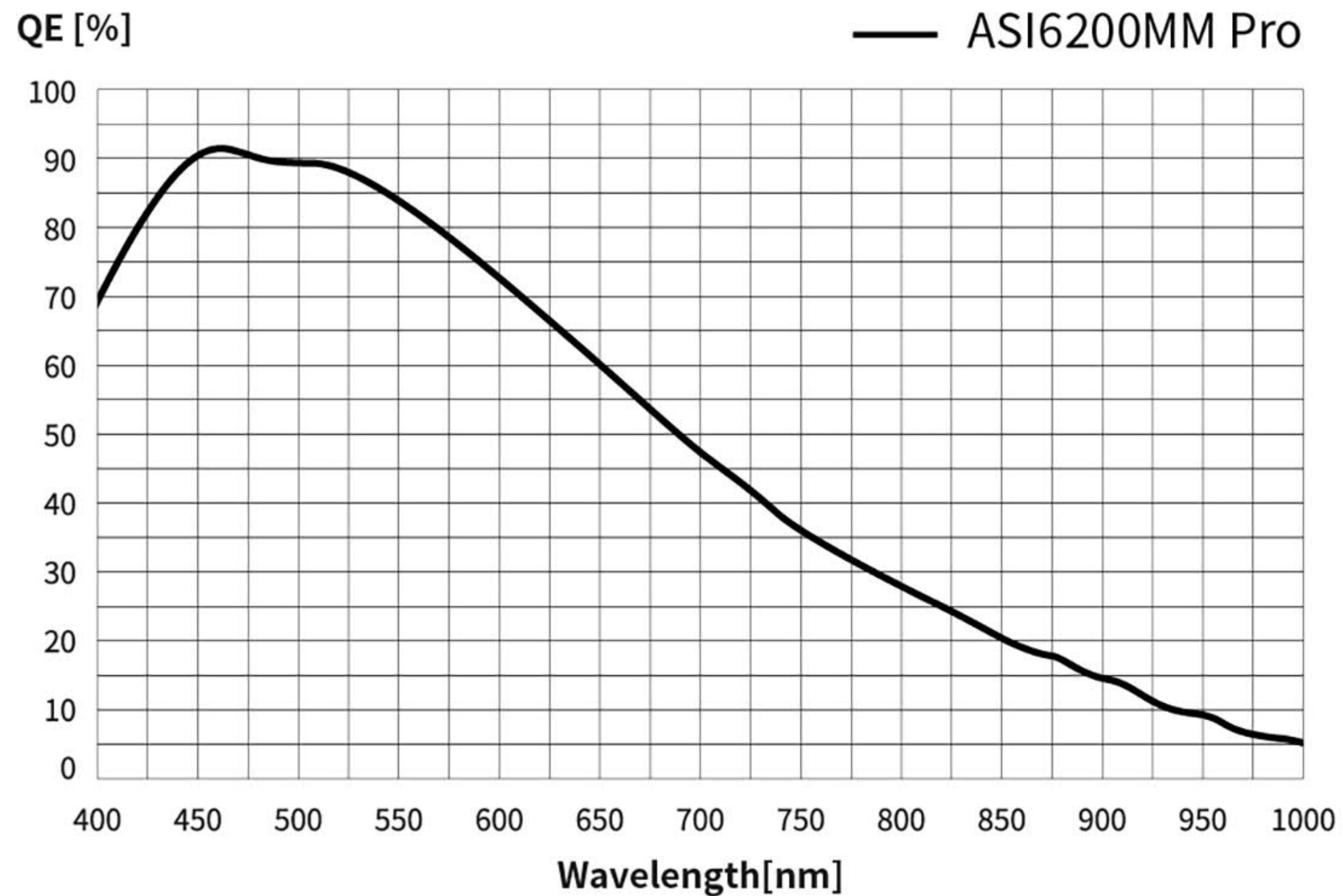
Kennokoko

- Isompi kenno, enemmän valoa tallentavaa pinta-alaa
- Kameran vaihtaminen isompaan antaa isomman kuva-alan, ei hyötyä pienissä (aiemmin ruutuun mahtuvissa) kohteissa
- .. mutta samalla jos vaihdetaan kaukoputki isompaan niin kennolle osuu kohteesta enemmän valoa
- Nyt: kaikenkokoisia kennoja tarjolla

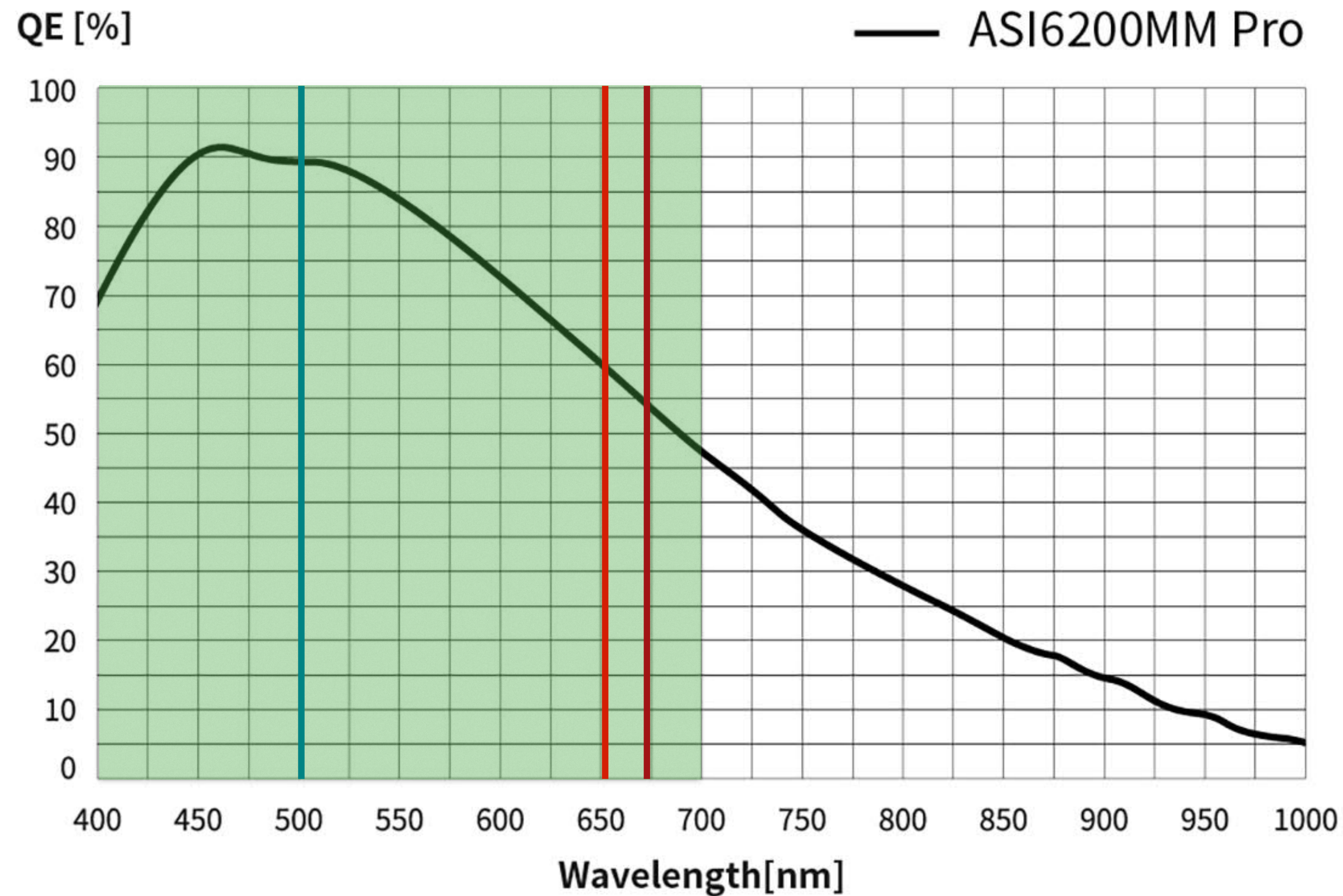
Herkkyys (“QE”)

- Kertoo millä todennäköisyydellä pikseliin osuva fotoni saadaan rekisteröityä
- Ilmaistaan prosenttilukuna 0-100%

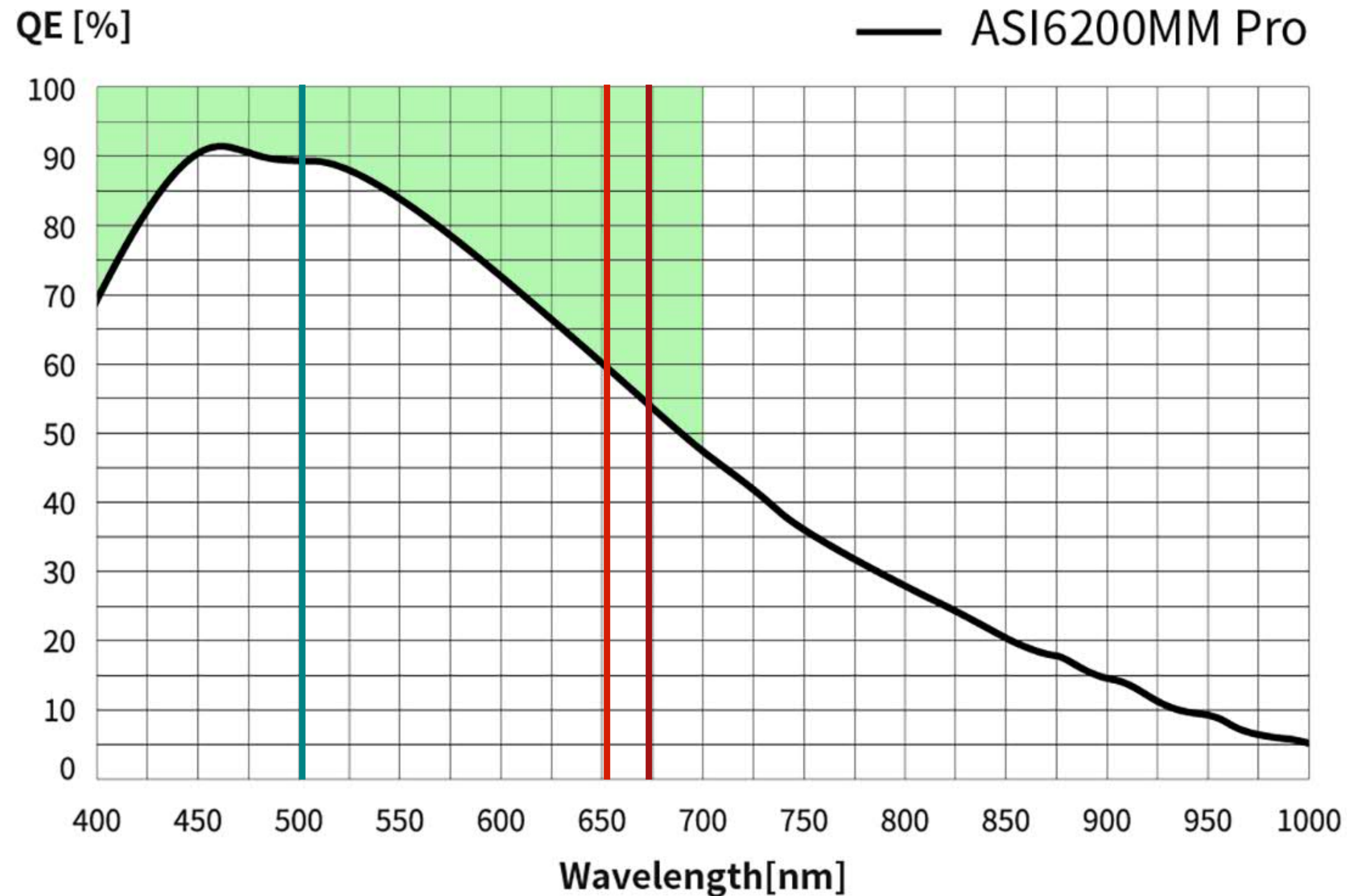
Herkkyys (“QE”)



Yleisesti kuvattava aallonpituusalue



QE 100% on 33% nykyistä parempi
Kokonaisvalotusaika -25% – -45%



Elektronikaivon syvyys

- Kertoo kuinka paljon valoa kuhunkin pikseliin mahtuu ennen saturoitumista valkoiseksi
- Syvempi kaivo mahdollistaa yhdessä osavalotuksessa laajemman dynamiikan, mutta lopputulokseen merkitys pieni
- Nyt: esim. 50ke- / 3,76um

Lukukohina

- Kameran jokaiseen kuvaan tuottama kohina; antaa alarajan osavalotusten pituudelle
- Lukukohinan painaminen alas mahdollistaa lyhyemmät osavalotusajat; lukemalla kuva monta kertaa saadaan myös dynamiikkaa laajennettua
- Merkityksellinen lähinnä kapeakaistassa ja lucky imagingissa
- Nyt: $1,5e^-$, joissain kameroissa jopa $< 1e^-$

Pimeävirta

- Valotuksen aikana kennoon itsestään kertyvä varaus, riippuvainen kennon lämpötilasta
- Nykykameroissa jo käytännössä olematon

Tulevaisuuden visiointia

Lucky imaging

- Matala lukukohina mahdollistaa kennon lukemisen tiheämmin, jopa videonopeuksilla
- Videosta yhdistetään parhaat hetket, ja päästään seeingin alle
- Tätä tehdään jo nyt kirkkaisiin kohteisiin, mutta kovin työlästä

Dynamiikan laajennus

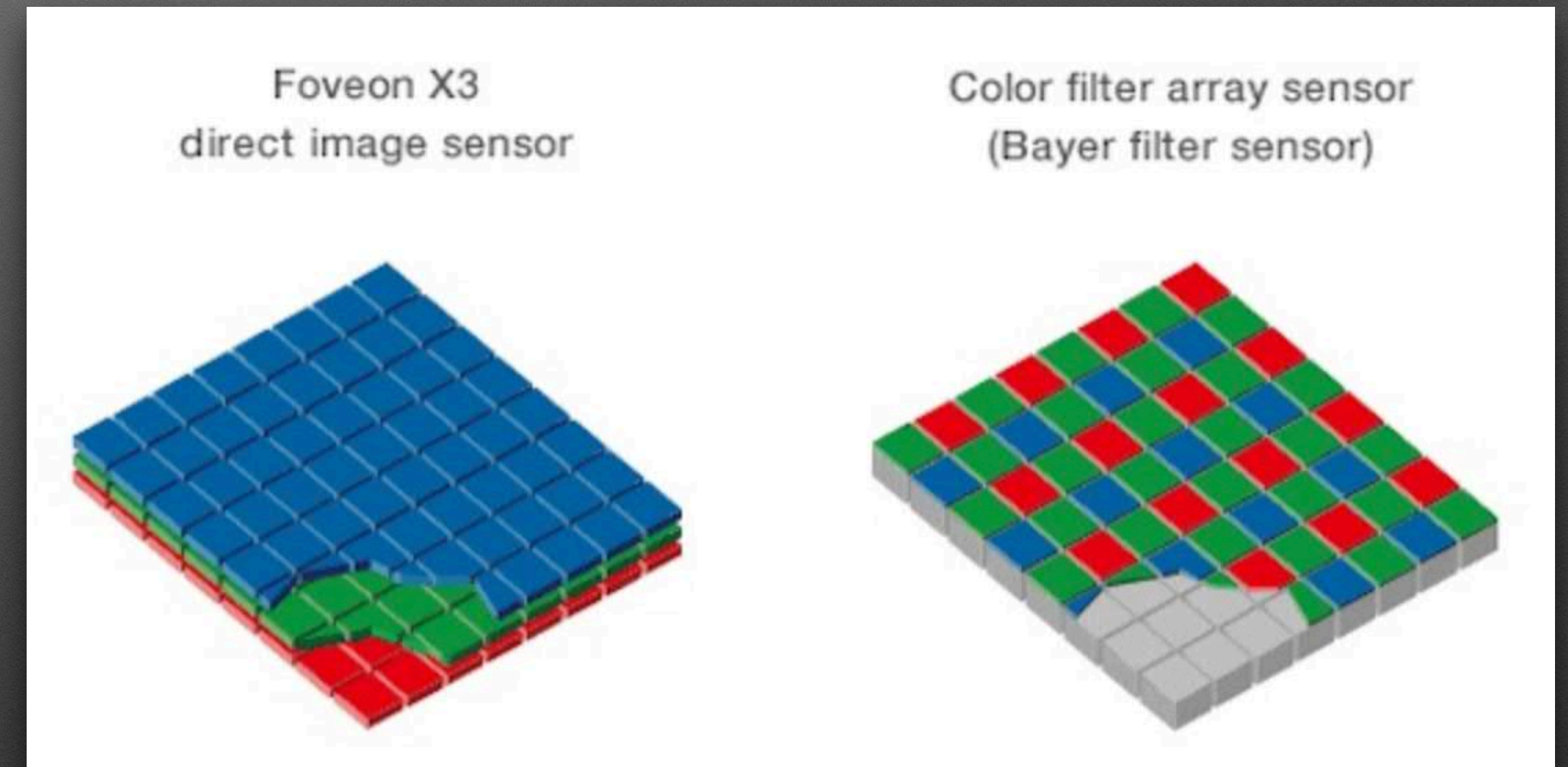
- Kuvausohjelma jakaa yhden valotuksen esim. 10s osavalotuksiin ja yhdistää ne automaattisesti
- Lopputuloksena käytännössä ääretön dynamiikka, tähdet eivät pala puhki
- Tämä olisi jo toteutettavissa nykykameroilla

Fotonilaskuri

- Kennotekniikka joka pystyy rekisteröimään yksittäiset fotonit
- Lukukohina ja dynamiikka merkityksetön
- Nyt: Canonilla labrassa 3,2 megapikselin SPAD-kenno

Useamman aallonpituuden tallentaminen kerralla

- Sensorirakenne joka tallentaa useamman värikanavan kerralla
- Värikuvauksen hyötysuhde parantuu huikeasti (teoriassa)
- Nyt: Sigma Foveon



Fotonien aallonpituuden tallentaminen

- Jos fotonilaskuri saisi mitattua myös fotonien energiat, voisi eri värien ja aallonpituuskaistojen filteröinnin tehdä jälkikäteen
- Samasta datasta voisi purkaa esim. LRGBSHO kaistat
- Toistaiseksi vielä scifiä

Loppupäätelmät

Päätelmiä

- Nykyiset kamerat ovat niin hyviä että lähitulevaisuudessa tapahtuvat parannukset lähinnä inkrementaalisia tai täsmälliseen käyttötapaukseen liittyviä
- Kertaluokkahyppäyksiä tarjolla lähinnä eri aallonpituuksien tunnistavien kennojen kautta, sitten joskus