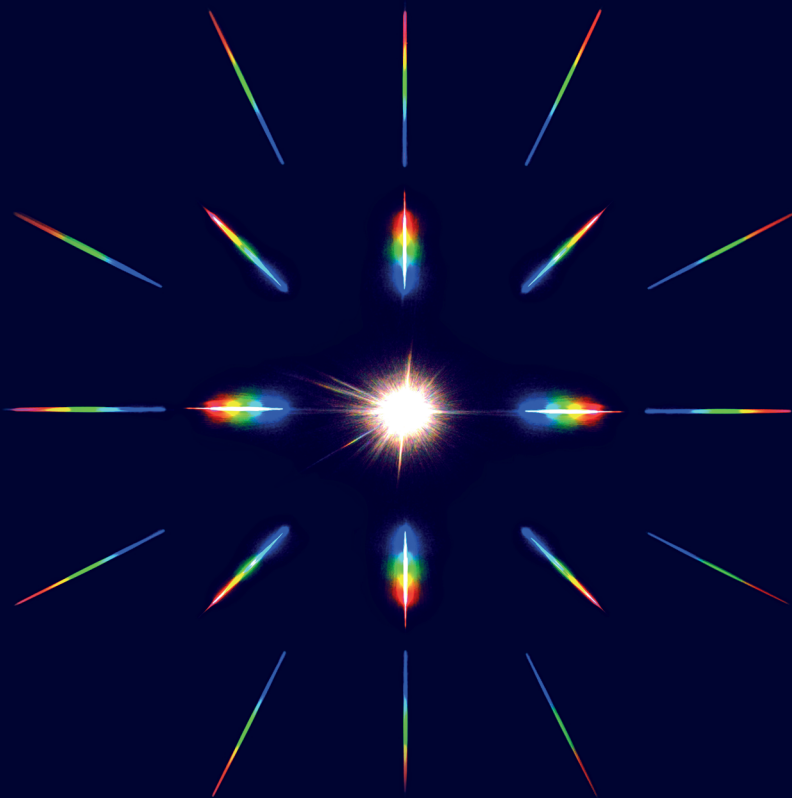


# FOTONIIKKA

Valon tekniset sovellukset  
**INFOGRAFIKAT**

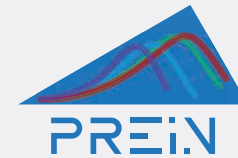


Tässä kirjassa kuvatut fotonikan sovellukset mahdollistavat modernin yhteiskunnan toiminnan ja tarjoavat mielenkiintoisia uramahdollisuuksia. Ala tarjoaa mahdollisuuksia teknikoille, insinööreille, tutkijoille sekä liiketoiminnan ammattilaisille.

**SPECTARIS** toivoo, että tämä kirja rohkaisee lukijaa hakeutumaan koulutukseen ja tavoittelemaan uramahdollisuuksia niiden monien tuhansien yritysten ja tutkimusorganisaatioiden parissa, joita edustamme.

Suomenkielinen versio on tehty yhteistyössä Photonics Finlandin ja Photonics Research and Innovation PREIN -lippulaivan kanssa. Lisätietoja fotonikasta sekä ideoita alan opiskelu- ja työmahdollisuuksista Suomessa saat osoitteista: [www.photonics.fi](http://www.photonics.fi) ja [www.prein.fi](http://www.prein.fi)

Lämmin kiitos kaikille yrityksille ja organisaatioille jotka mahdollistivat tämän julkaisun:



Sponsorit:



The logo for VTT, consisting of the letters "VTT" in a bold, white, sans-serif font centered within a black square.

# FOTONIIKKA

Valon tekniset sovellukset

**INFOGRAFIKKA**

# SISÄLTÖ

## PERUSTEET

Mitä on fotonikka? .....	01
Valonsäde .....	02
Valonnopeus .....	03
Silmänräpäystä nopeampi .....	04
Valon voima .....	05
Virheetön superpositio .....	06
Valon spektri .....	07
Fotonikan näkymätön maailma .....	08
Lyhyet aallonpituudet .....	09
Ikkunalasin ja optisen kuidun vertailua .....	10
Peilien ja laserpeilien vertailua .....	11
Lasertyytit .....	12
Laserin ja auringon vertailua .....	13

## TUOTANTOTEKNOLOGIA

Pienimpien rakenteiden kuvaaminen .....	14
Kiinteän olomuodon laser vauhdittaa sähköistymistä .....	15
Laserleikkaus .....	16
Älypuhelimien valmistuksessa tarvitaan lasereita .....	17
3D-tulostus .....	18

## TIEDONSIIRTO

Optiset kuituverkot .....	19
Lasertiedonsiirto avaruudessa .....	20
QR-koodit .....	21

## VALOKUVAAMINEN JA NÄYTÖT

Kameroiden linssit .....	22
AR & VR-lasit .....	23
Litteät näytöt .....	24
LCD vs. OLED .....	25

## LÄÄKETIETEELLINEN TEKNOLOGIA

Verisolujen laskeminen .....	26
Endoskopia .....	27
Lähi- ja kaukonäkö .....	28
Miten nähdä taas kirkkaasti? .....	29

## VALAISTUS

Valkoinen LED-valo .....	30
Kirkkaampaa valoa LEDeillä .....	31
Lampun tekniset tiedot .....	32
Laser-esitykset .....	33

## LIIKENNE

Liikennevalvonta .....	34
Auton ajovalot ja sisävalot .....	35
Auton ajovalot .....	36
Valo-ohjaus lentokentällä .....	37

## KESTÄVÄ ENERGIA

Aurinkokennoteknologia .....	38
Aurinkoenergia .....	39
Laser fuusio .....	40

## YMPÄRISTÖ

Optiset mittaukset kansalaistieteessä .....	41
Metsäpalojen valvonta .....	42
Optinen lajittelu kierrätyksessä .....	43

## TUTKIMUS JA TALOUS

Fotonikka teollisuudenalana .....	44
Fotonikka ympäri maailmaa .....	45
Nobel-palkinnot .....	46
Fotonikka-ala kartalla .....	47
Fotonikan koulutus .....	48
Kvanttitekniikat .....	49

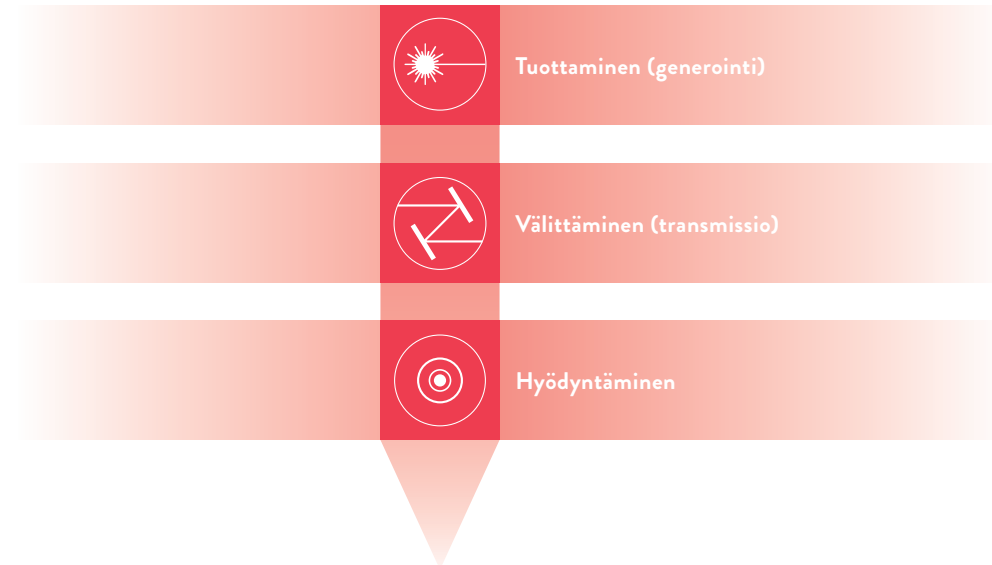
## VIELÄ YKSI ASIA

Fotonikan aktiiviharrastaja .....	50
-----------------------------------	----

PERUSTEET

# MITÄ ON FOTONIikka?

Fotoniikka on valon ja muun sähkömagneettisen säteilyn tuottamista, siirtämistä ja hyödyntämistä. Fotoni on valon ja muun sähkömagneettisen säteilyn perushiukkanen. Fotoniikka tarjoaa ratkaisuja moniin maailmalaajuisiin haasteisiin.

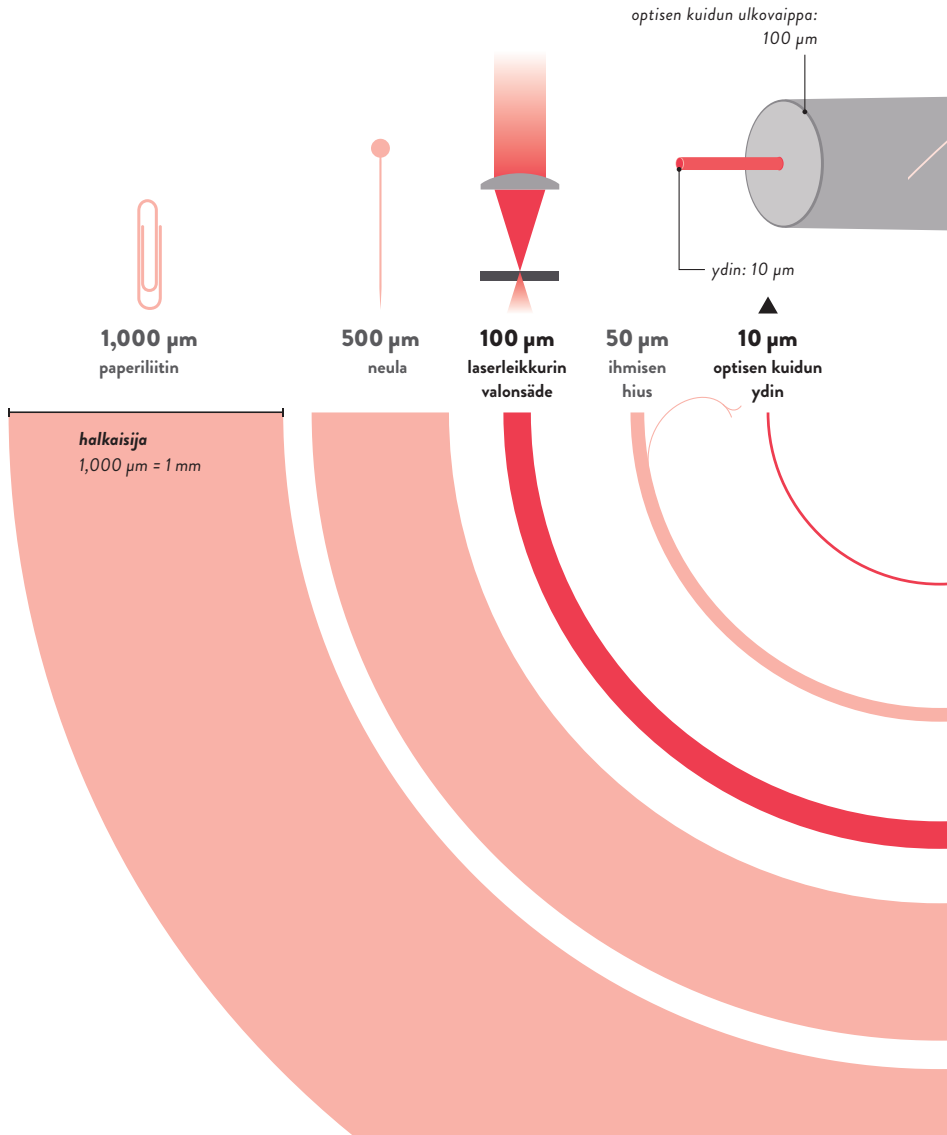


FOTONIikka  
VALO  
TERVEYS  
ILMASTO  
TIETOTEKNIikka  
VIESTINTÄ  
TURVALLISUUS  
KESTÄVÄKEHITYS  
LIIKENNE  
ENERGIA

02

# VALONSÄDE

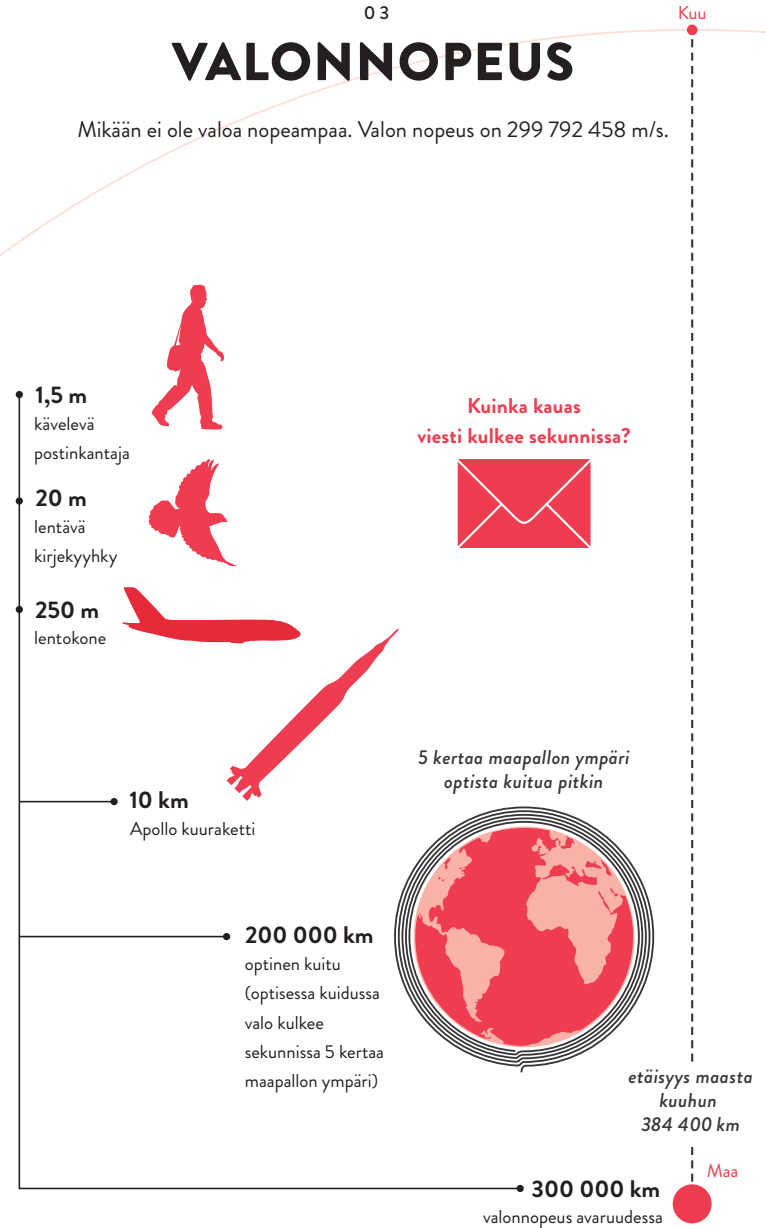
Valonsäteen voi kohdistaa läpimitaltaan äärimmäisen pieneen pisteeseen.



03

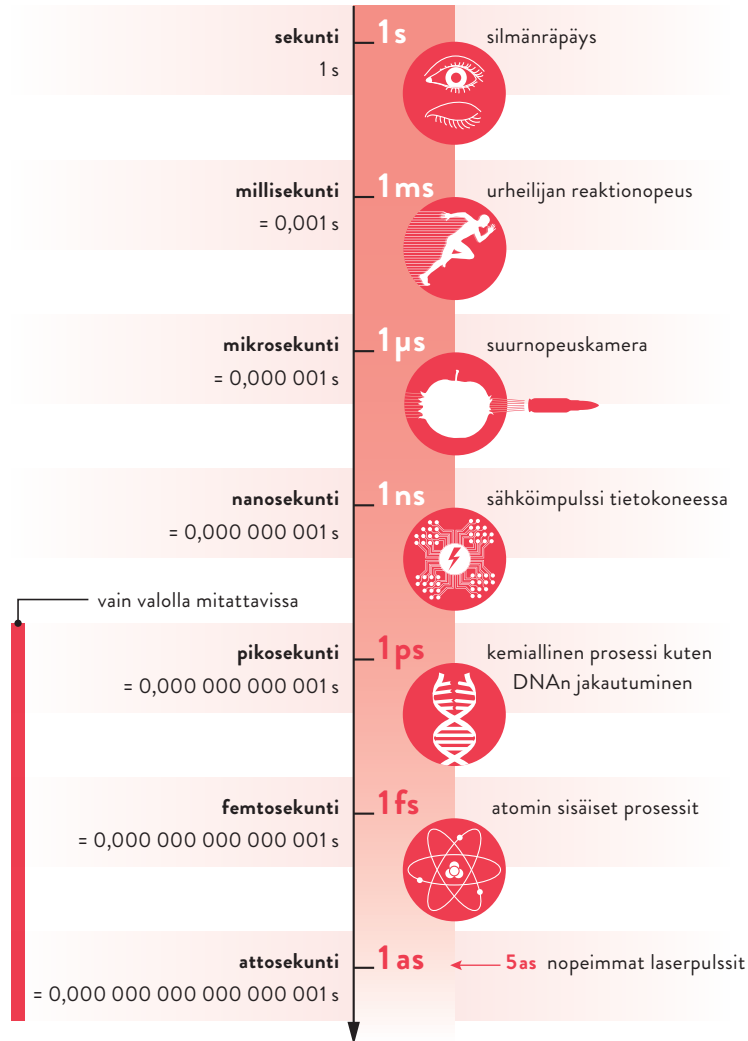
# VALONNOPEUS

Mikään ei ole valoa nopeampaa. Valon nopeus on 299 792 458 m/s.



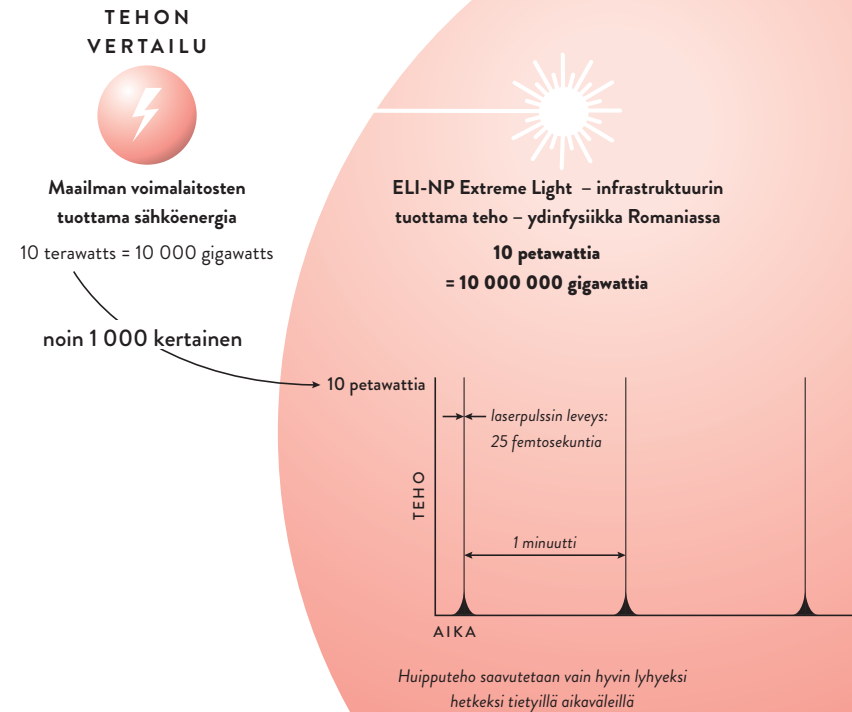
# SILMÄNRÄPÄYSTÄ NOPEAMPI

Valon avulla voi mitata lyhyimmätkin hetket.



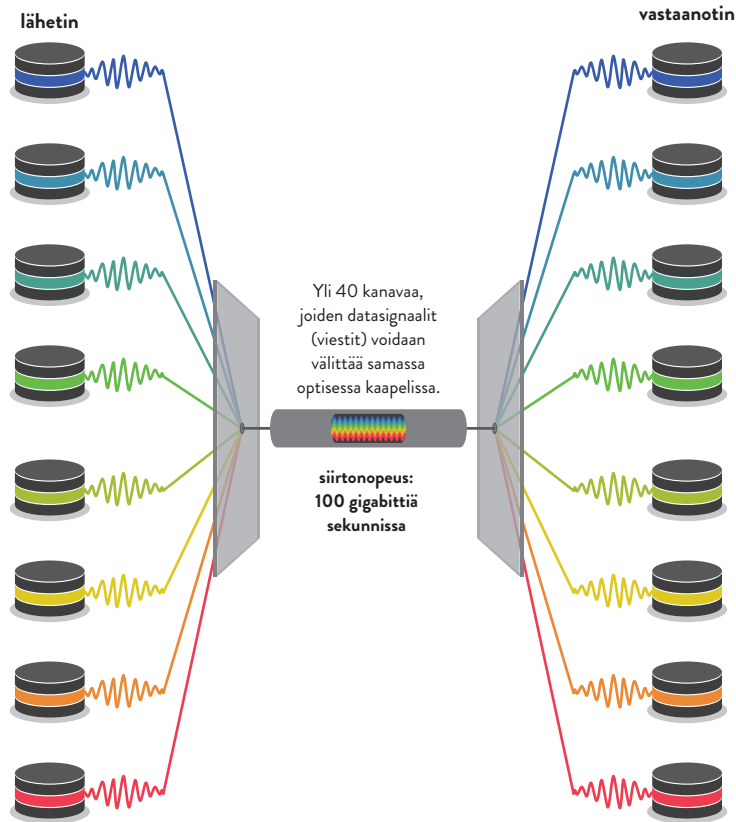
# VALON VOIMA

Pulssilasereilla voidaan saavuttaa suurempi teho kuin millään muulla laitteella tähän mennessä. Kaikista suurin teho saavutetaan, kun laser keskitetään erittäin lyhyiksi femtosekuntin mittaisiksi pulsseiksi.



# VIRHEETÖN SUPERPOSITIO

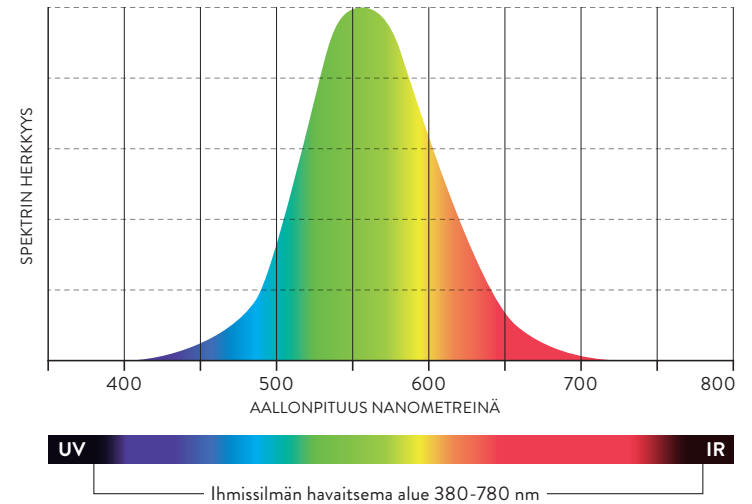
Lukuisia datasiinaaleja voidaan välittää yhdessä valokuitukaapelissa ja erottaa ne eri vastaanottajille. Viestisignaali erotetaan aallonpituuden (värin spektri), polarisaation ja olomuotoalueen (faasin) avulla.



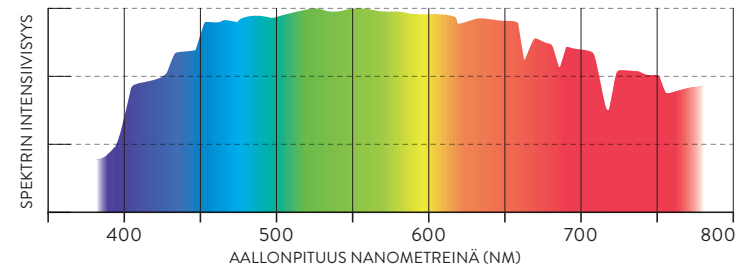
# VALON SPEKTRI

Näkyvä valo muodostaa pienen osan elektromagneettisesta spektristä. Ihmissilmä näkee valon, jonka aallonpituus on 380-780 nanometriä.

## IHMISSILMÄN EROTTAMA SPEKTRI PÄIVÄNVALOSSA



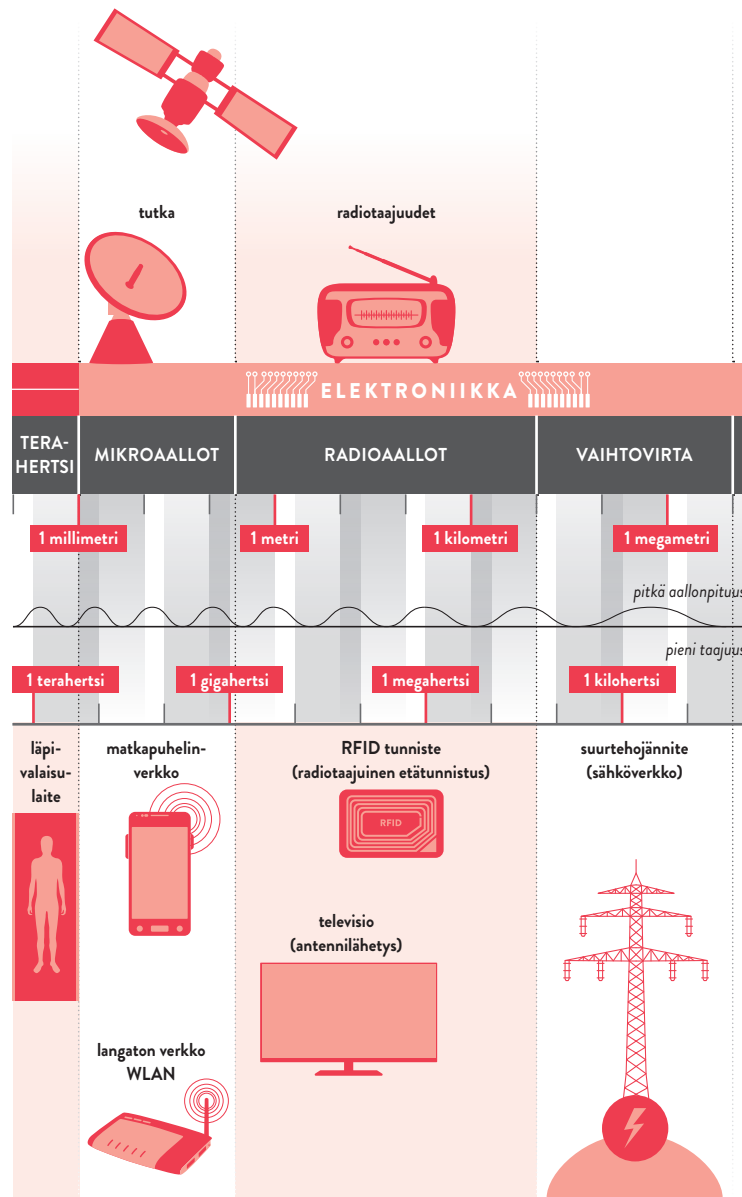
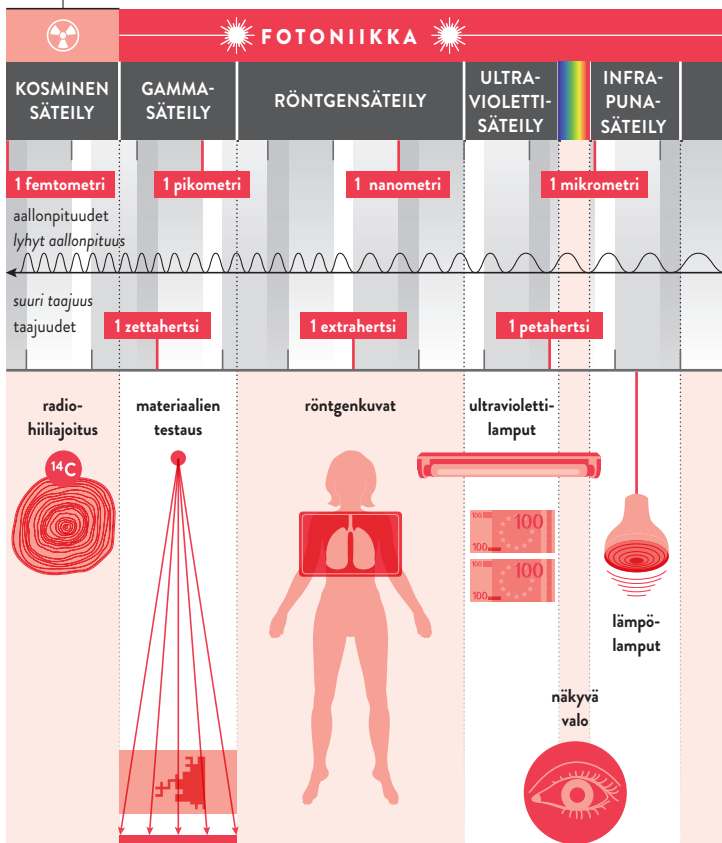
## AURINGONVALON SPEKTRIJAKAUMA MAAPALLOLLA



# FOTONIIKAN NÄKYMÄTÖN MAAILMA

Fotoniikan sovellutukset käyttävät laajaa aluetta elektromagneettisesta spektristä, josta suurin osa on näkymätöntä ihmisilmälle.

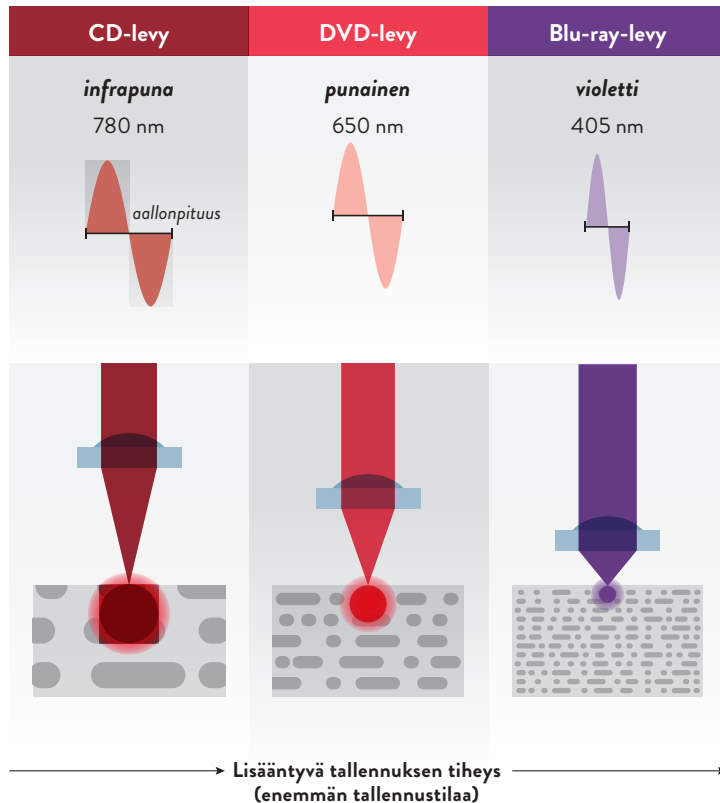
## YDINVOIMATEKNOLOGIA



## LYHYET AALLONPITUUDET

Aallonpituudella on suuri merkitys optisen järjestelmän toiminnalle. Lyhyemmät aallonpituudet tuottavat pienemmän läpimitan kohteita ja mahdollistavat esim. tiheän tallennuksen optisiin tallennusvälineisiin.

### AALLONPITUUDET, JOILLA OPTISIA LEVYJÄ VOIDAAN LUKEA

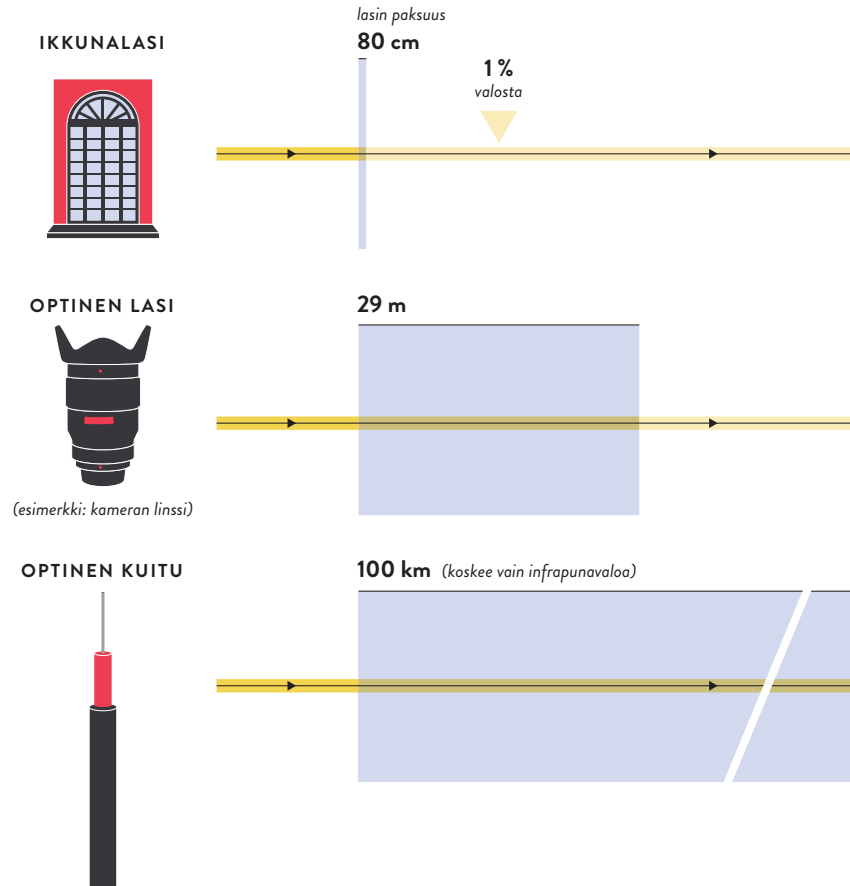


## IKKUNALASIN JA OPTISEN KUIDUN VERTAILUA

Lasi on optisten järjestelmien tärkein osa. Tavallinen ikkunalasi ja fotonikaan sovellutuksissa käytettävä lasi eroavat kuitenkin toisistaan merkittävästi.

### LASIN KYKY VÄLITTÄÄ VALOA

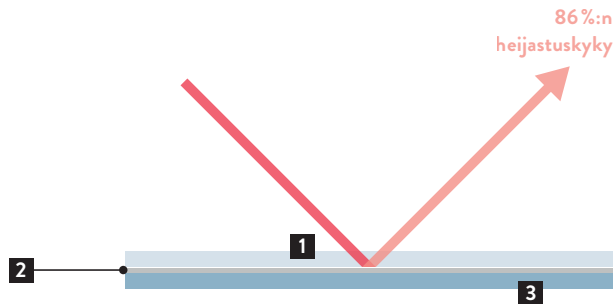
Kuinka paksuja eri lasit voivat olla, jotta 1% valosta välittyy?



# PEILIEN JA LASERPEILIEN VERTAILUA

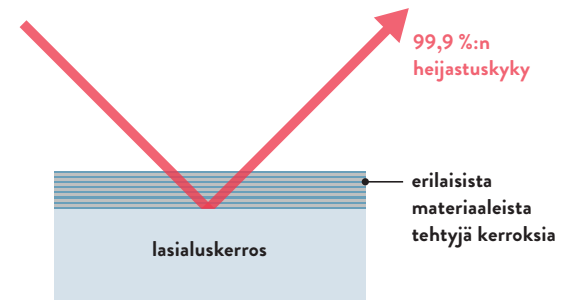
Monet optiset komponentit muistuttavat tuttuja kodin arkipäiväisiä esineitä. Fotoniikassa käytettävät komponentit ovat kuitenkin erittäin tarkkoja ja teknisesti kehittyneitä.

TAVALLINEN PEILI  
RAKENNE



- 1 lasilevy
- 2 hopeatausta
- 3 suojakerros

LASERPEILI  
RAKENNE



Yleensä lasisen aluskerroksen päälle lisätään vähintään 20–50 kerrosta, jotka ovat 100–200 nanometrin paksuisia. Tuloksena on erittäin korkea heijastuskyky.



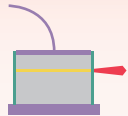

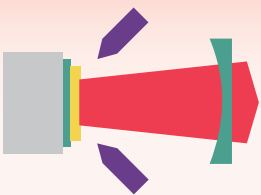
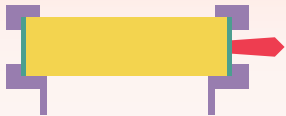
laserpeili  
kinemaattisessa  
kiinnityksessä

# LASERTYYPIT

Laserit ovat tärkeitä monissa foniikan sovellutuksissa. Kaikki laserit koostuvat samoista peruselementeistä, vaikka niiden muoto vaihtelee paljon.

## peruselementit

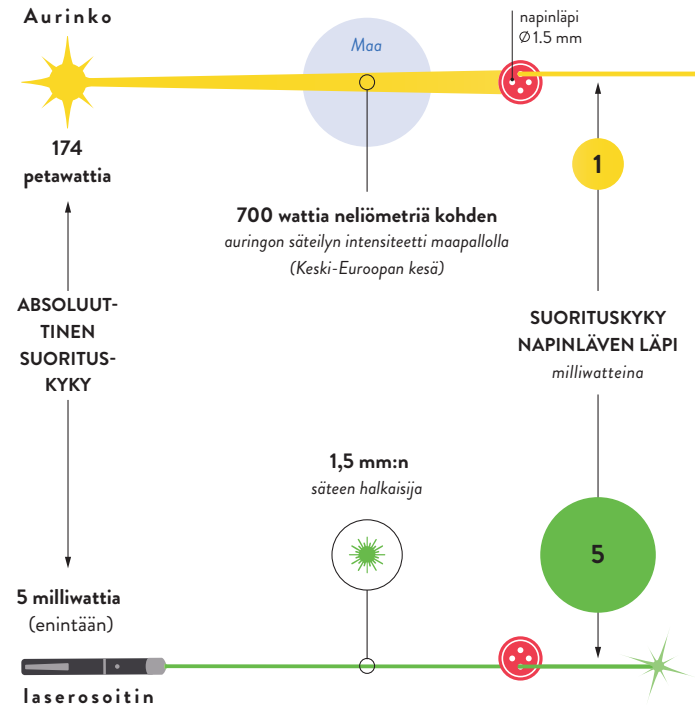
- aktiivinen väliaine = virittyneet atomit tai molekyylit
- energianlähde = pumppu
- optinen
- sähköinen
- resonaattori (päätypeili tai lähtölitin)
- lasersäde

DIODILASER	KUITULASER
	
KIINTEÄN OLOMUODON LASER	KAASULASER
	

# LASERIN JA AURINGON VERTAILUA

Perinteiset valonlähteet lähettävät energiaa kaikkiin suuntiin, mutta lasereiden valo keskittyy hyvin tehokkaasti lähes yhdensuuntaiseen halkaisijaltaan pieneen valonsäteeseen.

## SUORITUSKYVYN VERTAILUA





TUOTANTOTEKNOLOGIA

# PIENIMPIEN RAKENTEIDEN KUVAAMINEN

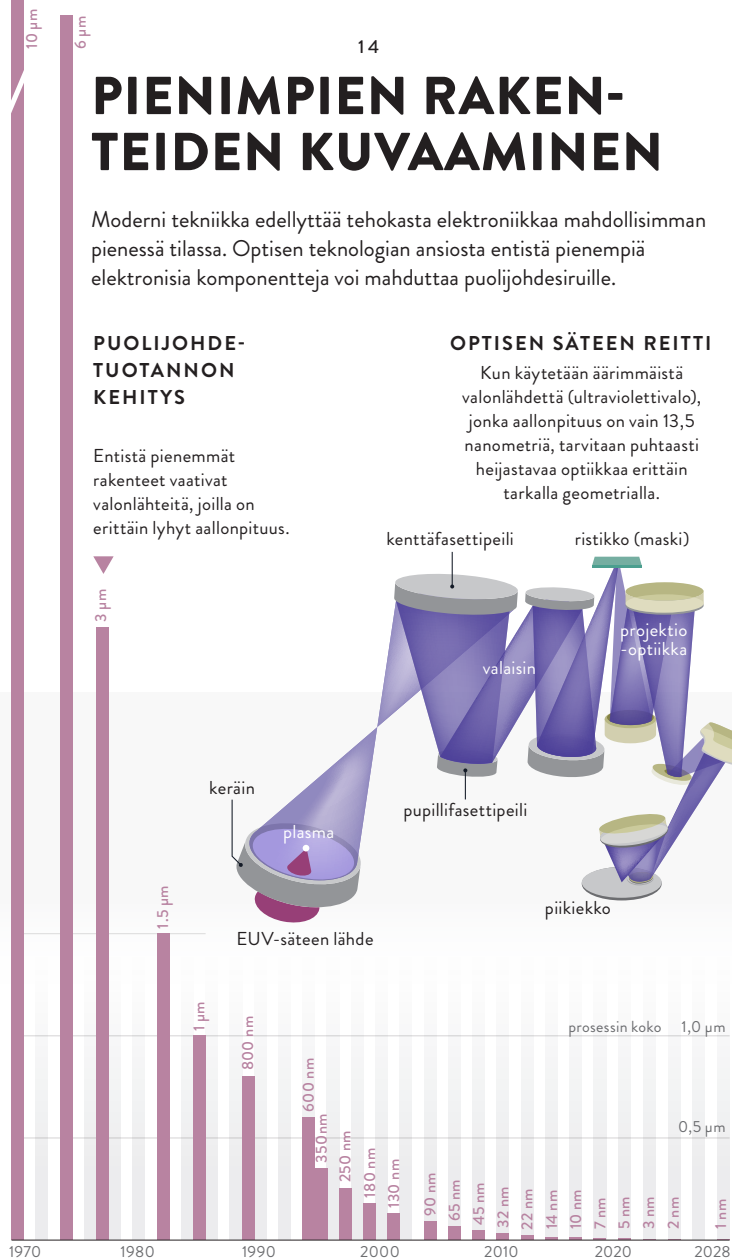
Moderni tekniikka edellyttää tehokasta elektroniikkaa mahdollisimman pienessä tilassa. Optisen teknologian ansiosta entistä pienempiä elektronisia komponentteja voi mahdollistaa puolijohdesiruille.

## PUOLIJOHDE-TUOTANNON KEHITYS

Entistä pienemmät rakenteet vaativat valonlähteitä, joilla on erittäin lyhyt aallonpituus.

## OPTISEN SÄTEEN REITTI

Kun käytetään äärimmäistä valonlähdettä (ultraviolettivalo), jonka aallonpituus on vain 13,5 nanometriä, tarvitaan puhtaasti heijastavaa optiikkaa erittäin tarkalla geometrialla.

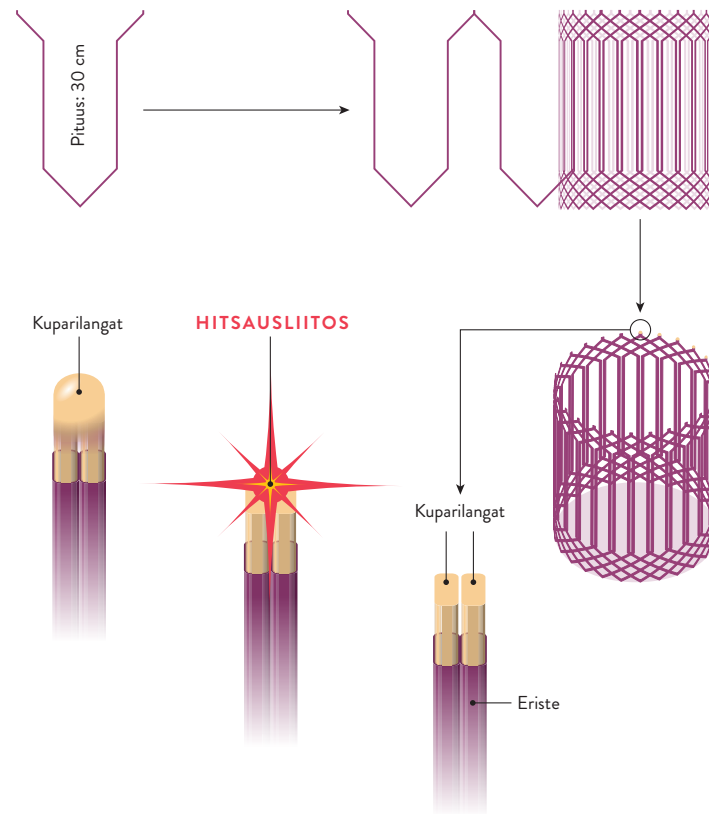


# KIINTEÄN OLOMUODON LASER VAUHDITTAA SÄHKÖISTYMISTÄ

Suorituskykyisissä sähköautoissa moottorin kiinteä osa koostuu useista hiusneulojen muotoisista kuparilangoista. Lyhytpulssilasertekniikka on osoittautunut täydelliseksi työkaluksi näiden kuparilankojen yhdistämiseen laadukkaasti ja luotettavasti. Myös langan pinnoitteen kuorinta ja geometrian tarkastus suoritetaan lasereilla.

Kuparinen litteä lanka tyypillisessä hiusneulageometriassa

Moottorin käämitys, joka on rakennettu hitsatuista kuparilangoista

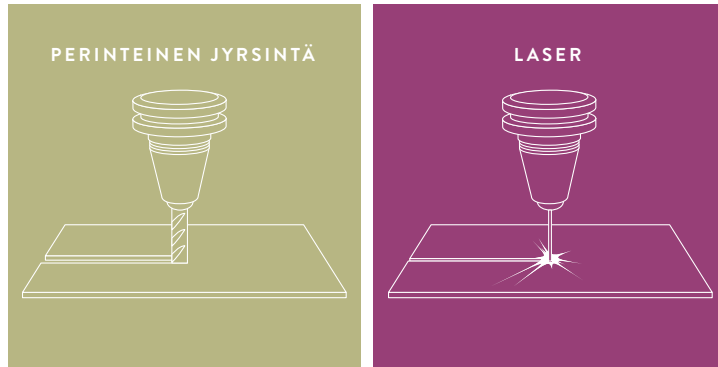


# LASERLEIKKAUS

Laserleikkaus mahdollistaa materiaalien erittäin nopean työstämisen pienellä materiaalihävikillä, mikä tekee menetelmästä erittäin energiatehokkaan.

## PERINTEISEN JYRSINNÄN JA LASERLEIKKAUKSEN TEHOKKUUS- JA SUORITUSKYVYVERTAILU

*Metrin mittainen leikkaus 5 millimetrin paksuisesta teräslevystä*



### LEIKKAUSLEVEYS (millimetriä)

10

0,4

### LAITTEEN SUORITUSKYKY (kilowattia)

0,4

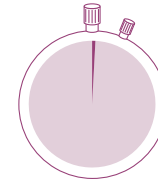
20

### AIKA METRIÄ KOHDEN

14 minuuttia



12 ssekuntia



### ENERGIANKULUTUS

(kilowattituntia)

0,10



0,07



### JÄTE (HUKKA) (grammaa)

390



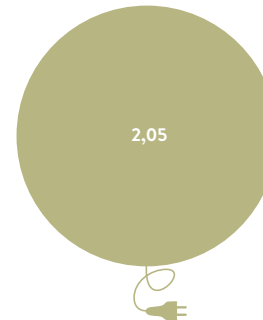
15



### ENERGIAN KOKONAISKULUTUS

materiaalisäästö huomioiden  
(kilowattituntia)

2,05



0,14



# ÄLYPUHELINTEN VALMISTUK- SESSA TARVITAAN LASEREITA

Maailmassa valmistetaan satojatuhansia älypuhelimia päivässä. Valmistajille tuotannon laadukkuus ja tehokkuus ovat ratkaisevia voimakkaasti kilpailluilla markkinoilla. Laserit mahdollistavat menestyksen kilpailussa.

## LASERTYYPIT

- kuitulaser
- UV kiinteän olomuodon laser
- kiinteän olomuodon laser
- CO<sub>2</sub> (hiilidioksidi)-laser
- ultralyhytpulssilaser
- UV-eksimeerilaser
- IR-diodilaser

## KONEPROSESSIT

- reuna
- kuvio
- alue
- reiät

### Kosketusnäyttö

- erittäin ohuen, kovapintaisen lasin leikkaus /
- kosketusnäytön kalvon leikkaus /
- johtavien kerrosten yhteen liittäminen /

### Näyttö

- monikiteisten kerrosten luominen □
- laminoitujen lasien kapselointi /

### Akku

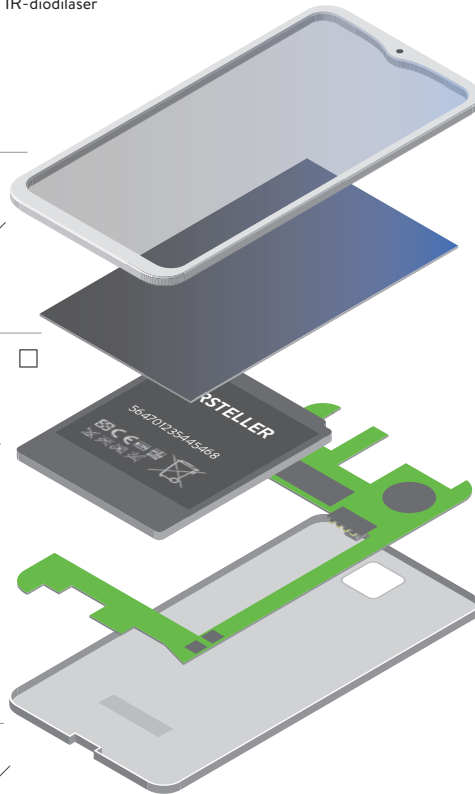
- akkukotelon hitsaus /
- logon, datamatriisikoodin ja sarjanumeron merkintä □

### Piirilevy

- johdinkiskojen strukturointi /
- foliopiirilevyjen leikkaus /
- kontaktireikien poraus /

### Kotelo

- kotelon leikkaus /
- logon ja sarjanumeron merkintä /

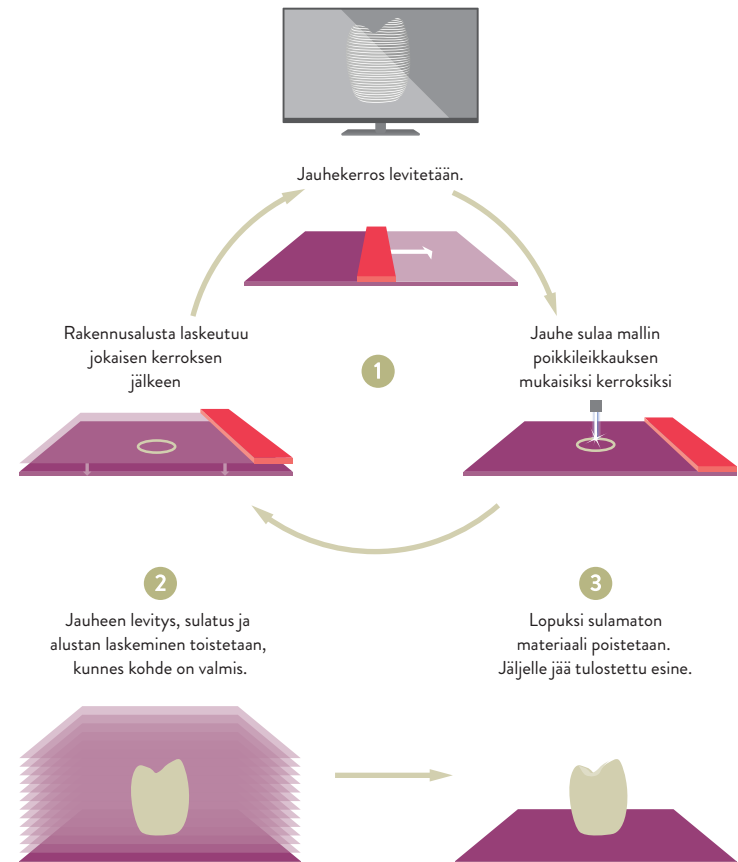


# 3D-TULOSTUS

Selektiivisellä lasersulatuksella voidaan valmistaa tietokonepiirustusten mukaisia monimutkaisia rakenteita muovista, keraameista ja metalleista. Hammasproteesit ja implantit ovat nopeasti kasvavien sovellusten joukossa.

## YLEINEN TOIMINTAPERIAATE

Esineen digitaalinen malli muunnetaan fyysiseksi malliksi, joka on tehty sarjasta ohuita kerroksia.

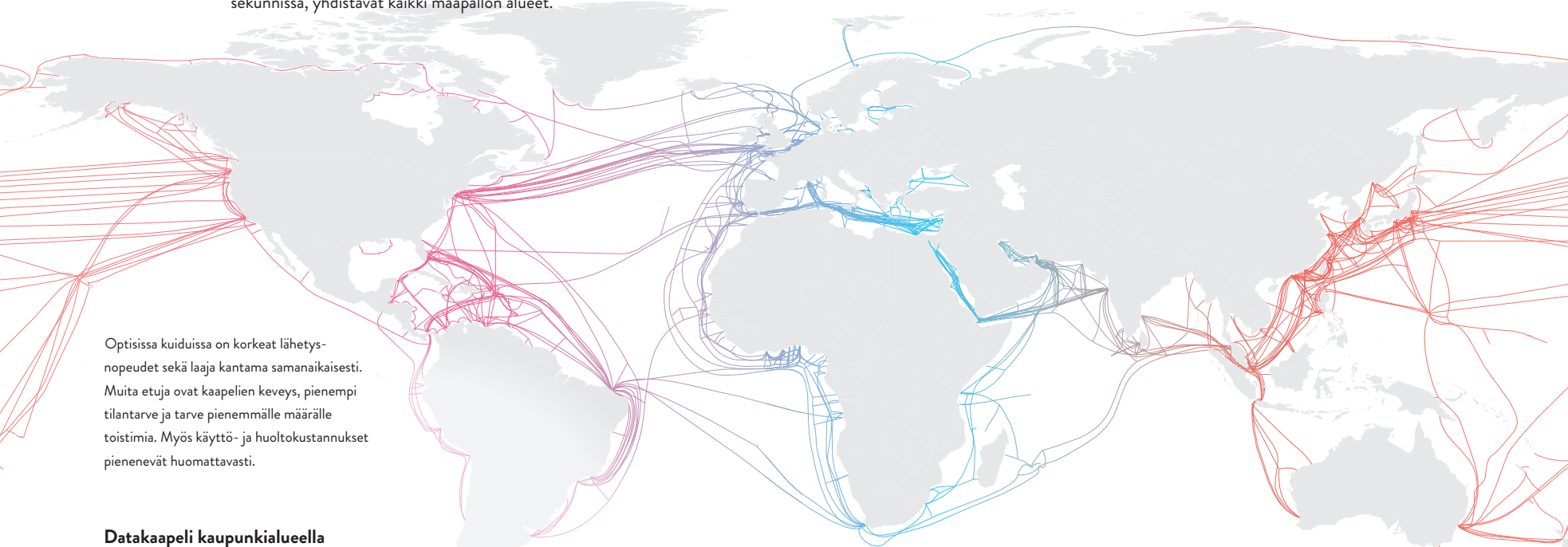




TIEDONSIIRTO

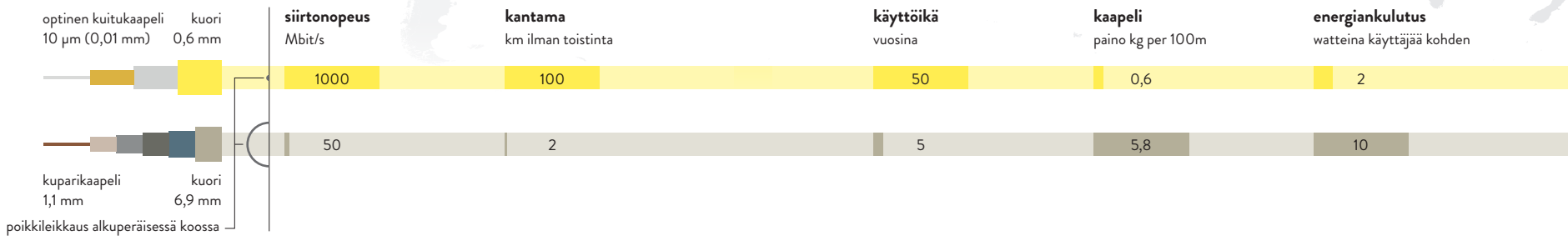
# OPTISET KUITUVERKOT

Vuonna 1988 otettiin käyttöön ensimmäinen transatlanttinen optinen kuitukaapeli, TAT-8. Optinen kuitu kykeni vastaamaan valtavaan kapasiteettitarpeeseen ja korvasikin nopeasti aikaisemmat kuparikaapelit. Nykyään merenalaiset kaapelit, joiden kapasiteetti on jopa useita teratavuja sekunnissa, yhdistävät kaikki maapallon alueet.



Optisissa kuiduissa on korkeat lähetysopeudet sekä laaja kantama samanaikaisesti. Muita etuja ovat kaapelien keveys, pienempi tilantarve ja tarve pienemmälle määrälle toistimia. Myös käyttö- ja huoltokustannukset pienenevät huomattavasti.

## Datakaapeli kaupunkialueella



# LASERTIEDONSIIRTO AVARUUDESSA

Viestintä avaruudessa mahdollistaa nopean tiedonsiirron maan ilmakehässä ja maata kiertävällä radalla olevilta (geostationaarisilta) satelliiteilta maa-asemalle. Luonnonkatastrofeista ja hätätilanteista merellä voidaan lähettää ja vastaanottaa tärkeää tietoa lähes reaaliajassa.

## LASERIN EDUT

### SUURET TIETOMÄÄRÄT

**1,8**  
vastaa noin 500  
musiikkikappaletta  
sekunnissa

### EI RAJOITTEITA TAAJUUKSIEN SUHTEEN

taajuusallokoinnin  
ansiosta



**PIENEMPI  
ENERGIAN-  
KULUTUS**  
pidentää käyttöikää



**KEYYEMPI  
PAINO**  
säätää  
kustannuksia

## LASER JA OPTIIKKA VASTAAVAT VAATIMUKSIIN

### HYVIN PIENI TOLERANSSI

lasersäteen  
tuottamisessa  
pitkällä matkalla



**VAKAA**  
Suuretkaan  
lämpötilaerot  
eivät vaikuta

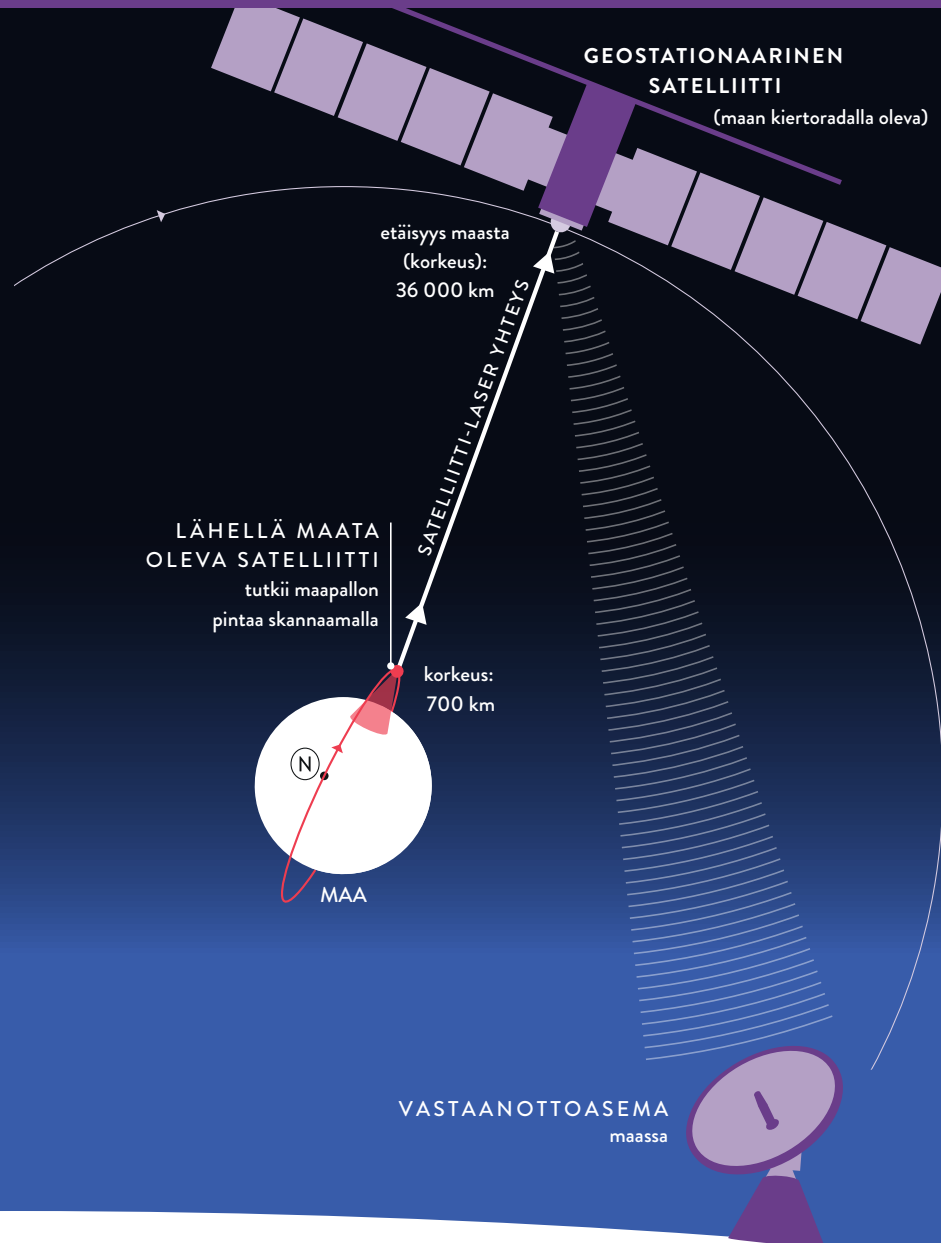
kestää  
voimakasta  
**TÄRINÄÄ**  
JA

**KIIHTYVYYSIÄ**  
raketin laukaisun  
aikana

**HUOLTOVAPAA**  
yli 15 vuoden ajan



**KESTÄÄ**  
avaruuden  
UV-säteilyä ja  
gammäsäteilyä



# QR-KOODIT

Älykkäässä kuvan- ja tietojenkäsittelyssä kamerat ja optiset sensorit toimivat usein yhdessä. QR-koodi (Quick Response) on tästä erinomainen esimerkki.

## QR-KOODIEN KÄYTTÖ

QR-koodit ovat kaksiulotteisia viivakodeja. Kamerapuhelin, jossa on sopiva koodinlukijaohjelmisto osaa tunnistaa tiedot ja purkaa ne.



## QR-KOODIN RAKENNE

Varsinaisen sisällön lisäksi QR-koodit sisältävät lisäelementtejä, jotta ohjelmisto tunnistaa tiedot oikein.

Näitä ovat:

- paikannus / aseointi
- muoto
- ajoitus
- versiotiedot
- kohdistus



Yksi QR-koodi voi sisältää jopa  
**4 000 aakkosnumeerista** merkkiä.

## QR-KOODIEN EDUT

Perinteiseen viivakoodiin verrattuna QR-koodit voivat tallentaa enemmän tietoa pienemmälle alueelle. Ne asettavat vähemmän vaatimuksia lukulaitteille.

Ne toimivat myös, vaikka ne olisivat osittain vaurioituneet tai vioittuneet:



koodin grafiikka/teksti

vääristynyt

epätarkka

kiertynyt



VALOKUVAAMINEN  
JA NÄYTÖT

# KAMEROIDEN LINSSIT

Nykyään on mahdollista ottaa loistavia kuvia älypuhelimien pienellä kameralla. Mihin valokuvauksessa enää tarvitaan suuria objekteiveja?

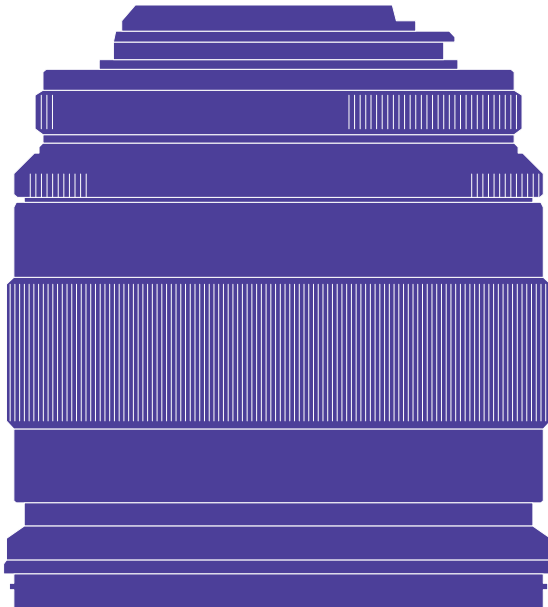
## KOKOVERTAILU

(luonnolliset koot)

### ÄLYPUHELIMEN LINSSI

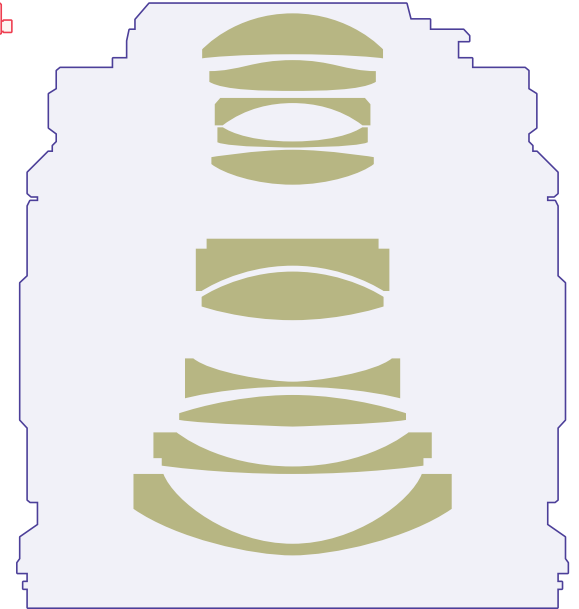


### SLR-JÄRJESTELMÄKAMERAN LINSSI



## LINSSIEN ASETTELU

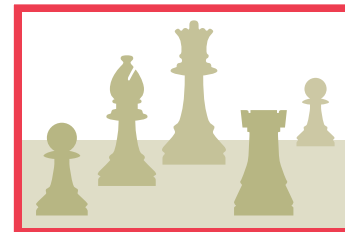
Pienestä koostaan huolimatta älypuhelimien kamerassa on kehittynyt optiikka ja monimutkainen linsijärjestys, mutta suurilla objekteiveilla on edelleen etuja.



## SYVÄTERÄVYYS

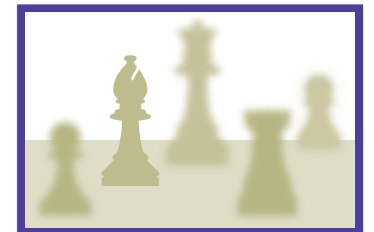
Koon tärkein ero on erilaiset syväterävyysalueet.

### ÄLYPUHELIMEN LINSSI



Älypuhelimien linssin kautta lähellä ja kaukana olevat kohteet näkyvät yhtä terävästi.

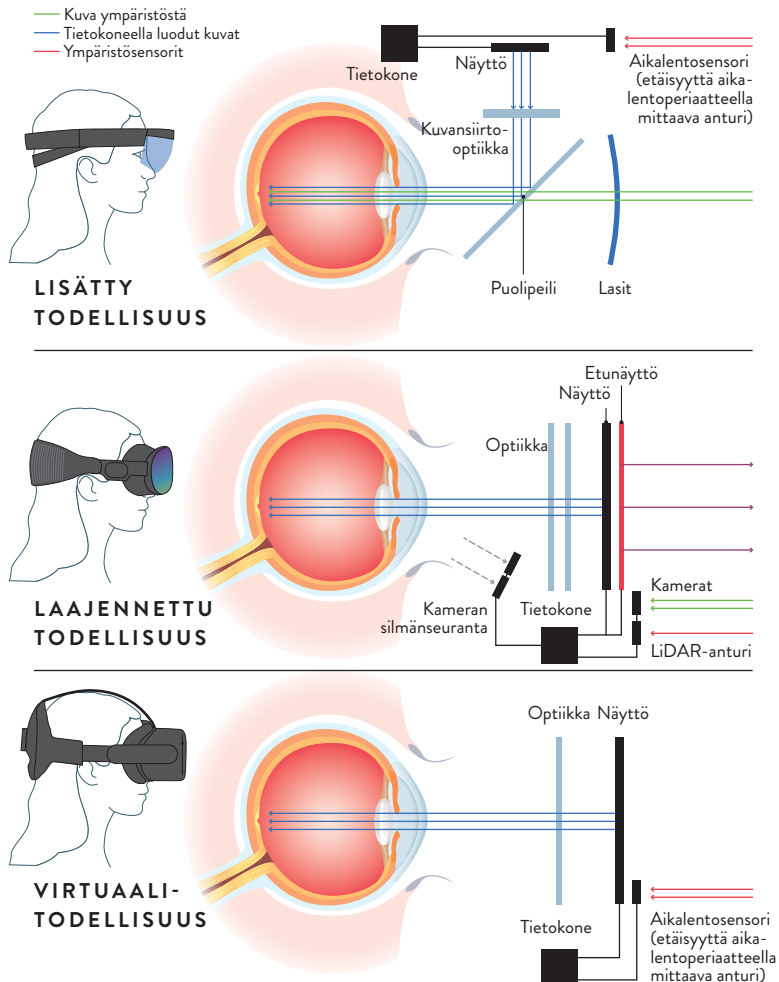
### JÄRJESTELMÄKAMERAN LINSSI



Suurilla SLR-objekteiveilla syväterävyyttä voidaan säätää valinnaisesti.

## AR- JA VR-LASIT

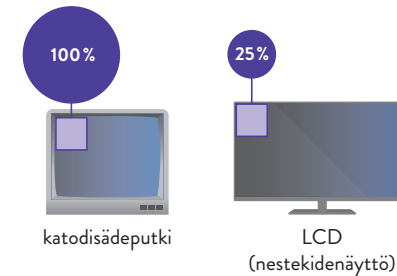
**Stereoskooppiset näyttölasit upottavat virtuaalitodellisuus (VR) -käyttäjät täysin digitaaliseen ympäristöön, kun taas lisätty todellisuus (AR) -lasien mikroprojektorit ja säteenyhdistimet lisäävät digitaalisia elementtejä todelliseen maailmaan. Useat optoelektroniset komponentit, kuten kamerat ja LiDAR-etunäytöt, mahdollistavat vuorovaikutuksen ympäristön kanssa missä tahansa AR:n ja VR:n välillä.**



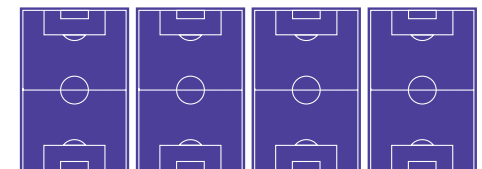
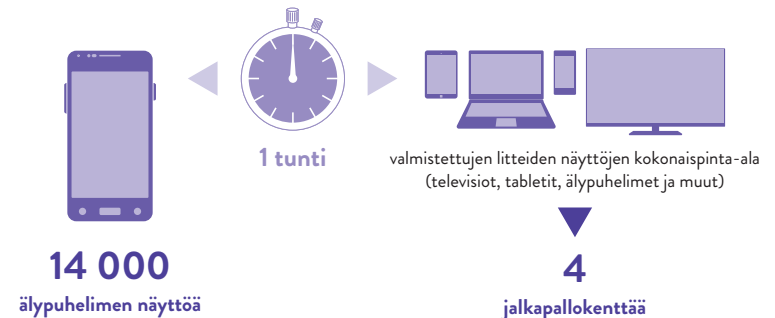
## LITTEÄT NÄYTÖT

Toisin kuin varhaiset katodisädeputkinäytöt, litteät näytöt säästävät paljon energiaa pinta-alayksikköä kohti. Maailmanlaajuinen tuotantokapasiteetti kykenee vastaamaan näyttöjen suureen kysyntään.

### SÄHKÖNKULUTUS SAMALLA NÄYTTÖKOOLLA



### LITTEIDEN NÄYTTÖJEN TUOTANTOMÄÄRÄT TUNNISSA

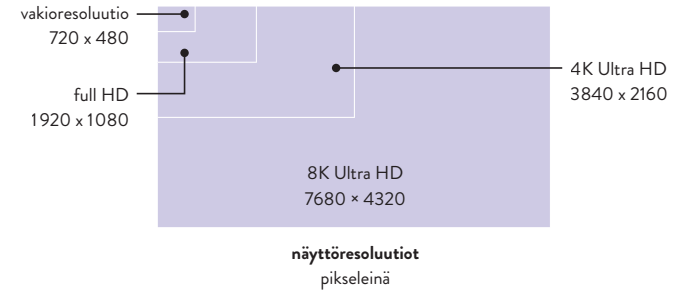
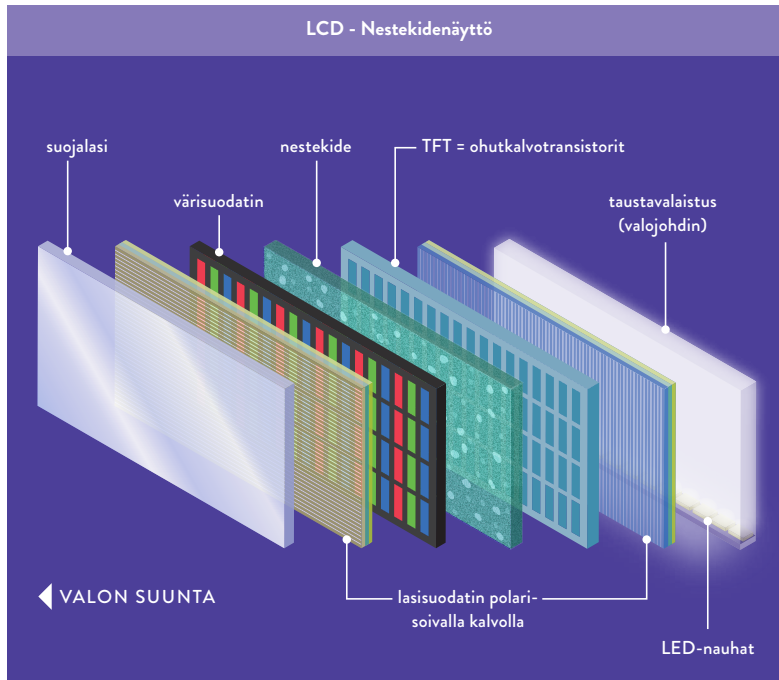


## LCD vs. OLED

Nykyään nestekidenäytöt hallitsevat litteiden näyttöjen markkinoita, mutta älypuhelimissa orgaaniset LEDit (OLED) ovat vallanneet yhä suuremman markkinaosuuden. OLED-näytöt ovat ohuempia, energiatehokkaampia ja kontrastiltaan parempia, mutta kalliimpia valmistaa.

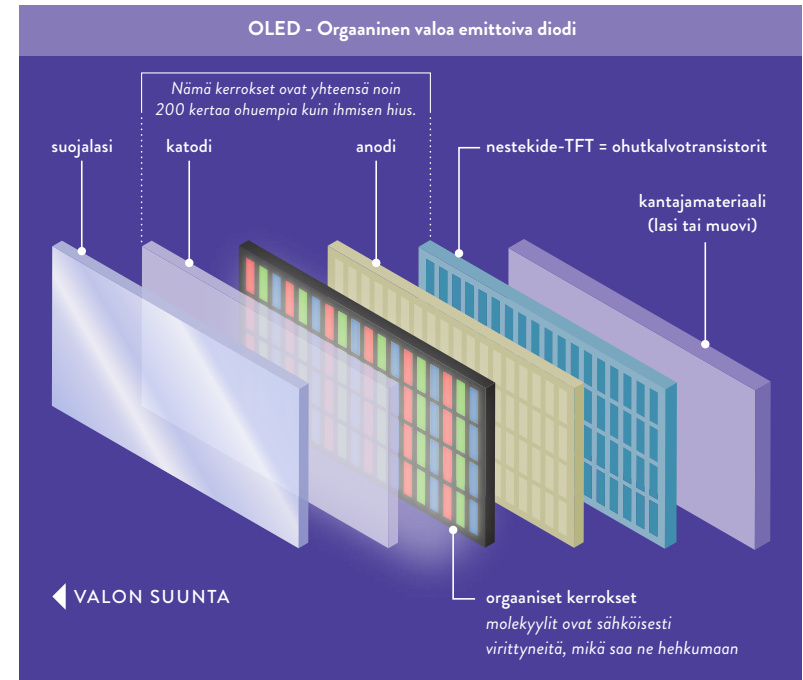
### NESTEKIDENÄYTÖT RAKENNE

Nykyään yleisin näyttötyyppi tuottaa kuvia estämällä tai päästämällä läpi näytön takaosassa olevien LEDien valkoisen valon.



### OLED-NÄYTÖN RAKENNE

OLED näytössä ei ole erillistä valonlähdettä koska siinä on orgaanisesti valoa lähettäviä materiaaleja, mikä tekee näytöstä rakenteeltaan paljon ohuemman.

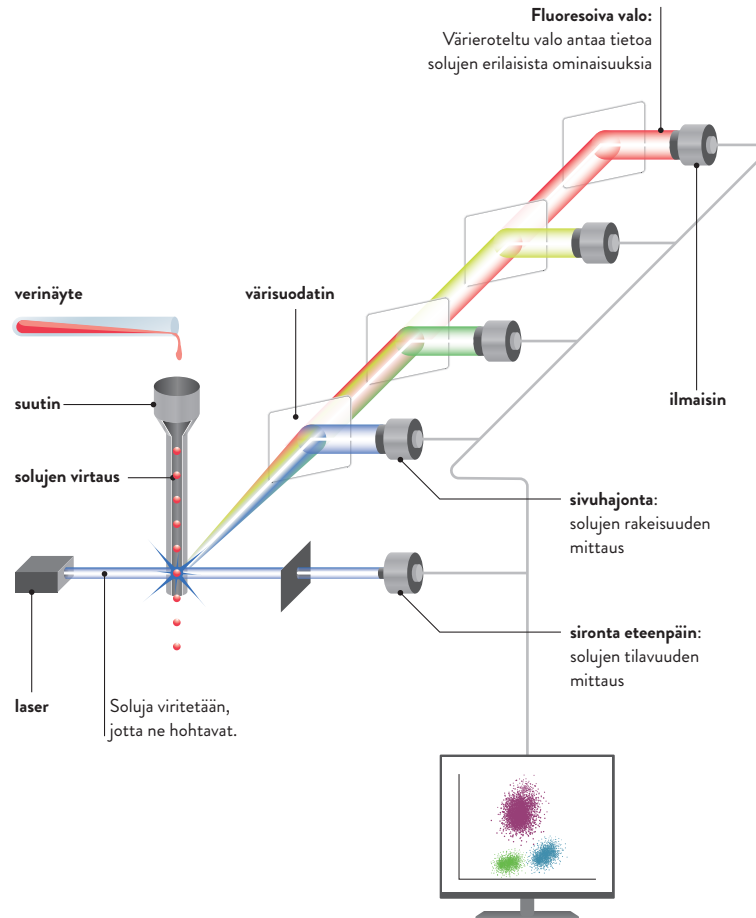




LÄÄKETIETEELLINEN  
TEKNOLOGIA

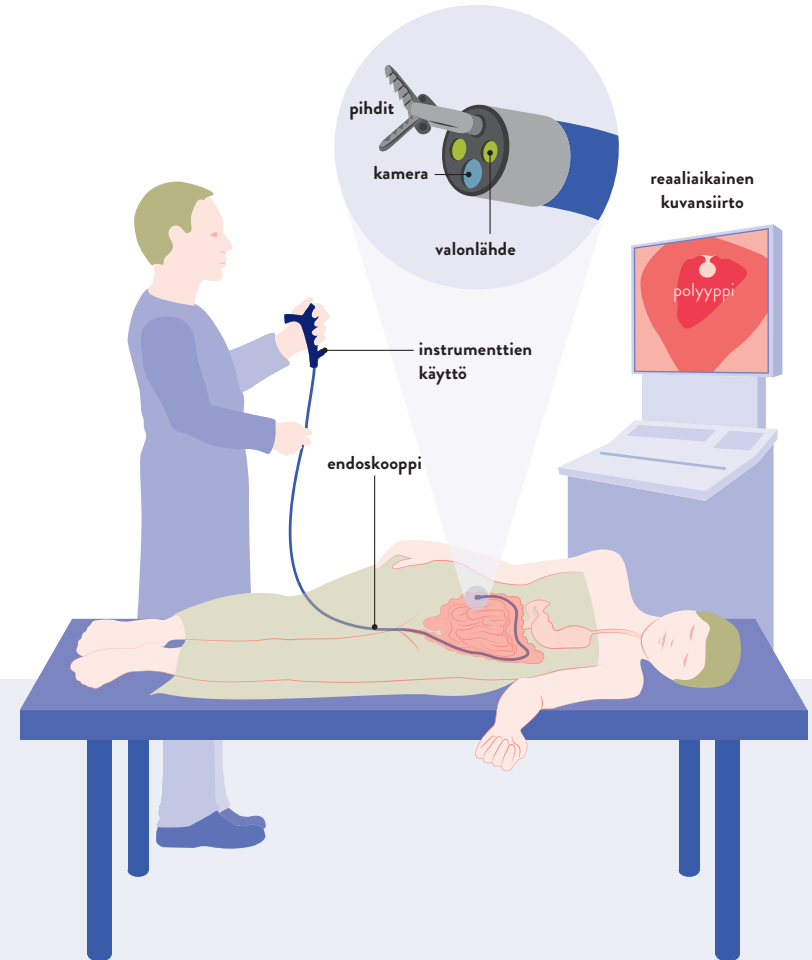
## VERISOLUJEN LASKEMINEN

Lääketieteessä ja bioteknologiassa voidaan laserpohjaisella virtausytometrialla laskea ja määrittellä (karaterisoida) sekunnissa tuhansia verisoluja. Tämä mahdollistaa veren poikkeavuuksien nopean ja turvallisen havaitsemisen.



## ENDOSKOPIA

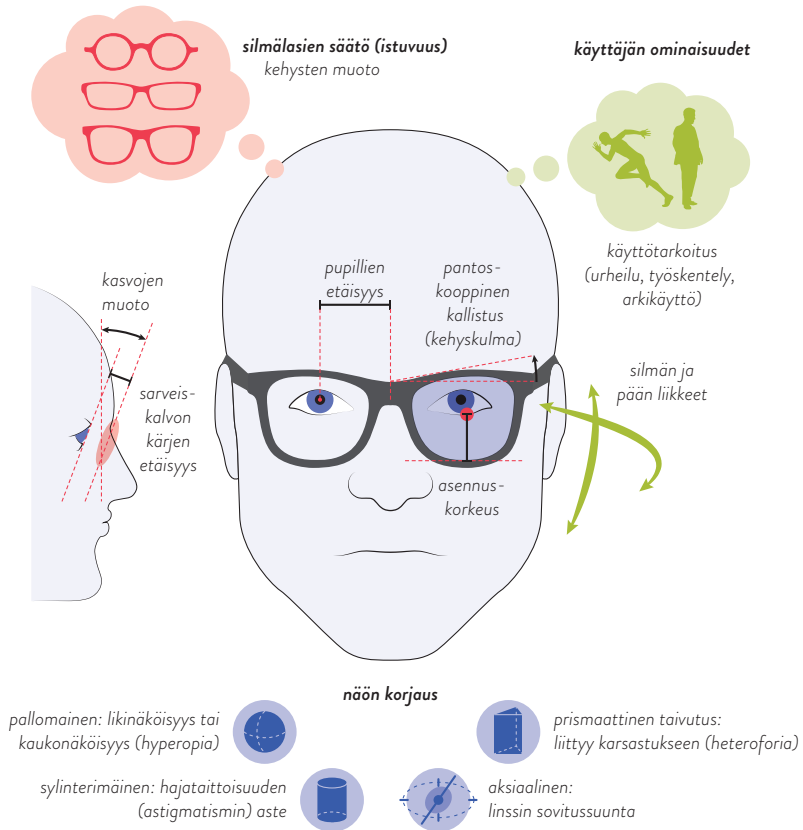
Endoskooppien avulla lääkäri voi tutkia ruumiinonteloita ja sisäelimiä, havaita sairauksia ja samanaikaisesti tarvittaessa hoitaa niitä ilman avoleikkausta. Putket, jotka ovat vain muutaman millimetrin paksuisia, johtavat valoa yhteen suuntaan ja erittäin tarkkoja (korkearesoluutio) kuvia reaaliajassa toiseen suuntaan.



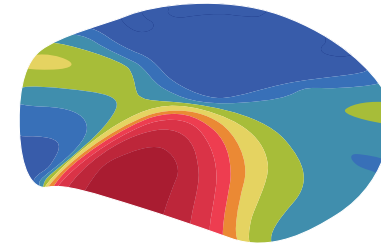
# LÄHI- JA KAUKONÄKÖ

Yksilölliset säädettävät (varifokaaliset) linssit auttavat ihmisiä näkemään tarkasti kaikille etäisyyksille. Henkilökohtaisessa linssisuunnittelussa tarvitaan erilaisia laskelmia ja linseille on erilaisia kriteerejä. CNC-koneita käytetään muuttamaan suunnitelmat ja laskelmat linseiksi mikrometrin tarkkuudella.

## YKSILÖLLISET KRITTEERIT

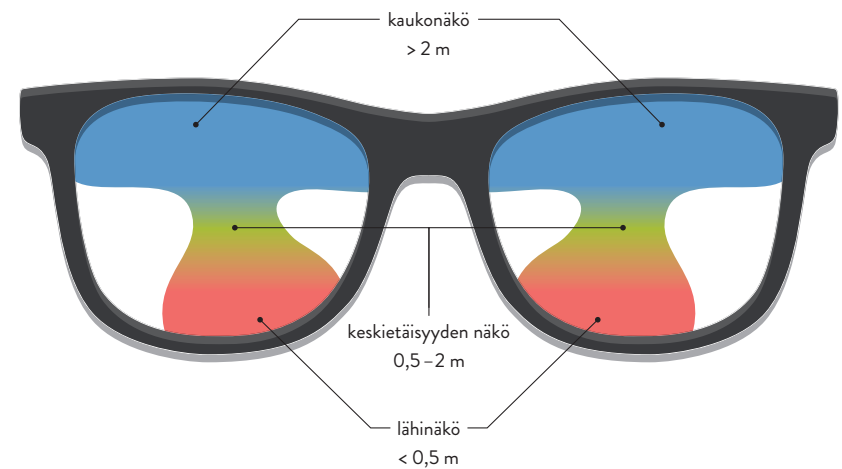


## TIETOKONEAVUSTEISESTI SUUNNITELTU LINSSI



Eri värit osoittavat eri taitevoimaa linssissä:  
punainen (vahva) sininen (heikko).

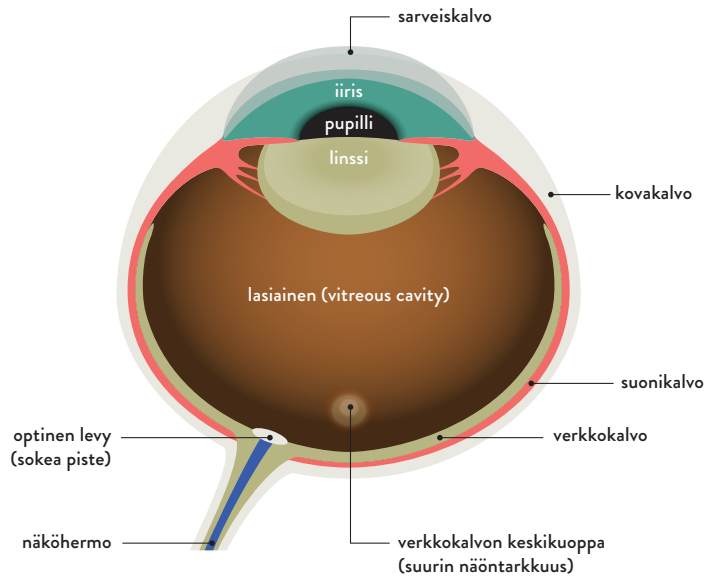
## SÄÄDETTÄVÄ VARIFOKAALINEN MALLI



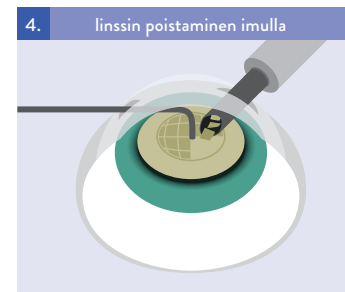
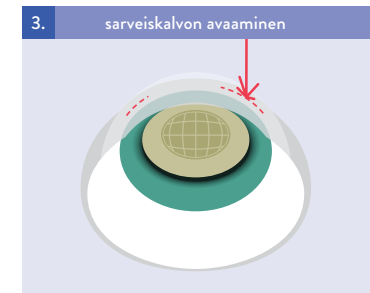
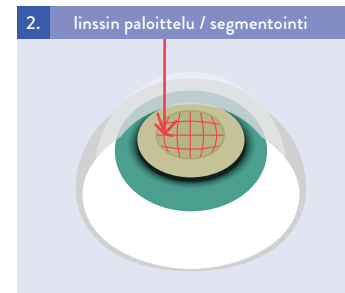
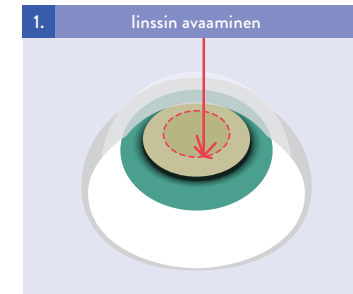
# MITEN NÄHDÄ TAAS KIRKKAASTI?

Suurimmalla osalla yli 60-vuotiaista on eriateinen harmaakahi. Kaihin hoito on yleisin leikkaus maailmanlaajuisesti. WHO raportoi vuonna 2022 yli 29 miljoonasta kaihileikkauksesta. Femtosekuntilaserien ultralyhyet pulssit mahdollistavat erittäin tarkan leikkausteknologian.

## IHMISSILMÄN ANATOMIA



## LASERLEIKKAUKSEN VAIHEET

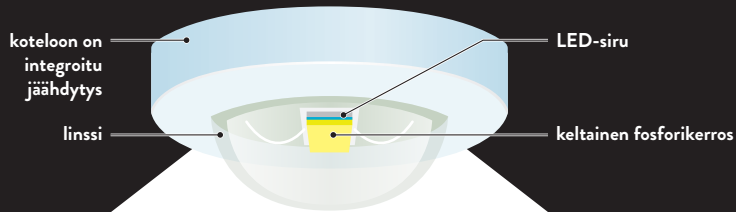


The image features a white background on the left and a blue geometric pattern on the right. The blue pattern consists of several overlapping, semi-transparent shapes in various shades of blue, creating a layered effect. The word "VALAISTUS" is written in white, uppercase, sans-serif font, centered within the blue area.

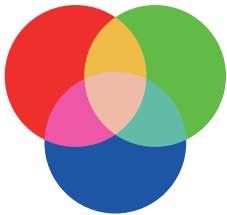
VALAISTUS

# VALKOINEN LED-VALO

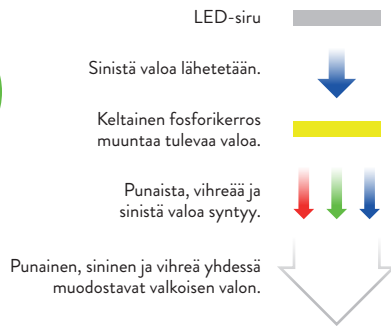
Eri sirut tuottavat eri värisiä valoja. Valkoisen valon tuottamisessa hyödynnetään luminesenssimuunnosta.



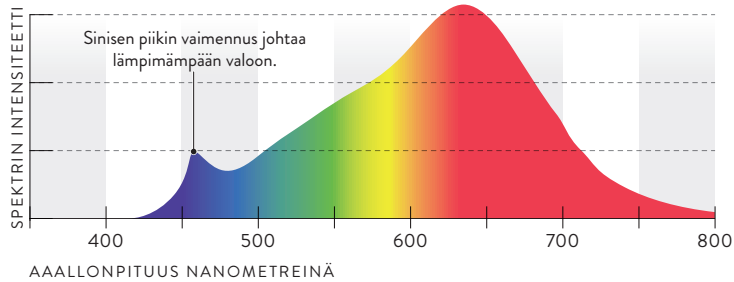
Valkoinen valo koostuu punaisesta, sinisestä ja vihreästä valosta.



Valkoisen LED-valon tuottaminen luminesenssimuunnoksella:



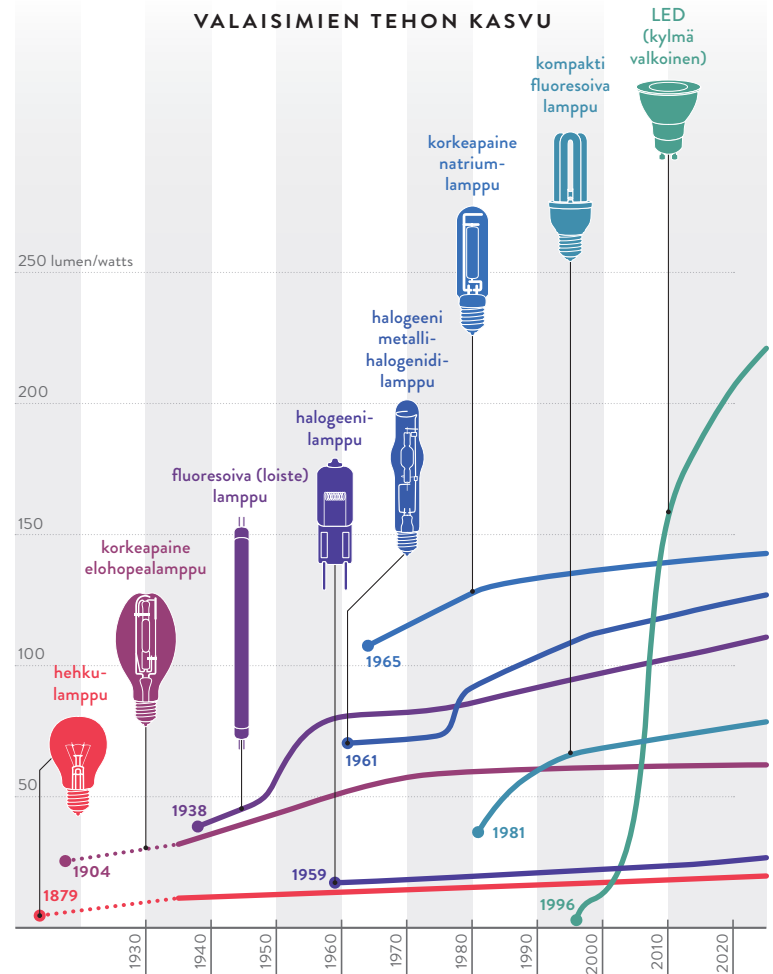
## VALKOISEN LED-LAMPUN SPEKTRI



# KIRKKAAMPAA VALOA LEDEILLÄ

Hehkulampun keksimisen jälkeen erilaisten lampujen määrä on lisääntynyt huomattavasti. Nykyään valkoiset LEDit ovat lampuista tehokkaimpia.

## VALAISIMIEN TEHON KASVU



# LAMPUN TEKNISET TIEDOT

Vielä muutama vuosi sitten lampun teknisiksi tiedoiksi riitti sen wattimäärä. Nykyään on vertailtava lähes tusinaa eri kriteeriä.



- W** **teho** (watteina)  
 tehon ja säteilyvirran yksikkö kertoo  
 kuinka paljon sähköä lamppu tarvitsee
- lm** **kirkkaus** (lumeneina)  
 lampun valon kirkkaus
- T** **väriämpötila** (Kelvineinä)  
 mitä korkeampi väriämpötila, sitä  
 kylmempi (sinisempi) valo
-  **syttymisaika**  
 aika joka lampulla kuluu siihen, että se  
 saavuttaa maksimikirkkauden
-  **himmennettävyys**  
 lampun himmennettävyys
-  **Käyttöaika**  
 Kuinka kauan lamppu kestää
- R<sub>a</sub>** **värintoistoindeksi**  
 värintoiston tarkkuus
-  **energiankulutus**  
 verrattuna perinteiseen hehkulamppuun
- Hg** **elohopeapitoisuus**  
 ympäristöystävällisissä  
 lamputissa ei ole elohopeaa
-  **valaistuskulma**  
 tehokkaan valon laajuus ja alue

# LASER-ESITYKSET

Lasertekniikalla toteutetut valoesitykset näyttävät, kuinka kiehtovaa ja monipuolista fotonikka voi olla.

## LOISTAVAT VÄRIT

Lasereilla voidaan tuottaa poikkeuksellisen puhtaita ja täysin kylläisiä värejä, joita muilla valonlähteillä ei voida saavuttaa.

## VIHREÄÄ VIIHDETEKNOLOGIAA

Lasereiden suhteellisesti alhainen energiankulutus tekee niistä ympäristöystävällisen tavan tarjota näyttävää viihdettä suurille yleisöille.

## YLEISÖ

## KEINOSUMU

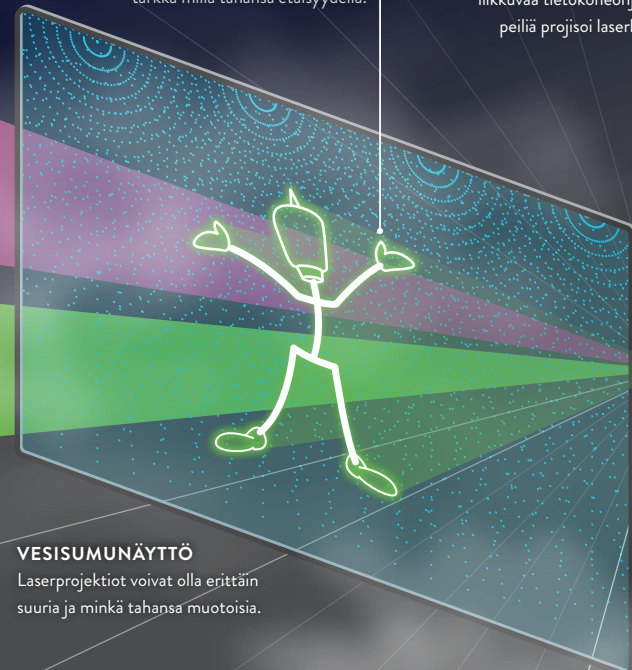
Savu- tai sumukone tekee lasersäteen näkyväksi.

## KIRKAS KUVA JA KORKEA KONTRASTI

Videon verrattuna laserkuva on tarkka millä tahansa etäisyydellä.

## LASERPROJEKTORI

Kaksi erittäin nopeasti liikkuvaa tietokoneohjattua peiliä projisoi laserkuvan



## VESISUMUNÄYTTÖ

Laserprojektorit voivat olla erittäin suuria ja minkä tahansa muotoisia.

## YKSITTÄISET LASERSÄTEET TAIVAALLA

Mahdollista vain erillisellä luvalla lentoturvallisuusviranomaisilta.

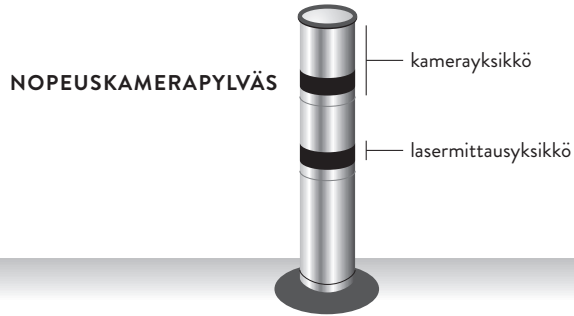


The image features a minimalist, abstract design. The left half is a plain white space. The right half is a vertical strip with a complex geometric pattern of overlapping triangles and quadrilaterals in various shades of blue, from light sky blue to a deep, dark teal. The word "LIKENNE" is centered within the blue patterned area.

LIKENNE

# LIIKENNEVALVONTA

Ajoneuvojen nopeus voidaan mitata tarkasti infrapunalaserasäteen paluuaikaan perustuvilla mittausjärjestelmillä. Mittaus on infrapunasäteen lähetysajan ja takaisinsäteilyajan erotus. Jos havaitaan liikenerikkomus, kamerat ottavat kuvia ajoneuvosta ja kuljettajasta.



**infrapunalaser:**  
yli 100 lasersädettä  
100 kertaa sekunnissa

Nopeuskamerapylvästä lähtevät valoimpulssit heijastuvat ohi kulkevasta autosta takaisin ja kamerapylväs vastaanottaa ne uudelleen.

**NOPEUSKAMERAPYLVÄS**

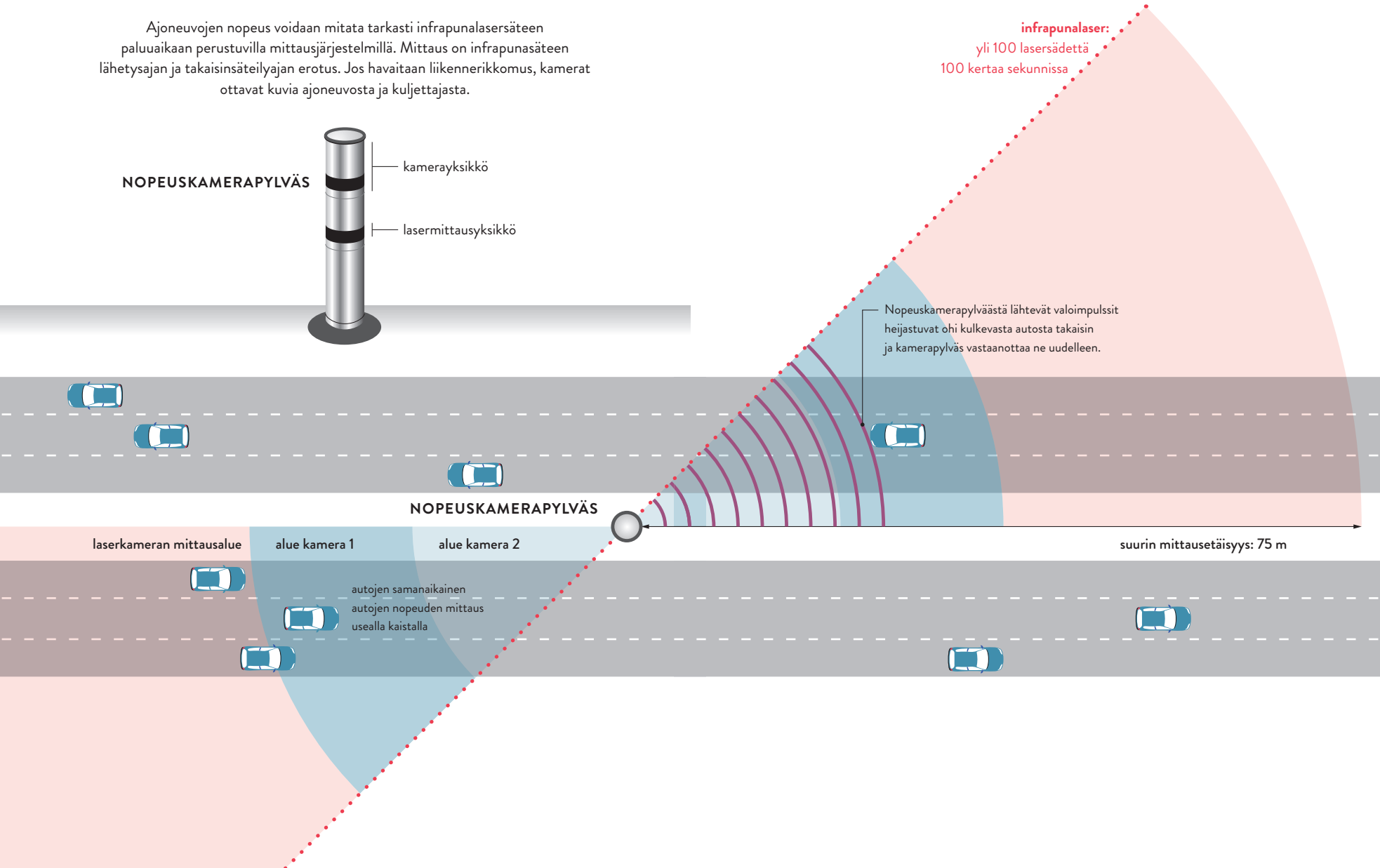
laserkameran mittausalue

alue kamera 1

alue kamera 2

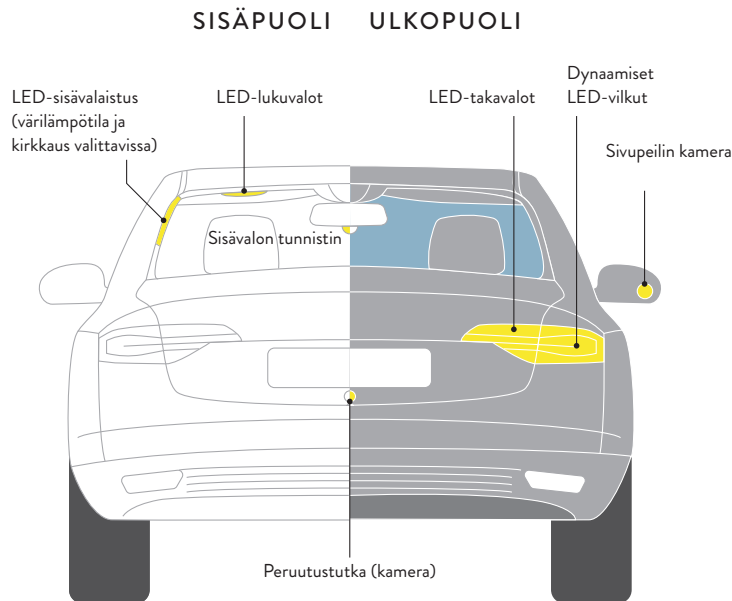
autojen samanaikainen  
autojen nopeuden mittaus  
usealla kaistalla

suurin mittausetäisyys: 75 m

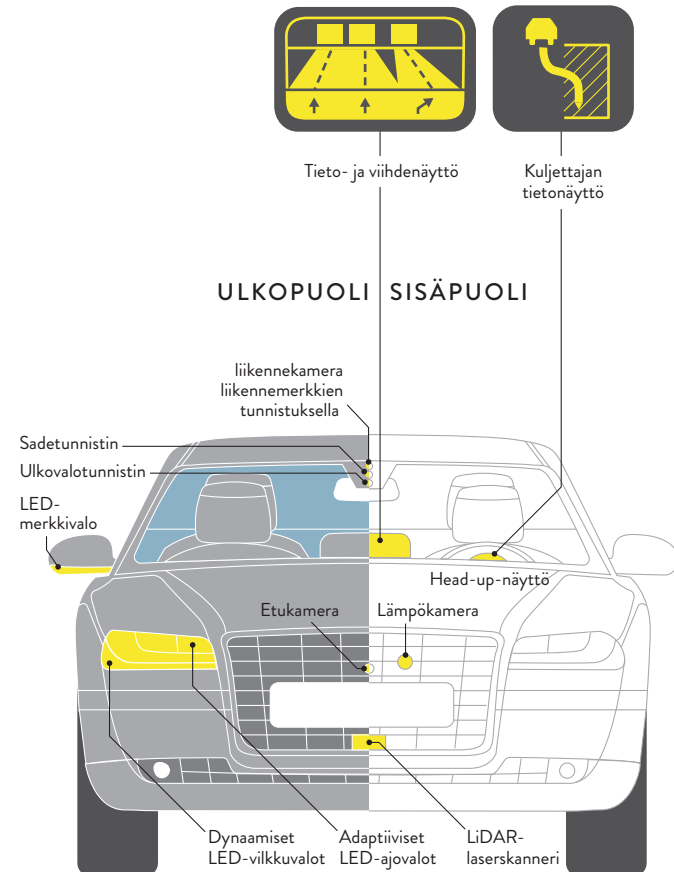


# AUTON AJOVALOT JA SISÄVALOT

Älykkäät LED-valot, kamera-avusteiset järjestelmät ja tietonäytöt varmistavat paremman turvallisuuden kaikissa ajotilanteissa.



NÄKYMÄ TAKAA

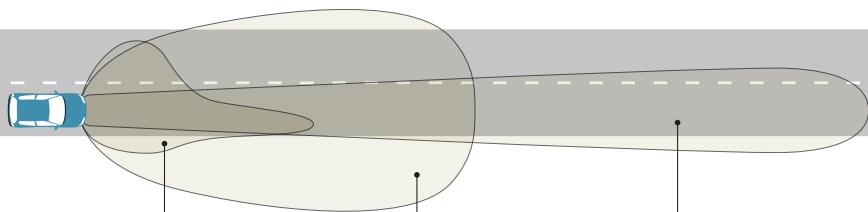


NÄKYMÄ EDESTÄ

# AUTON AJOVALOT

Edestäpäin katsottuna: yhdistelmä LED- ja laservalonlähteitä mahdollistaa optimaalisen ajoradan valaistuksen kaikissa liikenneolosuhteissa.

## AJOVALOJEN VALOKARTIO



### LED-ajovalot

älykäs valaistus estää vastaantulevan liikenteen häikäisyä

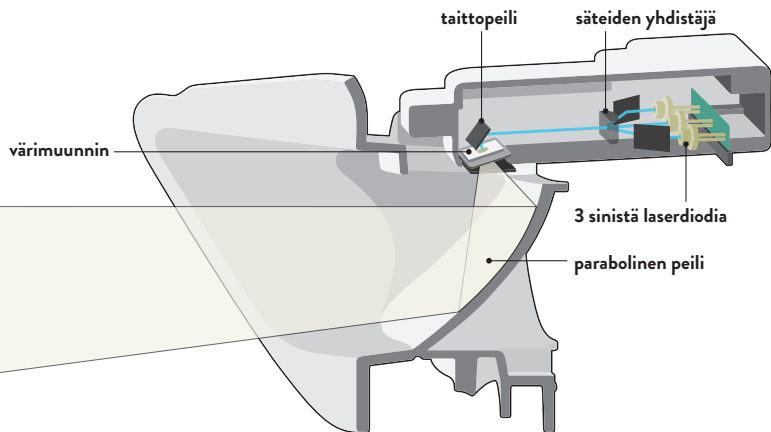
### LED-kaukovalot

laajamittainen valaisu

### laserkaukovalot

kohdennettu valaistus optimaalisen näkyvyyden takaamiseksi

## LASERKAUKOVALOT

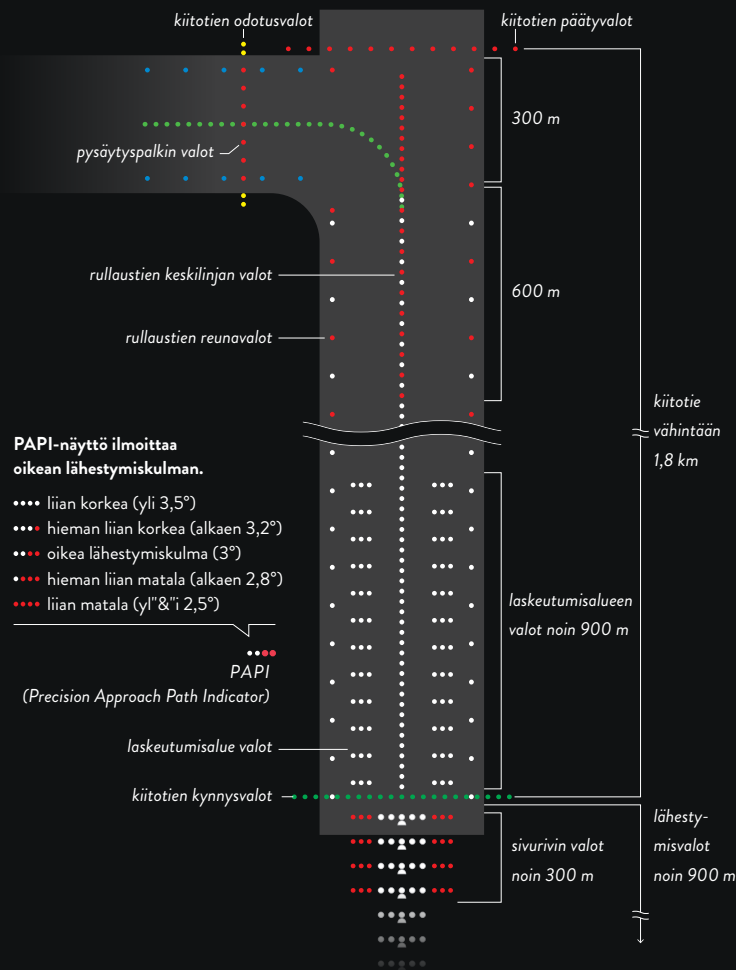


# VALO-OHJAUS LENTOKENTÄLLÄ

Miljoonat uudet LED-lamput tehostavat toimintaa ja pienentävät lentoasemien ylläpitokustannuksia ympäri maailmaa.

### LED vs halogeeni

käyttöikä tunteina	60 000	2 500
tyypillinen kytketty kuorma per lamppu (W)	18	65

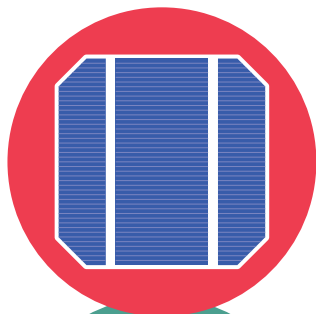




KESTÄVÄ  
ENERGIA

# AURINKOKENNO- TEKNOLOGIA

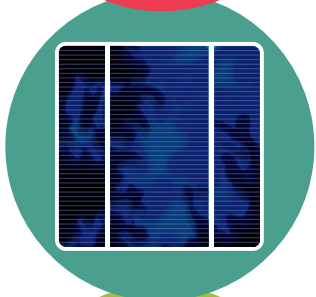
Aurinkokennot voivat muuttaa auringonvalon suoraan sähköksi. Aurinkokennoilla on saavutettu jopa 48 prosentin hyötysuhde laboratorio-olosuhteissa. Kaupallisessa käytössä tehokkuus täytyy suhteuttaa aurinkokennon hankintakustannuksiin.



## KAUPALLISTEN AURINKOPANEELIEN PÄÄTTYYPIT

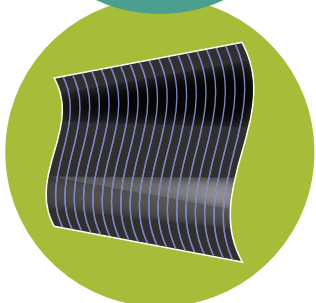
**Yksikiteiset piikennot on leikattu pyöreästä piikiteestä.**

Tyypillisesti neliskulmaisissa kennoissa ei ole kulmia. Muoto johtuu raaka-aineen pyöreästä poikkileikkauksesta, jota pyritään hyödyntämään parhaalla mahdollisella tavalla.



**Monikiteisissä piikennossa**

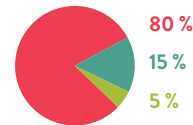
tyypillinen rakenne muodostuu tyypillinen rakenne muodostuu kristallireunoista, jotka ovat hyvin lähellä toisiaan.



**Ohuet kalvomaiset**

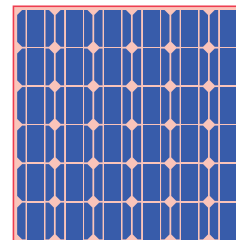
kennot koostuvat amorfisesta piistä tai muista materiaaliyhdisteistä. Aine voidaan höyrystää välittäjäaineeseen, jopa joustavaan materiaaliin. (Amorfinen aine on kiinteää ainetta, jonka atomijärjestys ei ole jaksollinen.)

## MAAILMANMARKKINAOSUUDET



## OMINAISUUDET

### yksikiteiset

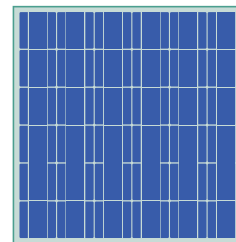


tehokkuus

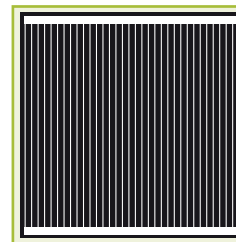


hankintakustannukset

### monikiteiset



### ohut kerros



amorfinen  
pii



kupari-indium  
diselenidi



# AURINKOENERGIA

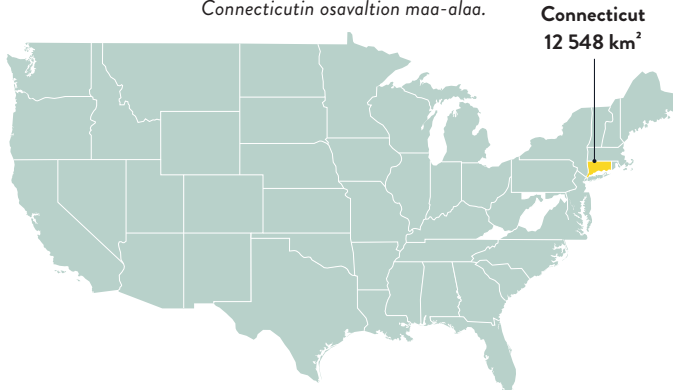
Aurinkoenergialla on potentiaalia vastata maailman kasvavaa sähkötarpeeseen ympäristöä saastuttamatta. Kuinka suuria aurinkovoimaloita tarvittaisiin, jotta Yhdysvallat toimisi aurinkosähköllä?

Yhdysvaltojen sähkönkulutus vuodessa: 4650 TWh (2024)

Tämän energian tuottamiseen tarvittavien aurinkokennojen pinta-ala:

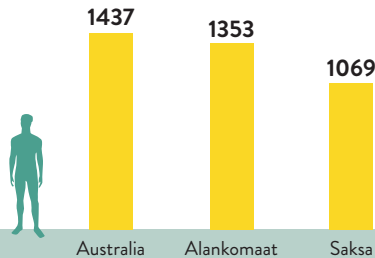
**14 580 km<sup>2</sup>**

Tämä vastaa suunnilleen Yhdysvaltojen Connecticutin osavaltion maa-alaa.



## SUURIMMAT AURINKOSÄHKÖN TUOTTAJAT

Tuotettu teho asukasta kohden watteina vuonna 2024



## ENERGIANTUOTANNON VERTAILU 2025



Maailman tuotettu aurinkosähköenergia vuodessa

**2,8 petawattituntia**  
= 2 800 000 000 000 kilowattituntia



**Ydinenergia**

Tuotettu aurinkosähköenergia vastaa 320 ydinvoimalan tuottamaa sähkömäärää.

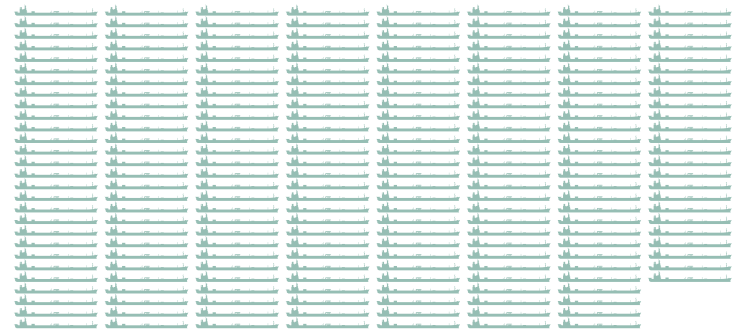
 = 10 Ydinvoimalaitokset



**Raakaöljy**

Raakaöljyn osalta vastaava määrä on 310 miljoonaa tonnia. Tämä määrä vastaa 2200 öljytankkeria, joiden kunkin kapasiteetti on 300 000 bruttorekisteritonnia\*.

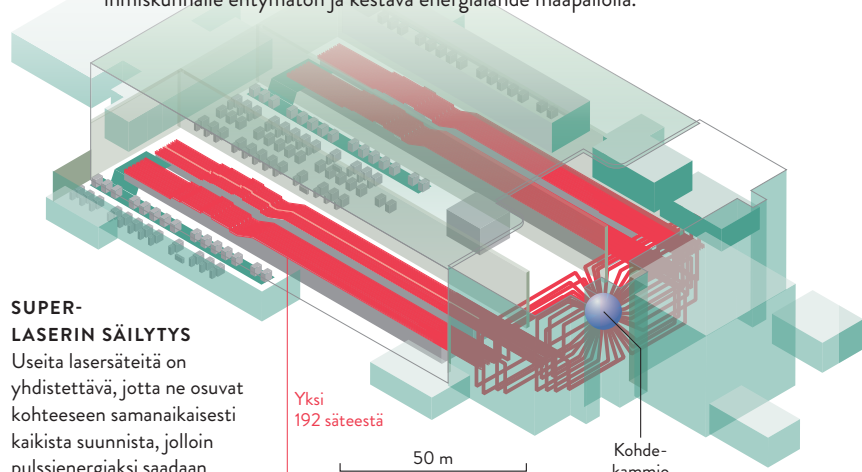
 = 10 Öljytankkeria



\* bruttorekisteritonnina

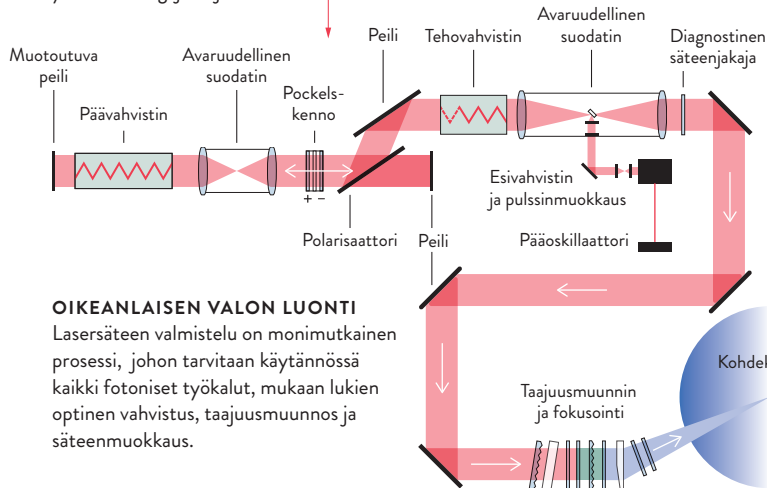
# LASERFUUSIO

Pulsilaserit pystyvät luomaan voimakkaat paine- ja lämpötilaolosuhteet, jotka kykenevät aiheuttamaan vety-ytimien fuusioitumisen vapauttaen suuria määriä energiaa. Tällä auringon kaltaisella prosessilla on potentiaalia tarjota ihmiskunnalle ehtymätön ja kestävä energialähde maapallolla.



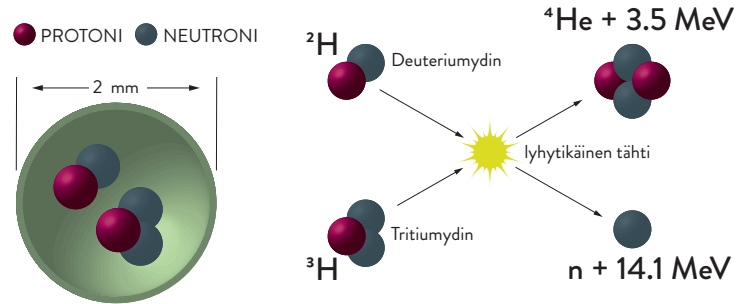
## SUPER-LASERIN SÄILYTYS

Useita lasersäteitä on yhdistettävä, jotta ne osuvat kohteeseen samanaikaisesti kaikista suunnista, jolloin pulsienergiaksi saadaan yhteensä megajouleja.



## OIKEANLAISEN VALON LUONTI

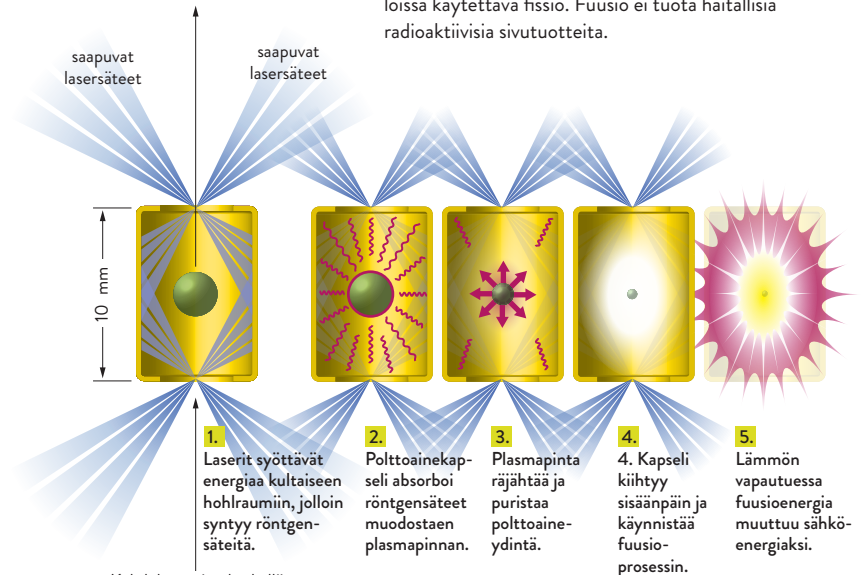
Lasersäteen valmistelu on monimutkainen prosessi, johon tarvitaan käytännössä kaikki fotoniset työkalut, mukaan lukien optinen vahvistus, taajuusmuunnos ja säteenmuokkaus.



Sylinterin keskellä on polttoainekapseli, joka on täytetty deuteriumin ja tritiumin seoksella.

## MIKÄ TEKEE FUUSIOSTA ERITYISEN?

Fuusio on atomiytimien yhdistymistä ja tuottaa paljon enemmän energiaa kuin ydinvoimaloissa käytettävä fissio. Fuusio ei tuota haitallisia radioaktiivisia sivutuotteita.



## YKSI, KAKSI, KOLME, NELJÄ, - PAM!!!

Laserit tuottavat fuusio prosessin käynnistysenergian. Prosessi vaikuttaa yksinkertaiselta, mutta siihen liittyy itse asiassa monia fyysikaalisia ja teknisiä sudenkuoppia, joiden ratkaisemiseksi tiedemiehet ja insinöörit työskentelevät kovasti.

YMPÄRISTÖ

# OPTISET MITTAUKSET KANSALAISTIETEESSÄ

Älypuhelimilla, joissa on kiinnitettävät minispektrometrit, on mahdollista kartuttaa laajasti tietoa tuhansien kansalaisten avulla ympäristöstä, jopa koko maasta.

ÄLYPUHELIN, JOSSA ON MINISPEKTROMETRI



MITTAUSTIEDOT  
DATA- JA GPS-  
SIJAINNITIEDOT

USEITA MITATTUJA ARVOJA,  
jotka mahdollistavat  
pölyhiukkasarvojen laskennan.

MÄÄRÄ  
KOKO  
RAKENNE

HIENOJA-  
KOINEN PÖLY

PIENET HIUKKASET  
pääsevät ilmaan  
eri lähteistä.

KESKITETTY TIETOJEN ARVIOINTI  
arviointi määrästä, hiukkaskoosta  
ja koostumuksesta

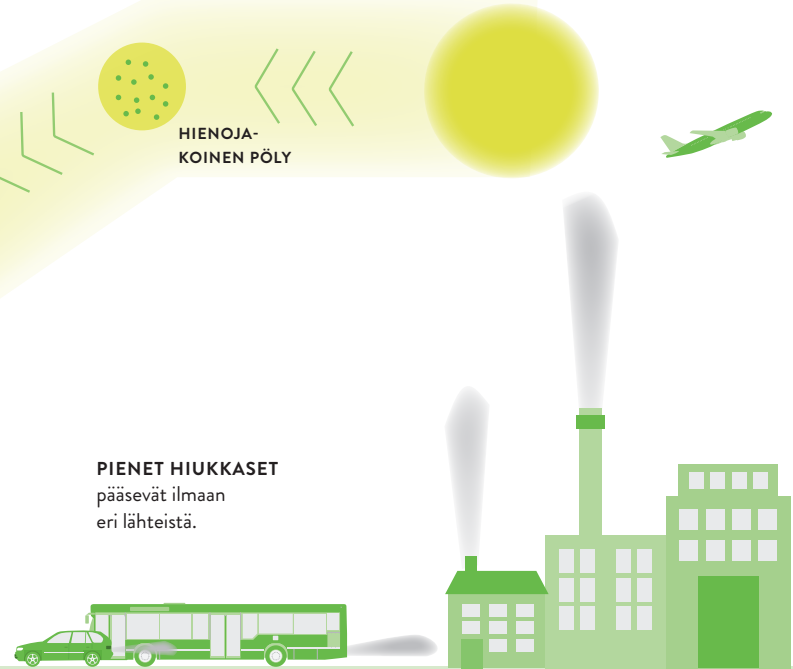
KERÄTTY TIETO, JOKA ON  
TARKKA AJALLISESTI JA  
PAIKALLISESTI

esimerkki: Alankomaat

SAASTUMINEN

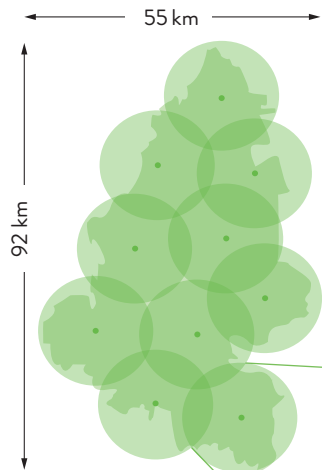
vakava

vähäinen



# METSÄPALOJEN VALVONTA

Automatisoidut optiset anturijärjestelmät valvovat laajoja metsäalueita yöstä päivää tulipalojen varalta.

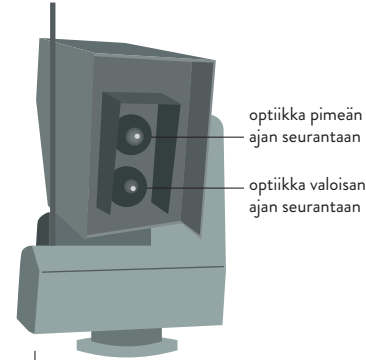
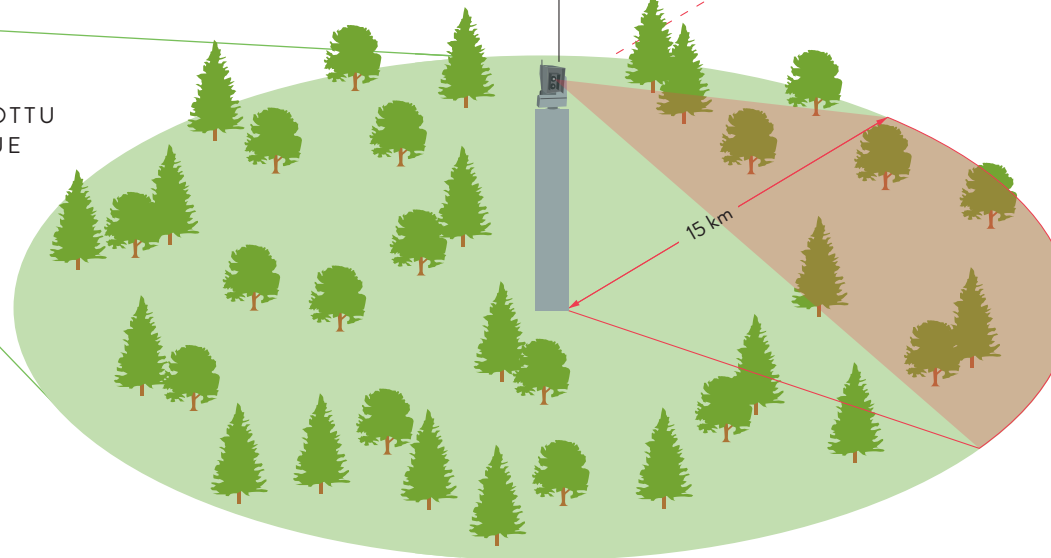


**ESIMERKKI**  
Teltow-Flämingin läänin  
valvonta Berliinin lähellä Saksassa

**310 000 ha**  
hehtaarin alue

**10 JÄRJESTELMÄÄ**  
metsäpalojen vartiotorneissa

VALVOTTU  
ALUE



optiikka pimeän  
ajan seurantaan  
optiikka valoisan  
ajan seurantaan

**OPTINEN SENSORI-  
JÄRJESTELMÄ**



**METSÄPALO-  
HÄLYTYKSEN  
OHJAUSKESKUS**  
vastaanottaa tietoja ja  
kuvia, jos tulipalo havaitaan

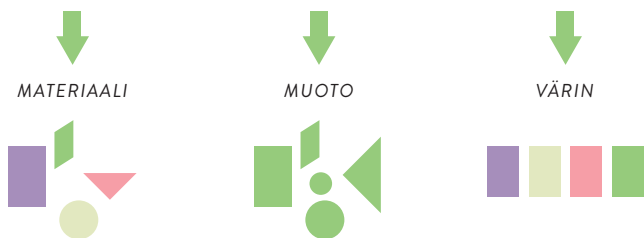
**KAMERAN  
KUVAKULMA**  
60° minuutissa

Optinen sensorijärjestelmä rekisteröi savun kehittymisen automaattisesti näkyvällä ja infrapunaspektrialueella. Kamera kääntyy vaihteittain oman akselinsa ympäri 6 minuutin aikana.

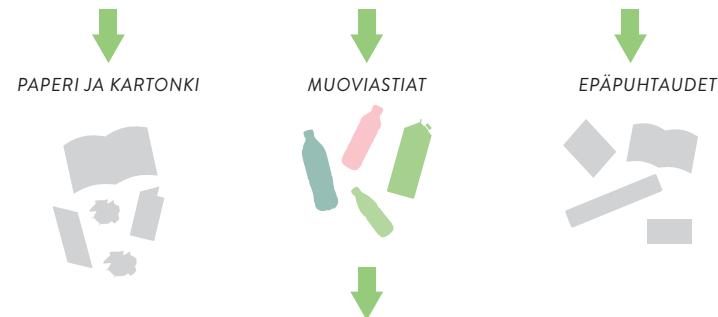
# OPTINEN LAJITTELU KIERRÄTYKSESSÄ

Monien raaka-aineiden talteenottoon käytetään tehokkaita lajittelulaitteita, joilla erotellaan arvokkaita raaka-aineita kotitalousjätteen seasta. Yhdessä nopean kuvankäsittelyohjelmiston kanssa monispektrikamerat ratkaisevat sekunnin murto-osassa mihin mikin raaka-aine tulisi lajitella.

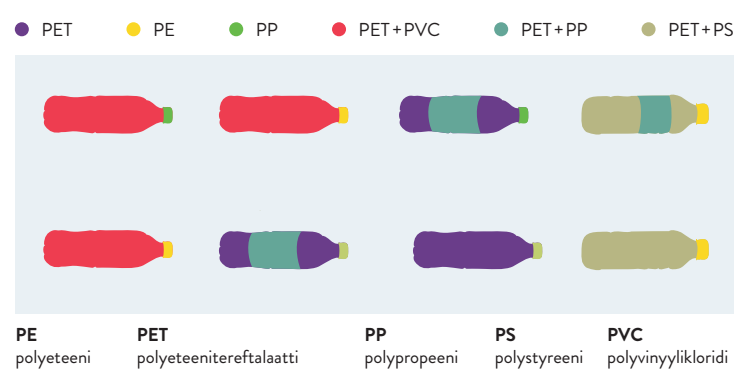
## LAJITTELU PERUSTANA VOI OLLA



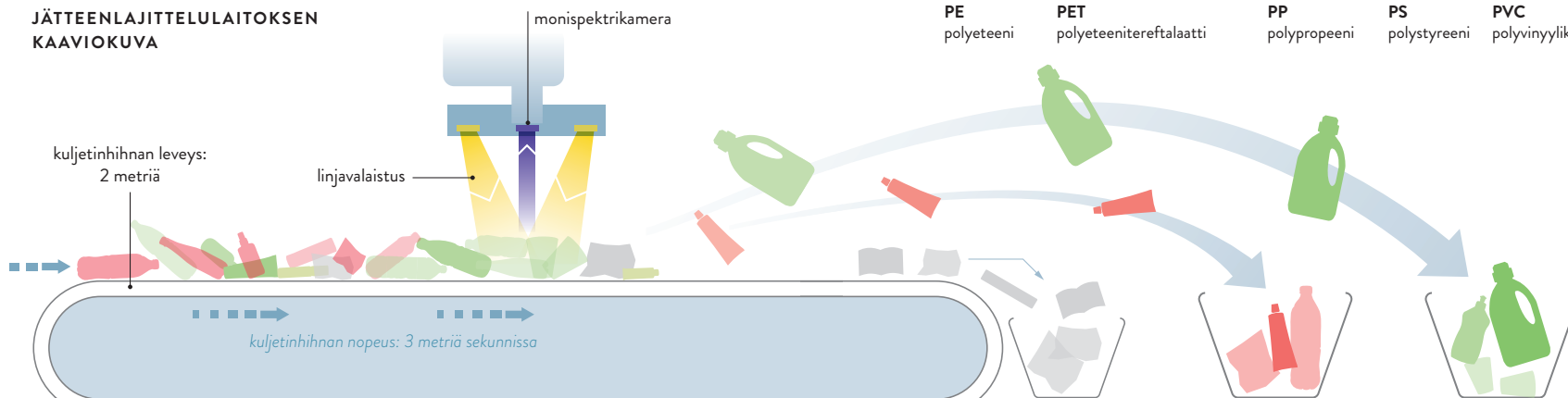
## MATERIAALIEN TUNNISTUS



## KOHTIEN TUNNISTAMINEN JA PULLOJEN VISUALISOINTI



## JÄTTEENLAJITTELUlaitoksen KAAVIOKUVA

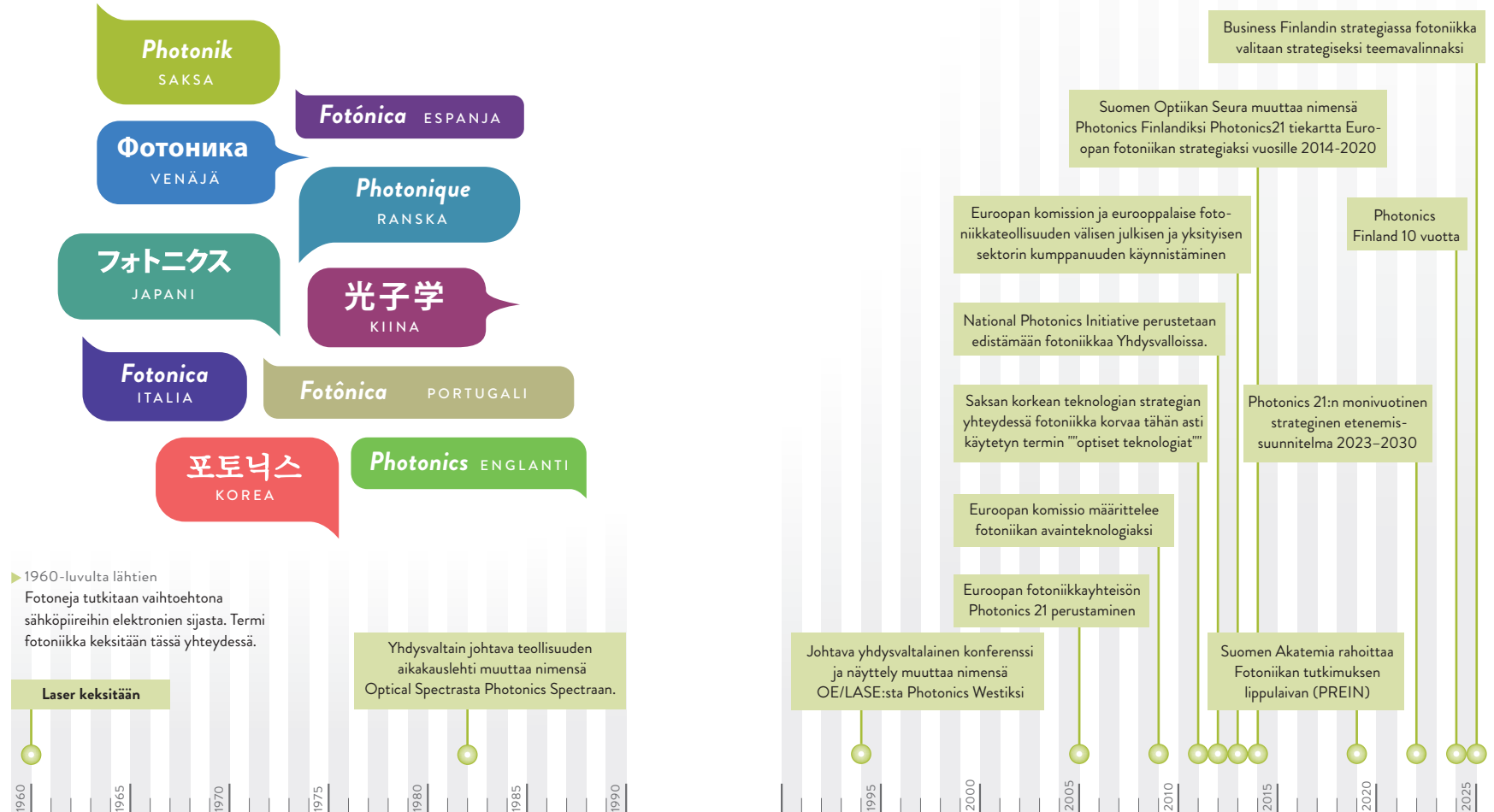




TUTKIMUS JA TALOUS

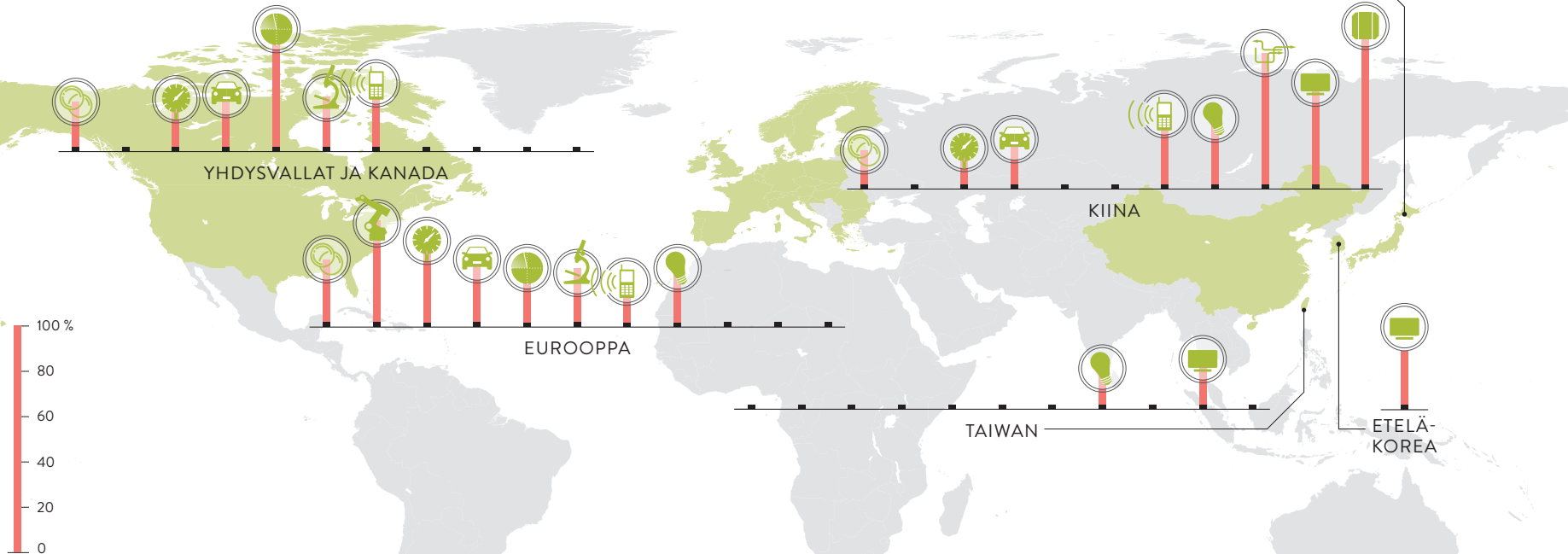
# FOTONIikka TEOLLISUUDENALANA

Termi fotonikka on kehittynyt muutamassa vuosikymmenessä tutkimuksessa käytetystä teknisestä termistä teollisuuden termiksi, joka kattaa kaikki valon tekniset sovellukset.



# FOTONIIKKA YMPÄRI MAAILMAA

Fotoniikka on nykyään globaali toimiala. Tämä kuva näyttää kunkin maan vahvimmat markkinasegmentit.



**Maailmanlaajuinen  
markkinaosuus  
markkinasegmentissä**  
(tiedot prosentteina)

Alueellisten vahvuuksien korostamiseksi näytetään vain yli 10 %-n markkinaosuudet.

## Markkinasegmentit

-  optiset komponentit
-  tuotantojärjestelmät
-  konenäkö

-  autoteollisuus
-  puolustus ja turvallisuus
-  terveydenhuolto
-  viestintäteknikka

-  valaistus
-  tietotekniikka
-  näytöt
-  aurinkosähkö

# NOBEL-PALKINNOT

Nobel-palkinnon saajat, joilla on yhteys fotonikkaan alkaen laserin keksimisestä vuonna 1960

## NOBEL-PALKINTOJEN MÄÄRÄ KANSALAISUUKSITTAIN

kansalaisuus palkintojenjakotilaisuuden aikaan



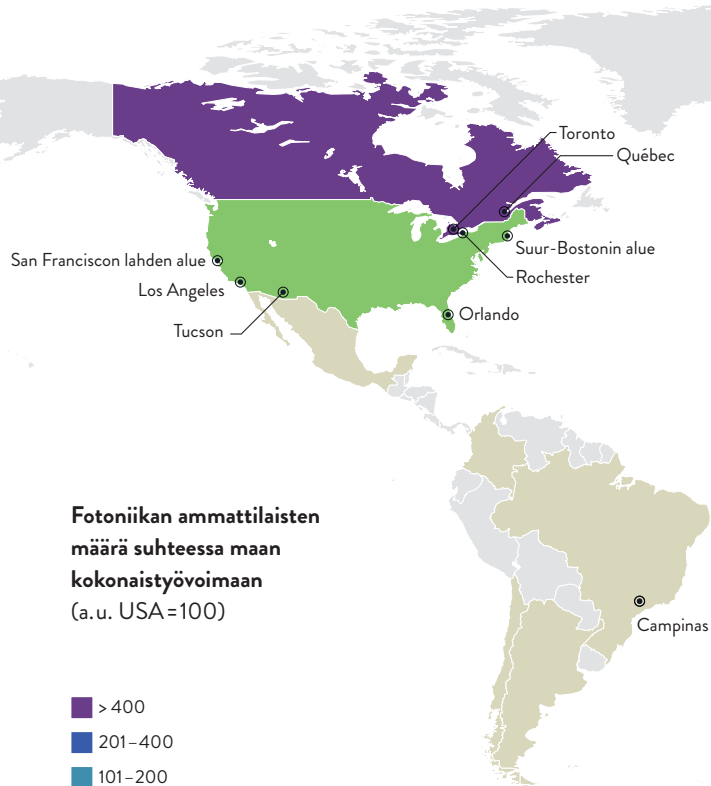
## NOBEL-PALKITUT

palkittujen tutkimusryhmien johtajat



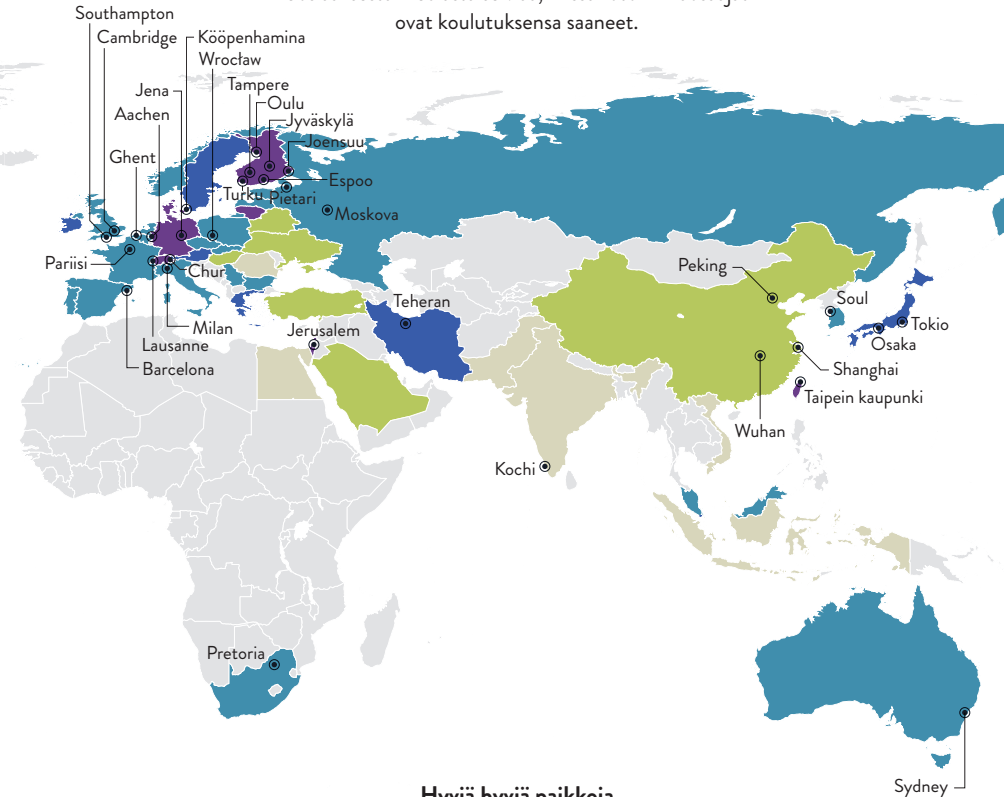
# FOTONIIKKA-ALA KARTALLA

Fotoniikan ammattilaisten tiheys on suurin Euroopassa ja Itä-Aasiassa.



# FOTONIIKAN KOULUTUS

Sosiaalisesta mediasta selviää, missä fotoniikkaosaajat ovat koulutuksensa saaneet.



**Hyviä hyviä paikkoja  
opiskella fotoniikkaa**

● Yliopistokaupunki

# KVANTTITEKNOLOGIA

Laserit ja elektroniikka käyttävät kvanttiteoriaa manipuloidakseen lukemattomia kvanttihiukkasia samalla kohdennetulla tavalla. Yksittäisten kvanttihiukkasten ja niiden usein ei-intuiitivien vuorovaikutusten kasvava hallinta johtaa uusiin "kvanttihyppyihin" laskennassa, viestinnässä ja havaitsemisessa. Fotonit ovat jälleen kerran avainasemassa.

## ENSIMMÄINEN KVANTTI-VALLANKUMOUS



Perustuu kvanttihiukkasten diskreettiin luonteeseen. Monia kvantteja manipuloidaan samalla tavalla.

## KVANTTI-VALLANKUMOUS



Yksittäisten tai muutaman kvanttihiukkasen hallinta: kaappaa - vuorovaikuta - yhdistä.

## TEORIA

### KVANTTIMEKANIikka

#### TIETEENALA



ATOMIFYSIIKKA  
JA -KEMIA



KIINTEÄN OLOMUODON  
FYSIIKKA



YDINFYSIIKKA

### KVANTTITIEETEET



KVANTTI-  
LASKENTA



KVANTTI-  
TIEDONSIIRTO



KVANTTI-  
SENSORIT

#### TEKNOLOGIAT



YDINFISSIO  
Ydinvoimalaitokset



TRANSISTORI  
Mikroelektroniikka



ATOMIKELLOT  
Maailmanlaajuinen ajanotto



LASER  
Fotoniikka



YDINMAGNEETTINEN RESONANSSI  
Magneettikuvaus



KVANTTISALAUS-  
JÄRJESTELMÄ



GRAVIMETRI



KESKIKOKOINEN  
KVANTTITIE TOKONE



KVANTTI-  
KOMPASSI



KAUPUNKIEN VÄLINEN JA  
SISÄINEN TIEDONSIIRTO



VIANSIETOKYKYINEN  
KVANTTITIE TOKONE



KVANTTI-  
INTERNET



LÄÄKETIETEELLINEN KVANTTIKUVAUS

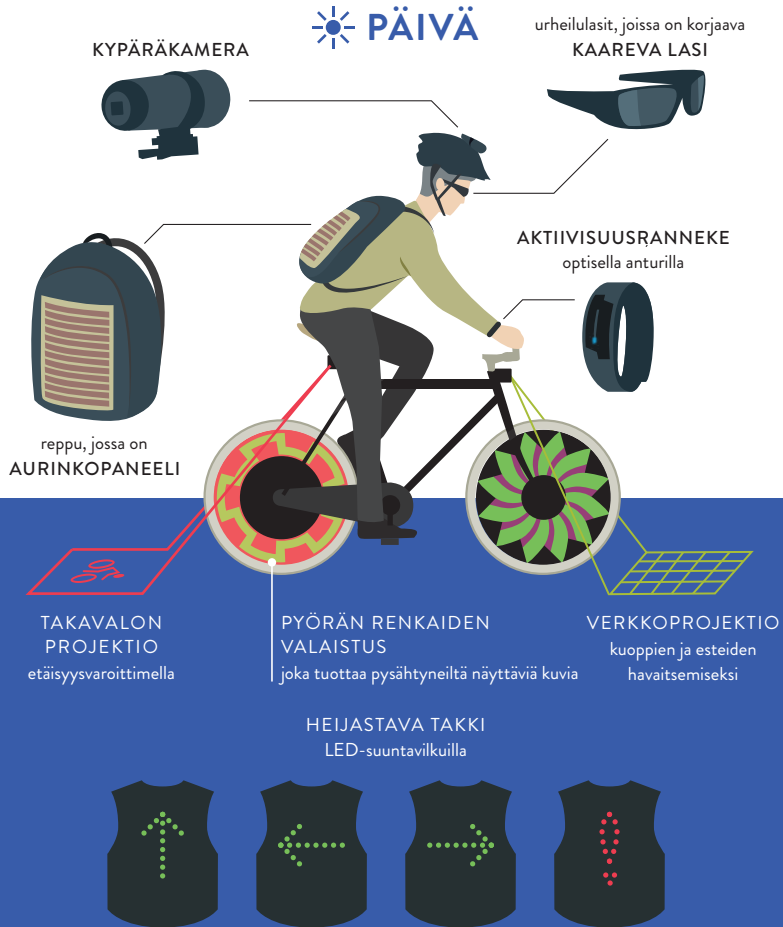
1900-LUKU

2000-LUKU

VIELÄ YKSI ASIA

# FOTONIIKAN AKTIIVIHARRASTAJA

Fotoniikkainnostusta voi myös toteuttaa vapaa-ajalla.



## LÄHTEET

- 01 spectaris.de
- 02 Wikipedia
- 03 Wikipedia
- 04 Wikipedia
- 05 thalesgroup.com • energyinst.org
- 06 Wikipedia
- 07 Wikipedia
- 08 photonics.com • spectaris.de
- 09 blu-raydisc.com
- 10 schott.com
- 11 edmundoptics.com
- 12 coherent.com • trumpf-laser.com
- 13 spectaris.de
- 14 zeiss.de
- 15 trumpf-laser.com
- 16 trumpf-laser.com
- 17 trumpf.de • rofin.de • coherent.com
- 18 ilt.fraunhofer.de
- 19 submarinemap.com • explainthatstuff.com
- 20 esa.eu
- 21 explainthatstuff.com
- 22 zeiss.de
- 23 Wikipedia
- 24 statista.com
- 25 howstuffworks.com
- 26 flowcytometry.med.ualberta.ca
- 27 karlstorz.com
- 28 spectaris.de • zeiss.de
- 29 northtorontoeyecare.com
- 30 osram.com
- 31 osram.com
- 32 osram.com
- 33 lobo.de
- 34 vitronic.com
- 35 audi.com
- 36 audi.com • bmw.com
- 37 frankfurt-airport.de
- 38 solarserver.de
- 39 energyinst.org
- 40 lasers.llnl.gov
- 41 ispex.nl
- 42 fire-watch.de
- 43 lla.de
- 44 spectaris.de
- 45 photonics21.org • spectaris.de
- 46 nobelprize.org
- 47 linkedin.com • spectaris.de
- 48 spectaris.de
- 49 opg.optica.org
- 50 amazon.com • ebay.com

## JULKAISUTIEDOT

### **SPECTARIS**

**Saksan optiikan, fotoniiikan, analyyttisten  
ja lääketieteellisten teknologioiden teollisuusliitto  
&**

**Photonics Finland**

(Suomen Optiikan seura ry)

**ja Fotoniiikan Tutkimuksen**

**ja Innovaatioiden Lippulaiva PREIN**

Päätoimittaja:

**Wenko Süptitz,**

**SPECTARIS**

Suunnittelu:

**Schwochow Visual Stories GmbH**

Editointi:

**Anne-Maria Kankaisto ja Tea Vellamo**

**1. painos 2026**

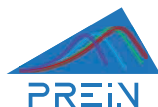
© 2026 SPECTARIS GmbH

Kaikki oikeudet pidätetään.

ISBN: ISBN 9-783981-720587



# Photonics Finland



ISBN 9-783981-720587



9 783981 720587



## SPECTARIS

German Industry Association for Optics,  
Photonics, Analytical and Medical Technologies



## 50 havainnollistavaa infograafia

