

Laserhitsauksesta ja sen turvallisuudesta

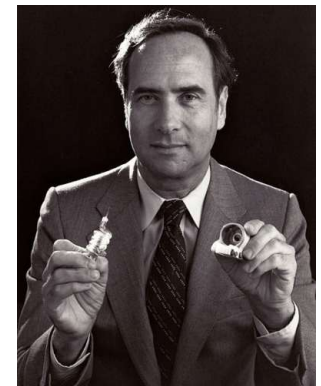
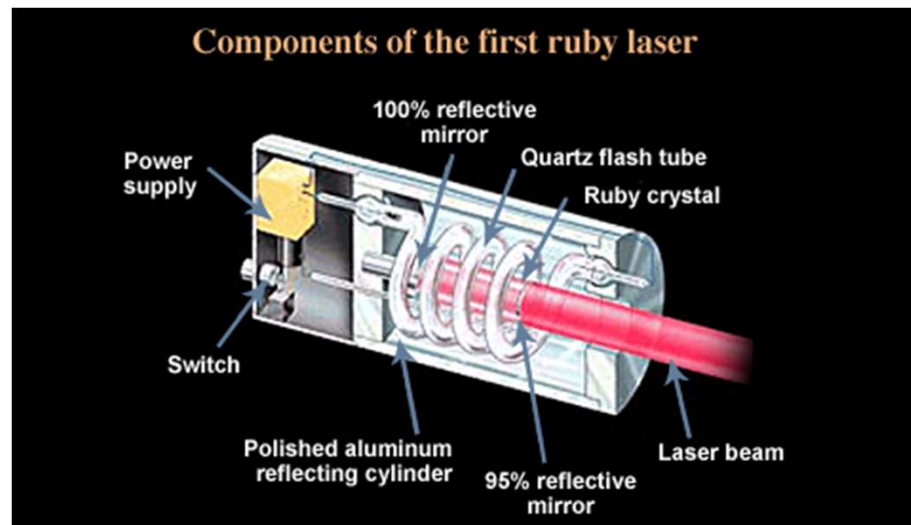
**Lasertekniikka, Laserhitsaus,
Käsilaserhitsaus, Työturvallisuudesta**

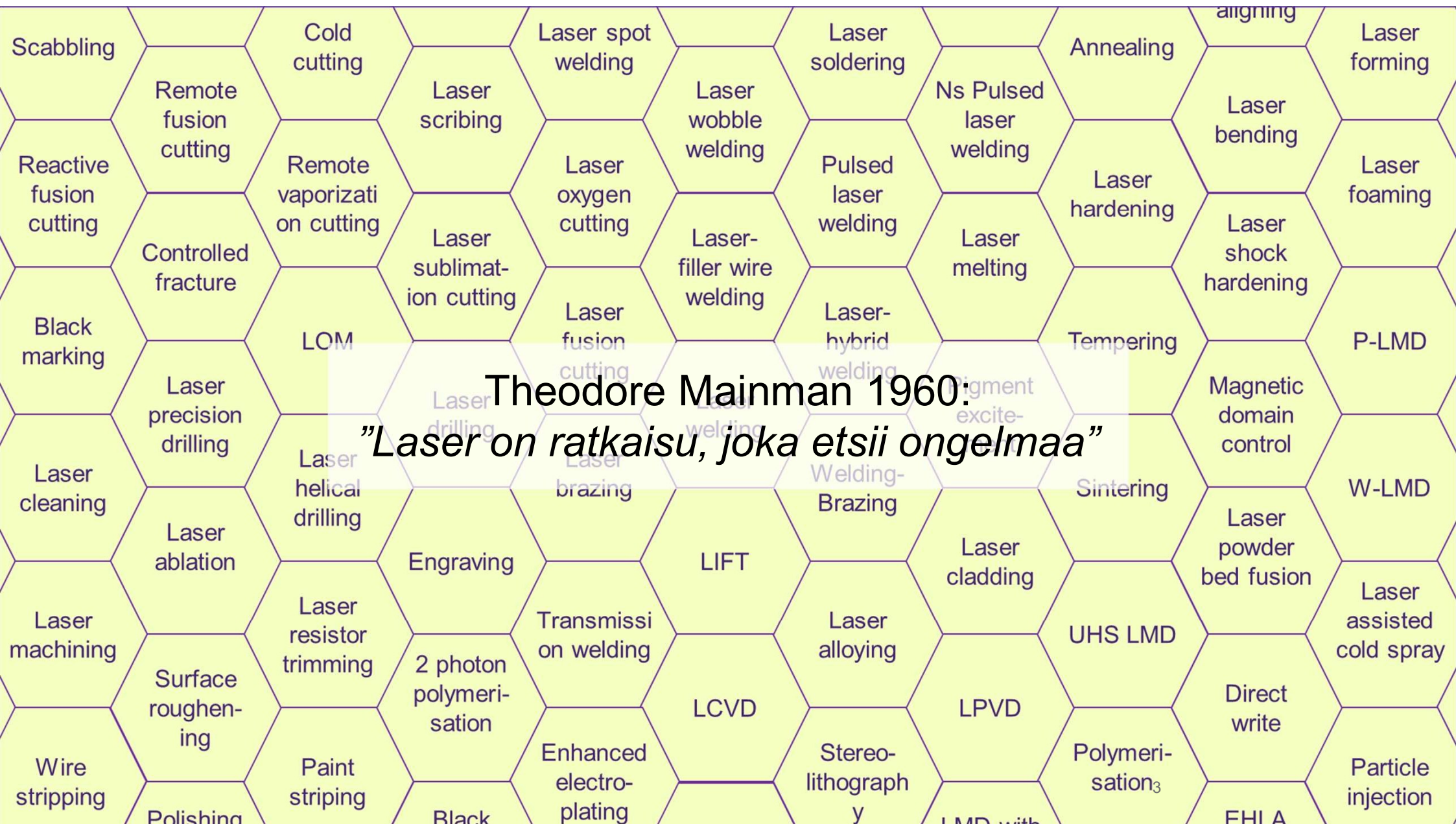
Antti Salminen, professori IWE
Kone- ja materiaalitekniikan laitos
Digitaalisen valmistuksen ja pintatekniikan tutkimusryhmä (DMS)



Taustaa

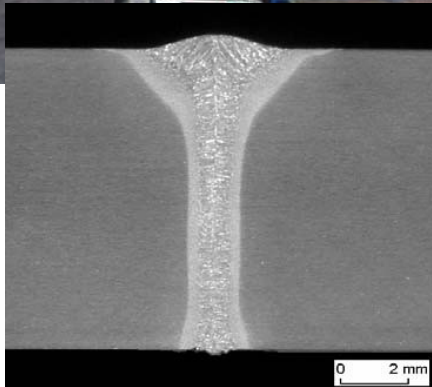
- 1917 Albert Einstein kuvasi stimuloidun emission teoreettiset perusteet
- 1960 Theodor Mainman teki ensimmäisen laserin, rubiini laserin
- Tällä hetkellä laser on monen teknisen laitteen oleellinen osa





Laserilla voidaan hitsata

Terästä



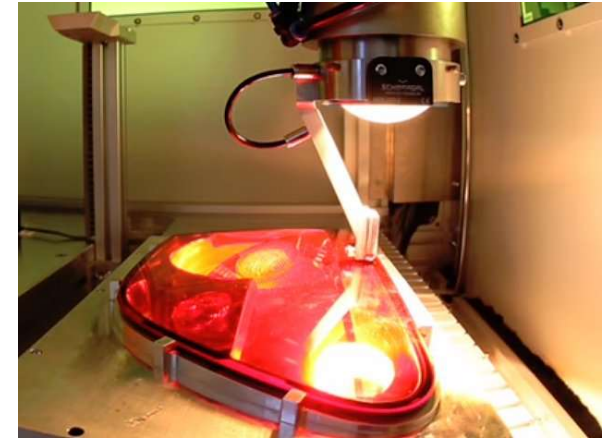
Kuparia



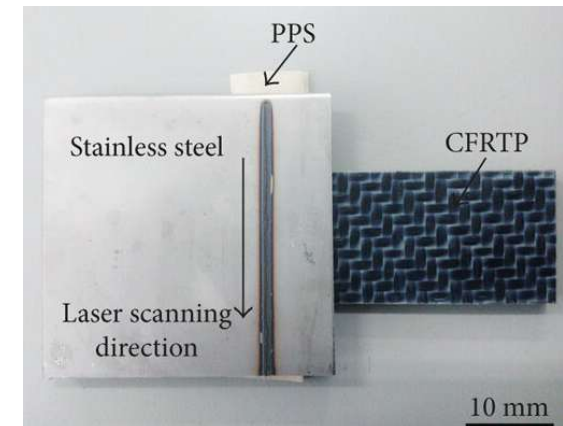
Cu-Cu; 2x4 mm to 6x6 mm



Muovia

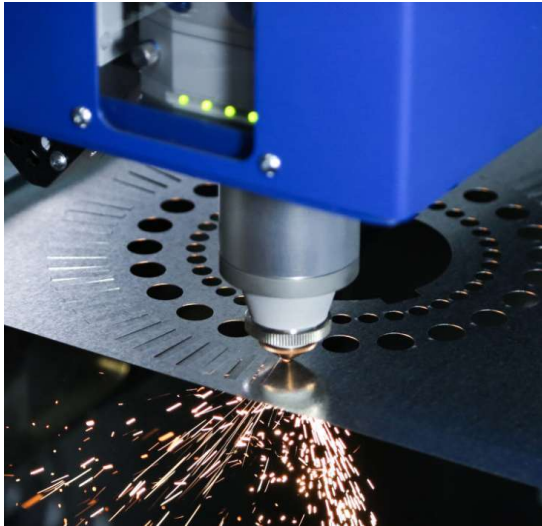


Terästä muoviin



Laserilla voidaan leikata

Ohutta teräslevyä



Paksua teräslevyä



3-ulotteisia osia



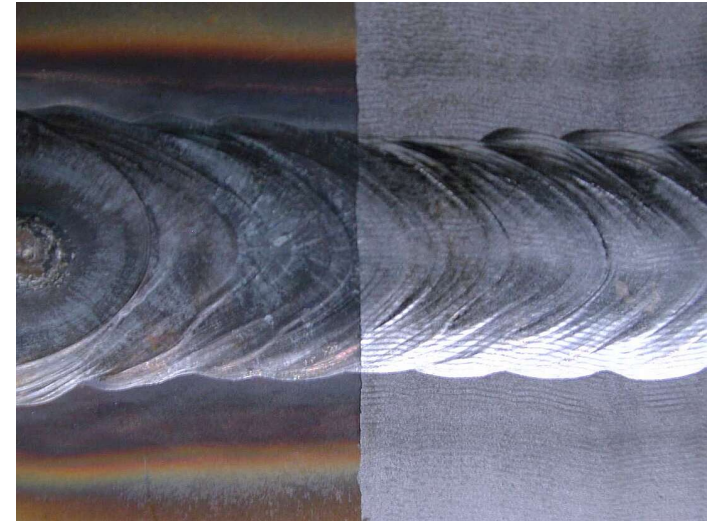
Laserilla voidaan puhdistaa

Taideteoksia

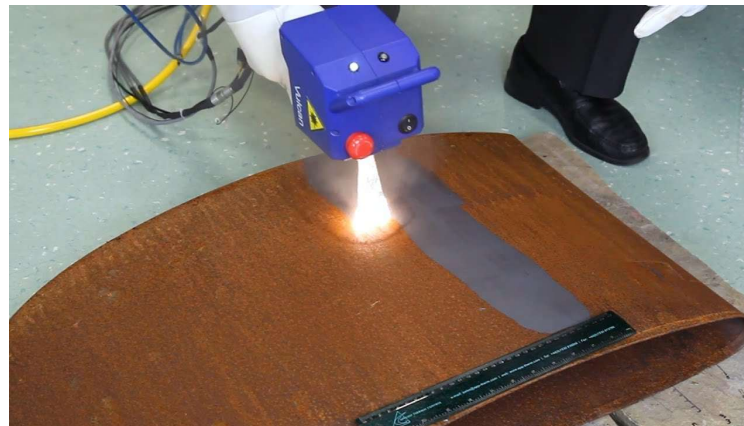


<http://www.wesaveart.com/laser-cleaning.html>

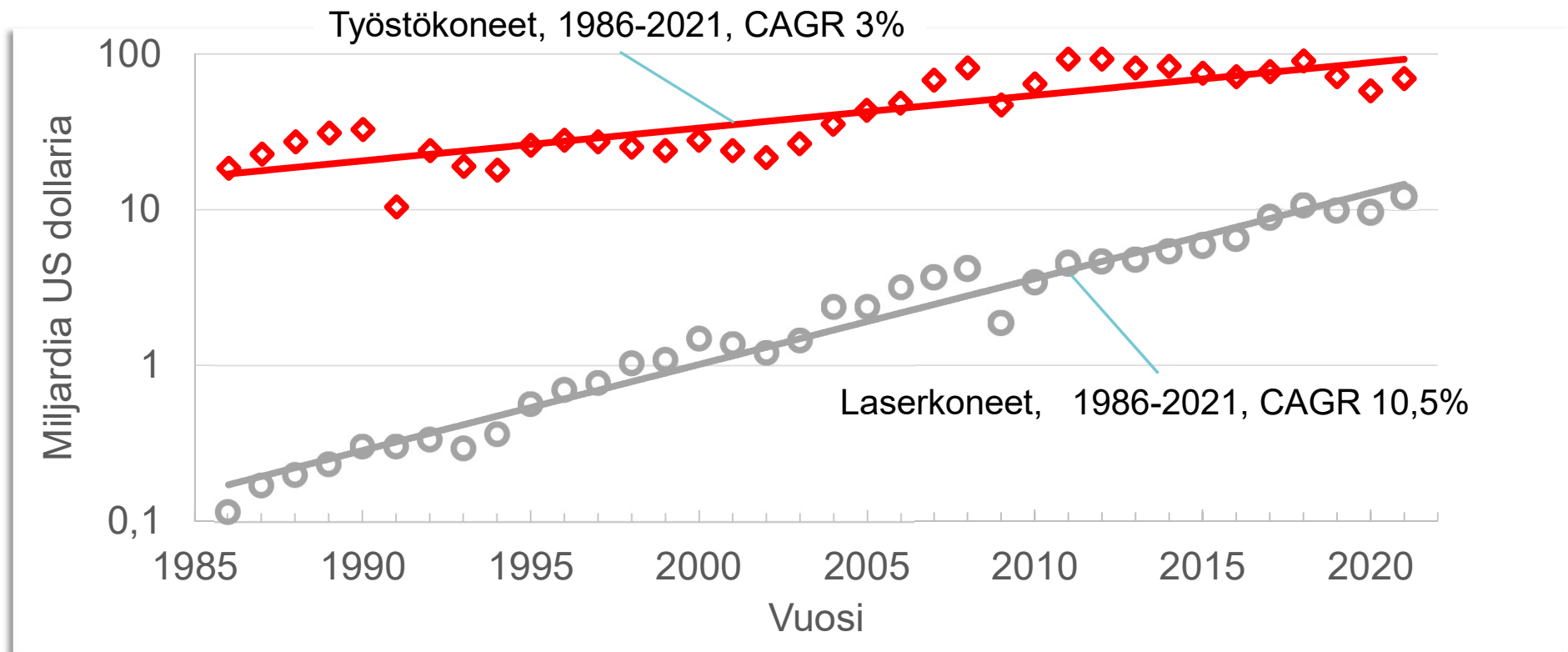
Hitsipalkoa



Ruostetta

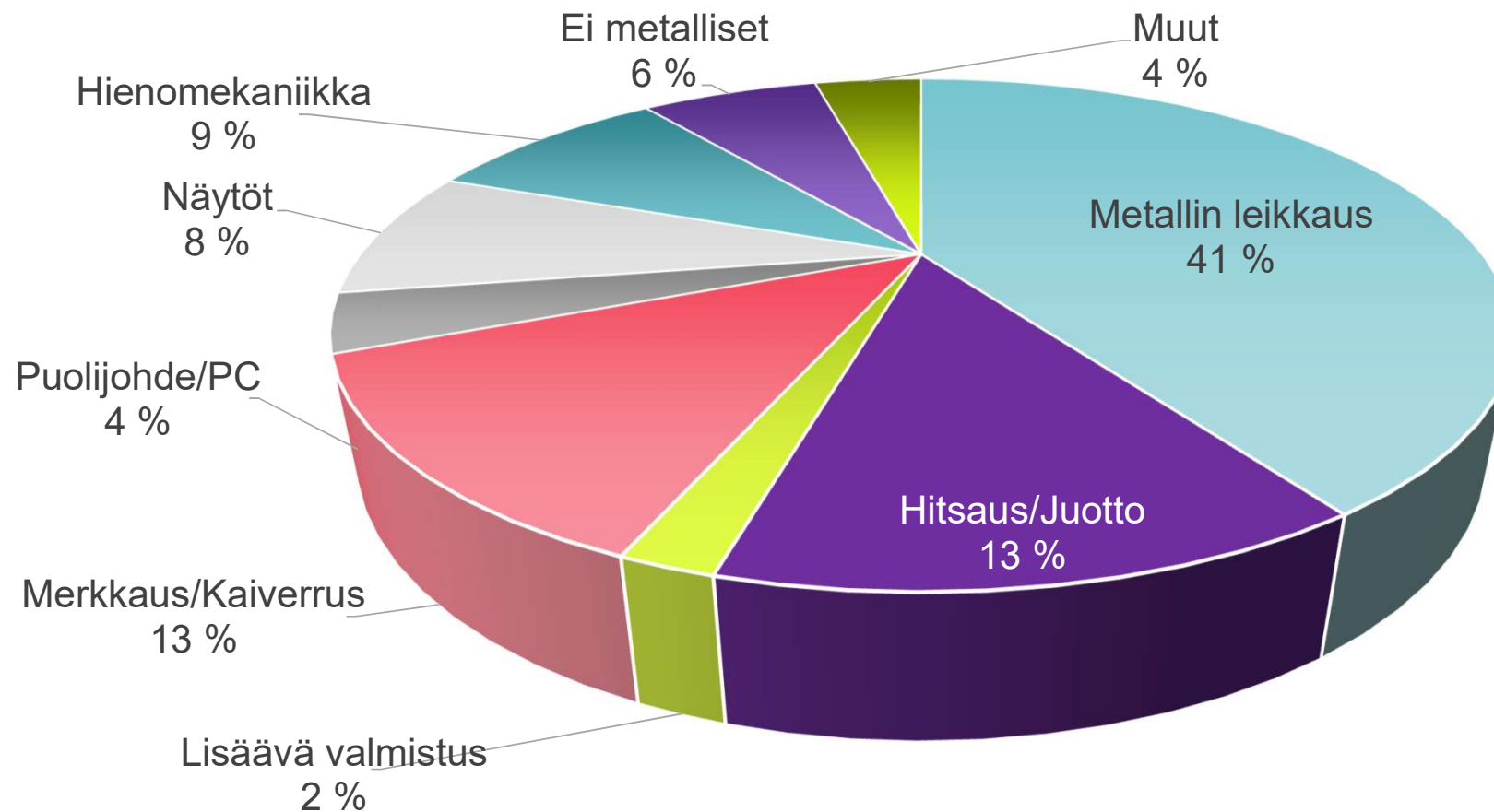


Lasermarkkina - Työstökoneemarkkina



Data: Laser systems: Optech Consulting; Machine tools: VDW German Machine Tool Manufacturers Association, 2021 data preliminary

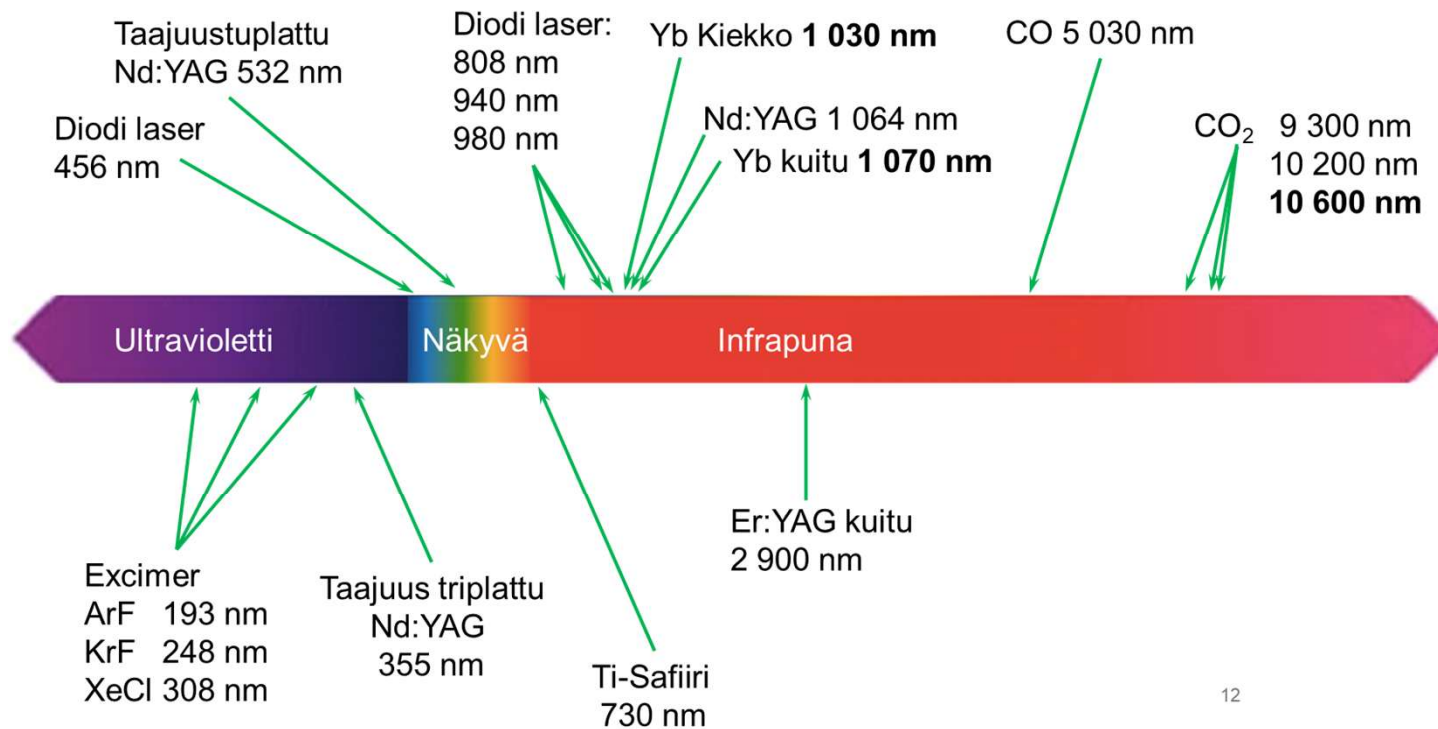
Lasertyöstön markkina, miljardia USD



Kokonaismarkkina 5,157 Miljardia USD

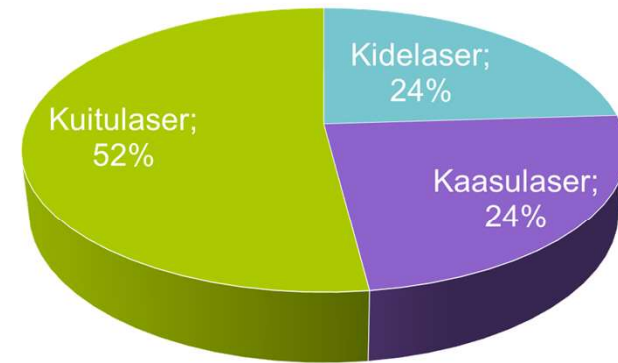
Teolliset laserit aallonpituuden mukaan

Suurteho laserit



Pienitehoiset laserit

Lasermarkkina
lasertyypeittäin

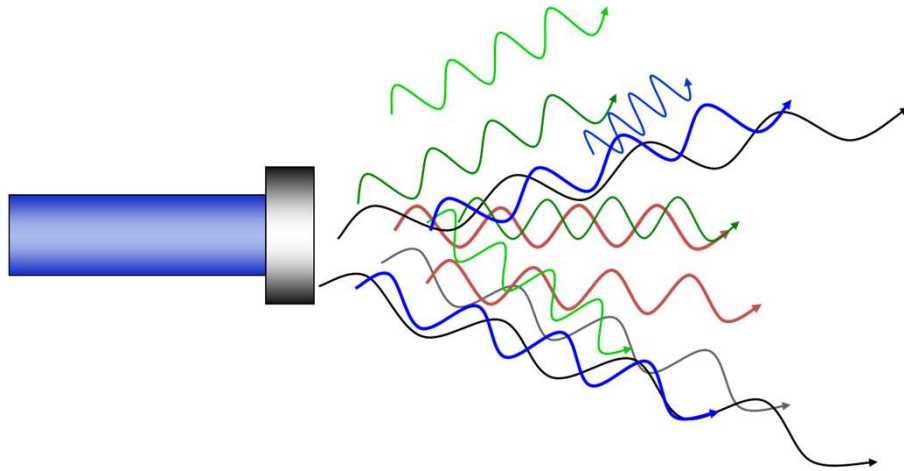


Lasersäde

Erilaiset valonlähteet

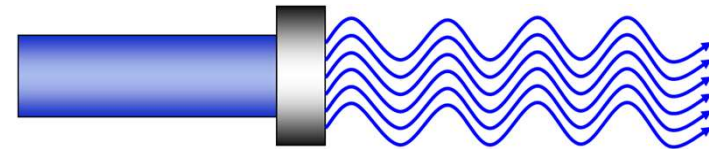
- Lampun valo:

- Useita valaisusuuntia
- Useita aallonpituuksia
- Useita eri vaiheita
- Satunnainen polarisaatio

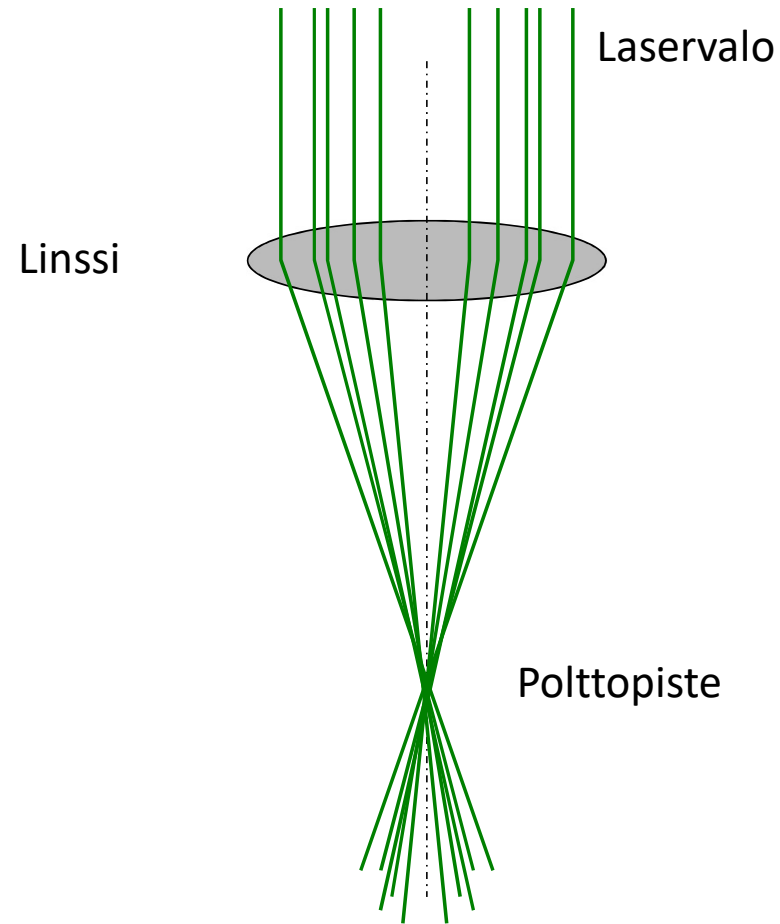
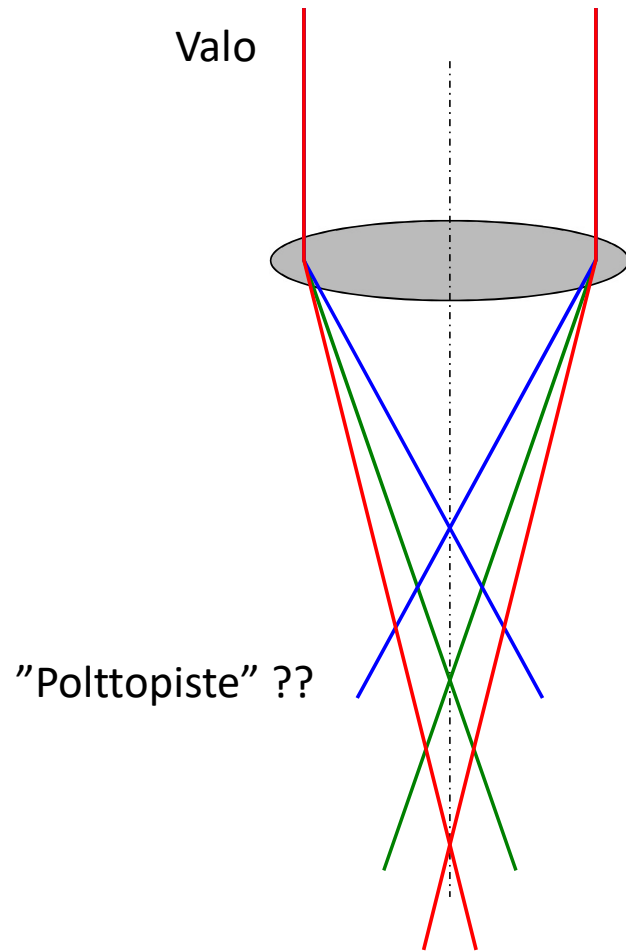


- Laservalo:

- Valolla yksi suunta
- Yksi aallonpituus
- Yksi vaihe
- "tunnettu" polarisaatio

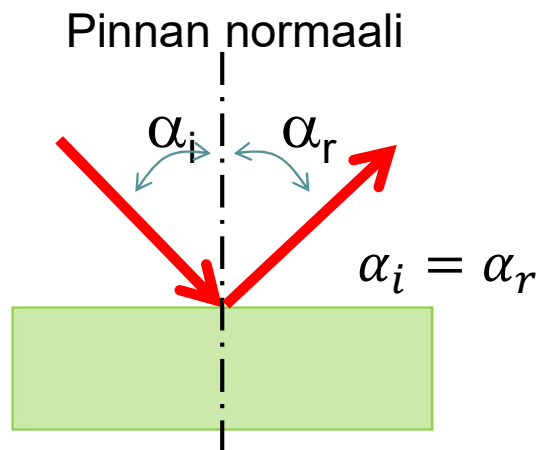


Fokusointi

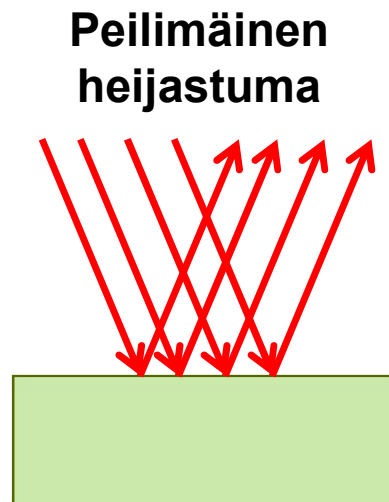


Heijastuslaki

- Lasersäteen osuessa materiaalin pintaa, osa säteestä heijastuu aina.
- Heijastuminen tapahtuu ns. optiikan heijastuslain mukaan eli heijastuskulma on sama kuin tulokulma.
- Heijastunut teho on suhteessa absorptioon, eli se osa säteestä mikä ei absorboiduu materiaaliin, heijastuu ympäristöön



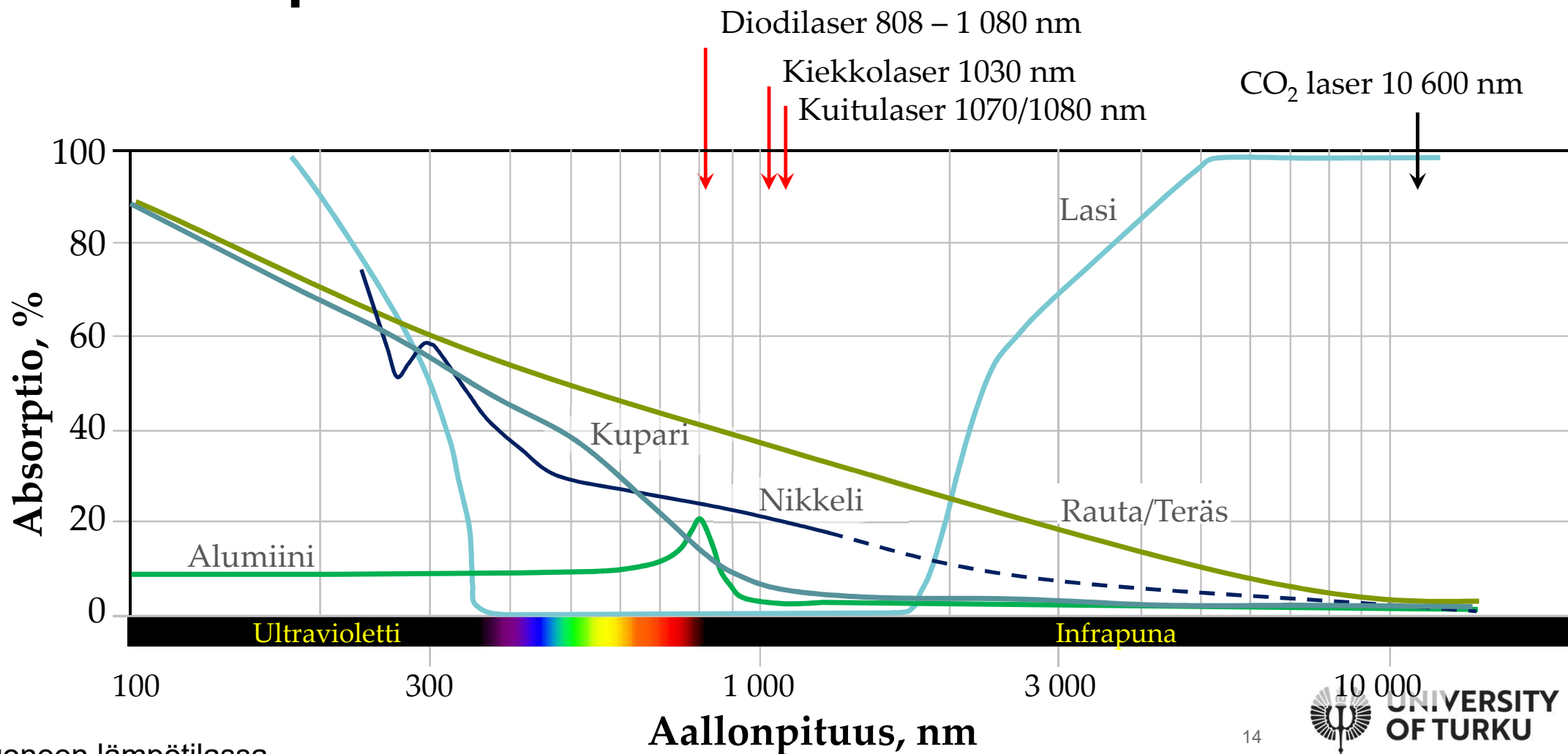
α_i = säteen tulokulma
 α_r = säteen heijastuskulma



Hajaheijastuma

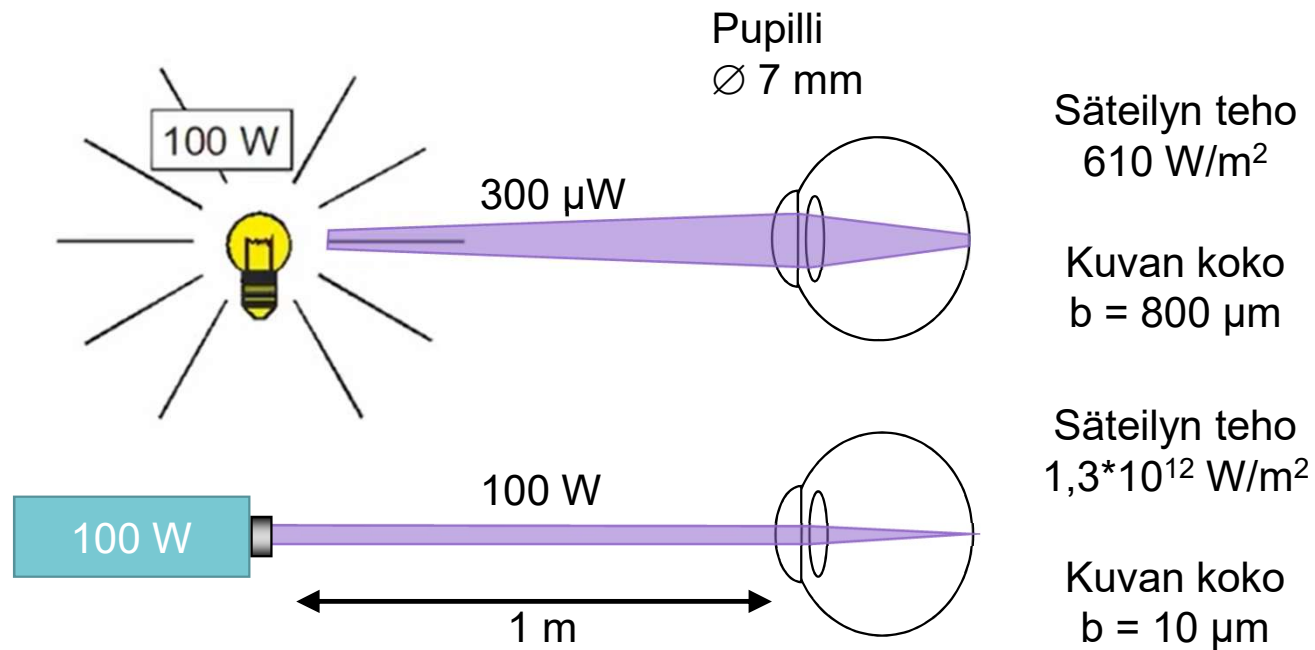


Absorptio



Huoneen lämpötilassa

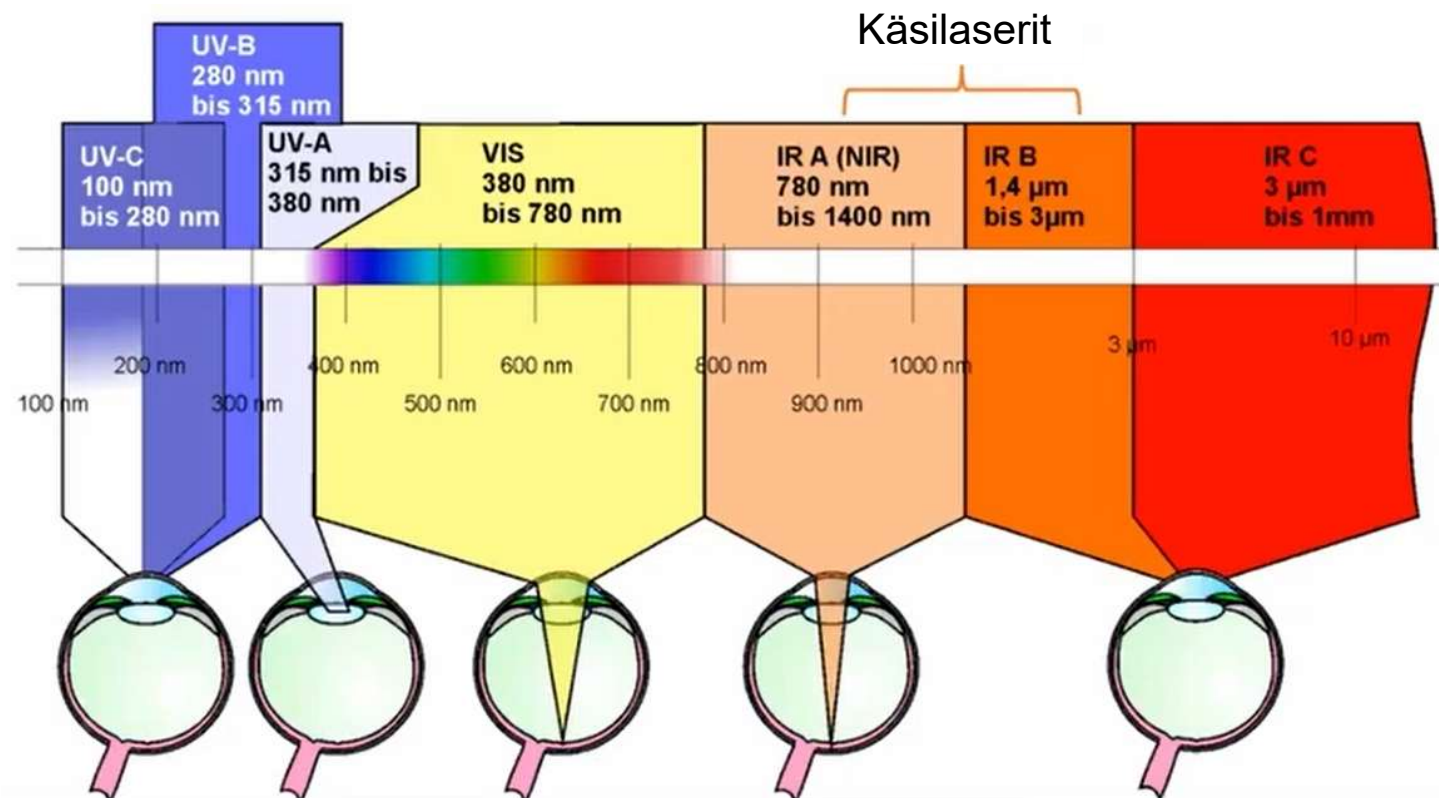
Valon vaikutus silmään



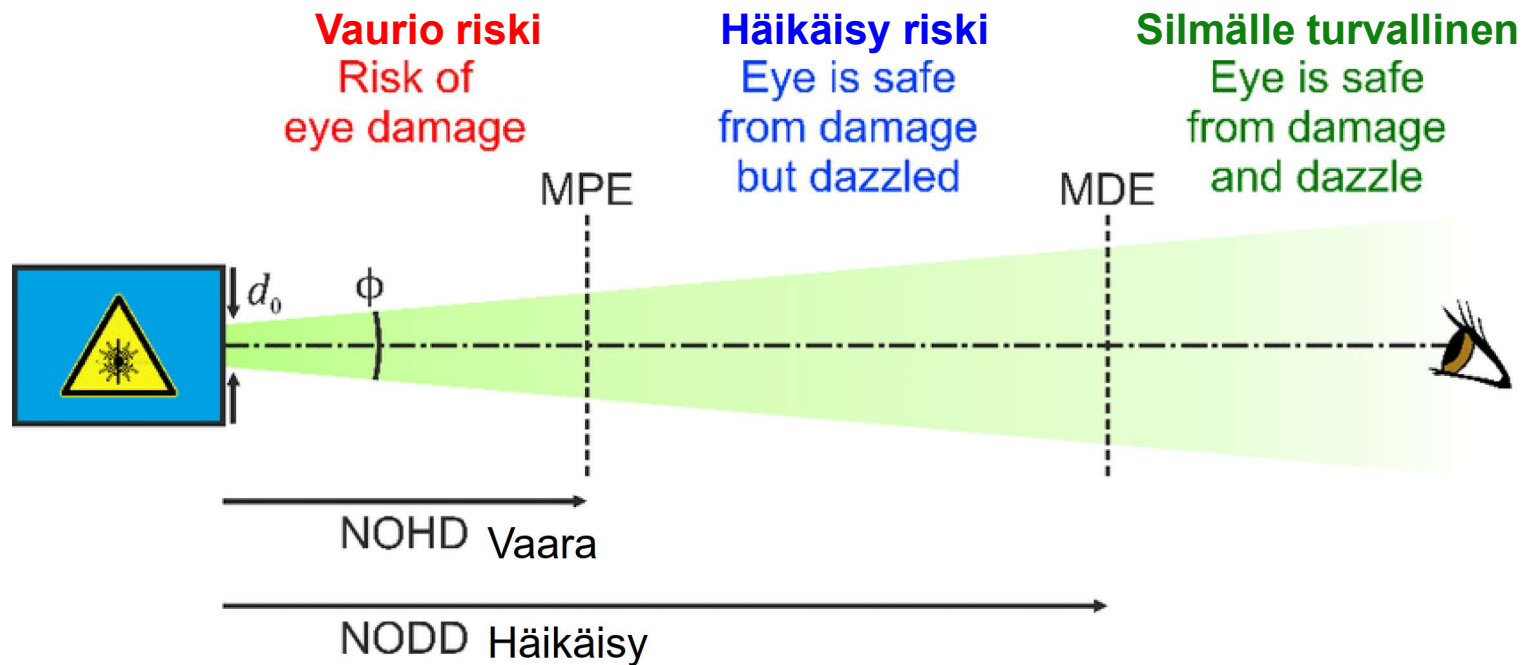
Valon tehon vertailu:

$$\frac{E (\text{laser } 100\text{W})}{E (\text{hehkulamppu } 100\text{W})} = 2,1 \cdot 10^9$$

Lasersäde ja silmä



Nimellinen silmien vaaraetäisyys (NOHD) Nominal Ocular Hazard Distance



MPE = Maximum Permissible Exposure

MDE = Maximum Dazzle Exposure

ϕ = The divergence of the beam / Säteen hajaantuminen

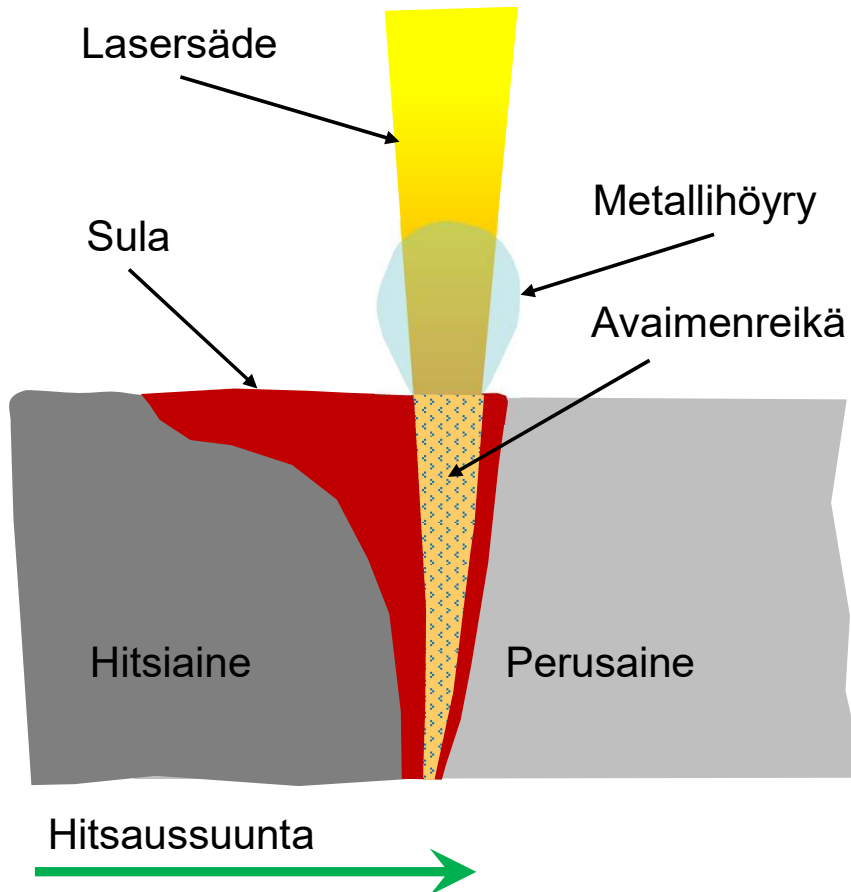
NOHD = Nominal Ocular Hazard Distance

NODD = Nominal Ocular Dazzle Distance

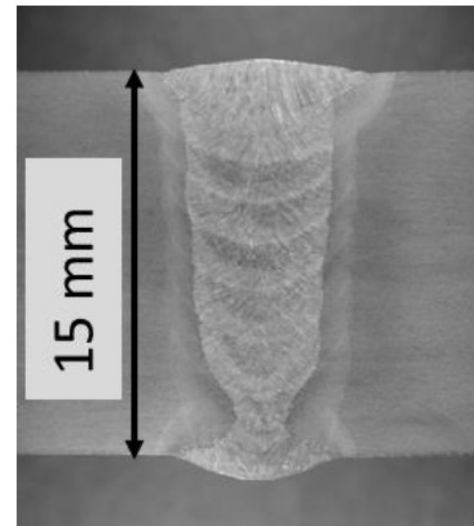
Kuvan lähde: https://www.researchgate.net/figure/Hazard-distances-for-the-human-eye-Nominal-Ocular-Hazard-Distance-NOHD-and-Nominal_fig1_335506224

Laserhitsaus

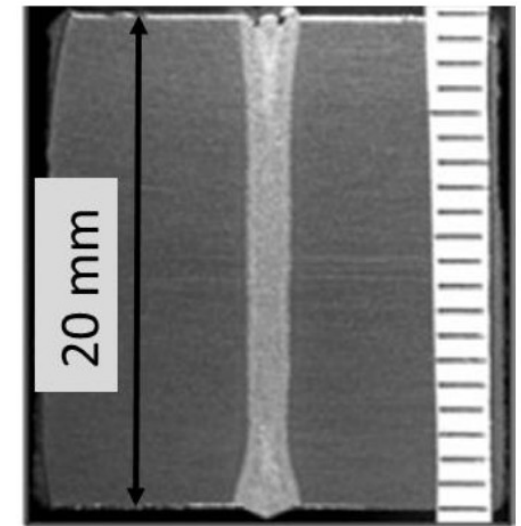
Avaimenreikähitsaus



Kaarihitsattu



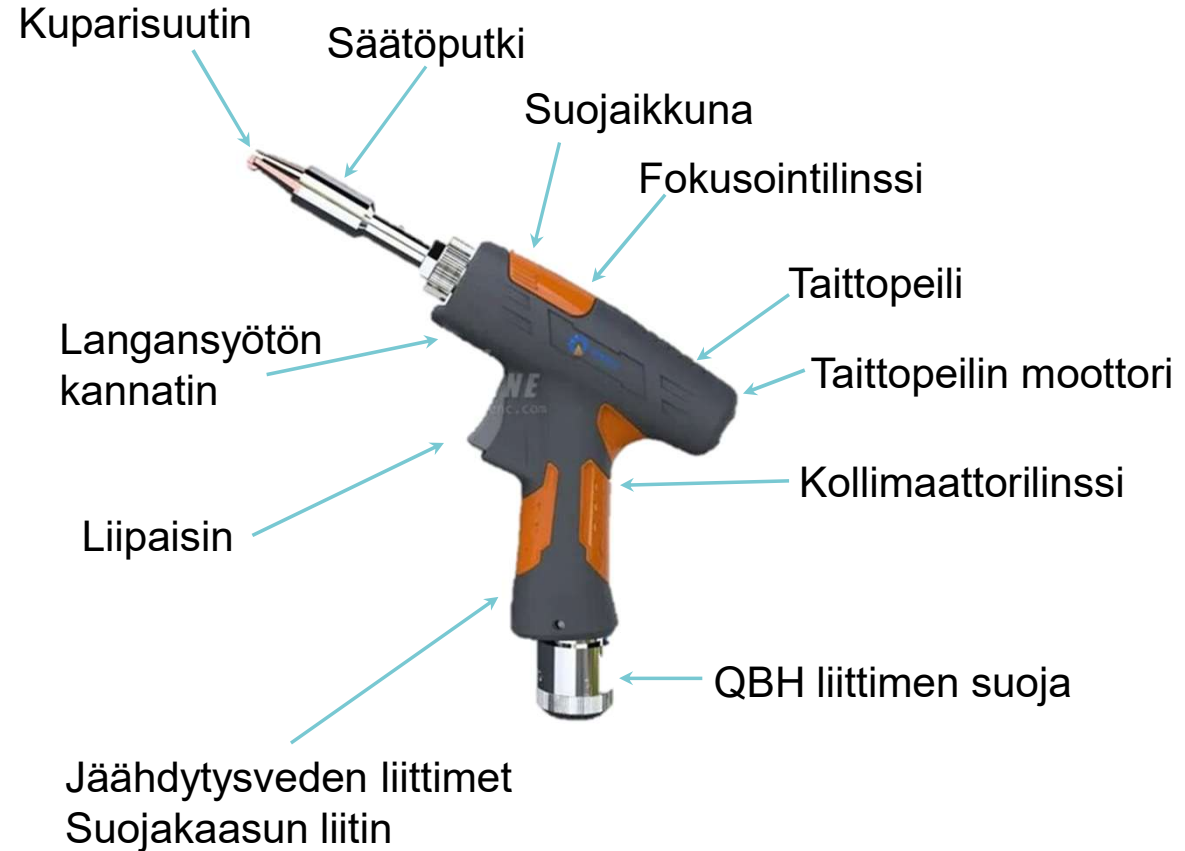
Laserhitsattu



Käsilaserhitsaus

Käsilaserhitsaus perustuu:

- Kuitulaseriin
 - Pienikokoinen
 - Liikuteltava
- Integroituun turvapiiriin
- Käsi käyttöön sopivaan polttimeen
- Säteen vaaputukseen, wobble
- Langansyöttöön
- Helppoon prosessiin



Laitteisto

- Saatavilla eri tehoisia:
 - 500 W
 - 800 W
 - 1 000 W
 - 1 200 W
 - 1 500 W
 - 2 000 W
 - 2 500 W
 - 3 000 W
 - 3 500 W
- Teho voi olla jatkuvaa tai pulssitettua
 - Jatkuvalla parempi tuotto
 - Pulssi kun halutaan minimoida lämmöntuonti
- Kuituliittimiä on kahta päätyyppiä
 - QBH*
 - QCS
- Jäähdytys
 - Vesijäähdytys
 - Ilmajäähdytys

* *yleinen myös isommissa lasereissa*

Käsilaserhitsaus 3kW:n teholla

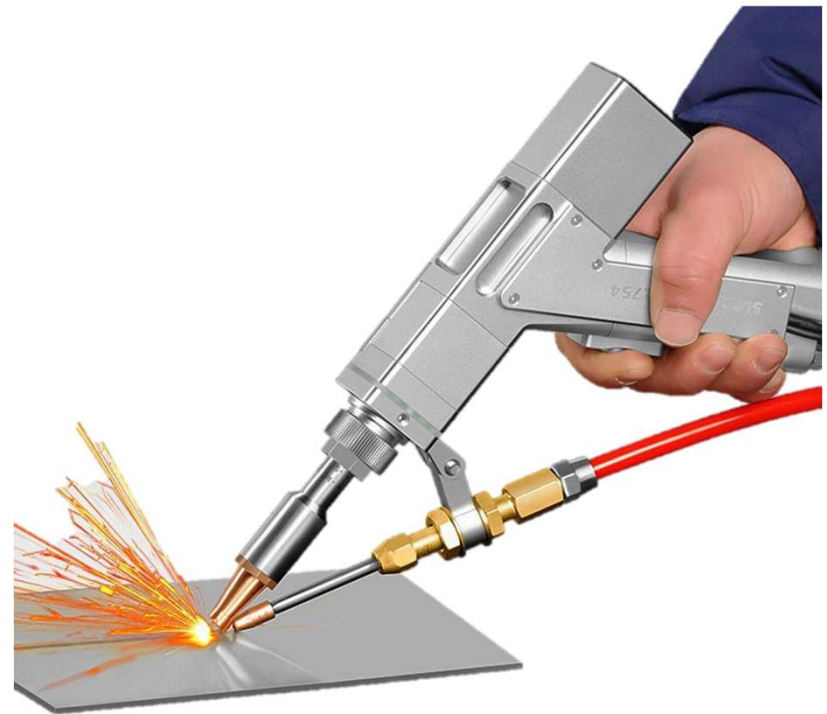
Materiaali	Paksuus yhdeltä puolelta hitsaus mm	Paksuus kahdelta puolelta hitsaus mm	Paksuus Lisäaineella mm
Ruostumaton teräs	6	12	5,5
Sinkitty teräs	6	12	5,5
Niukkaseosteinen teräs	6	12	5,5
Titaani	6	12	5,5
Alumiini	5	10	4,5
Kupari	3	5	2

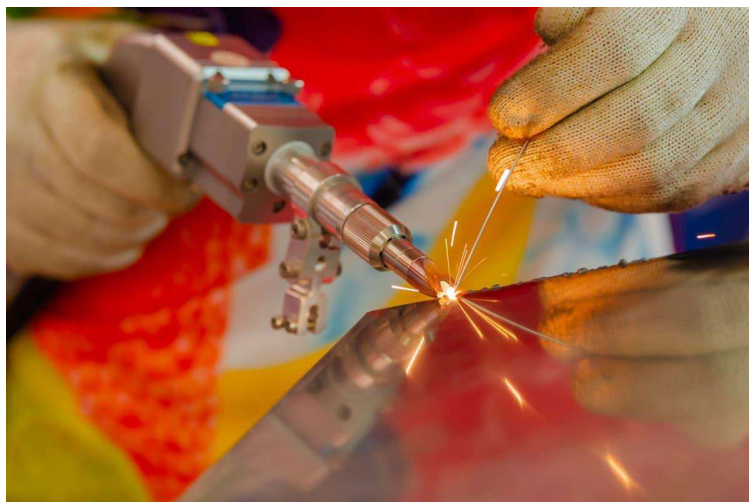


Hitsaus käytännössä



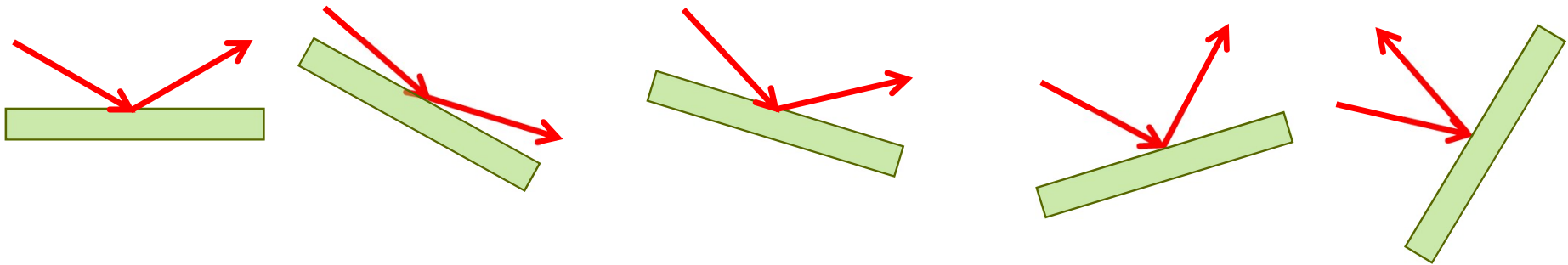
- Poltinta kuljetetaan liitosta pitkin käsillä.
- Lasersäde sulattaa materiaalin ja muodostaa hitsin
- Lisäainetta voidaan käyttää tarpeen mukaan.
 - Täyttää railot
 - Helpottaa hitsausta
 - Vakioi hitsausnopeuden
- Sädettä voidaan oskilloida
 - Ohjelmallisesti laitteen asetuksilla
 - Suurempi lämmöntuonti
 - Leveämpi hitsi
 - Ilmaraon täyttö
 - Erilaisia muotoja



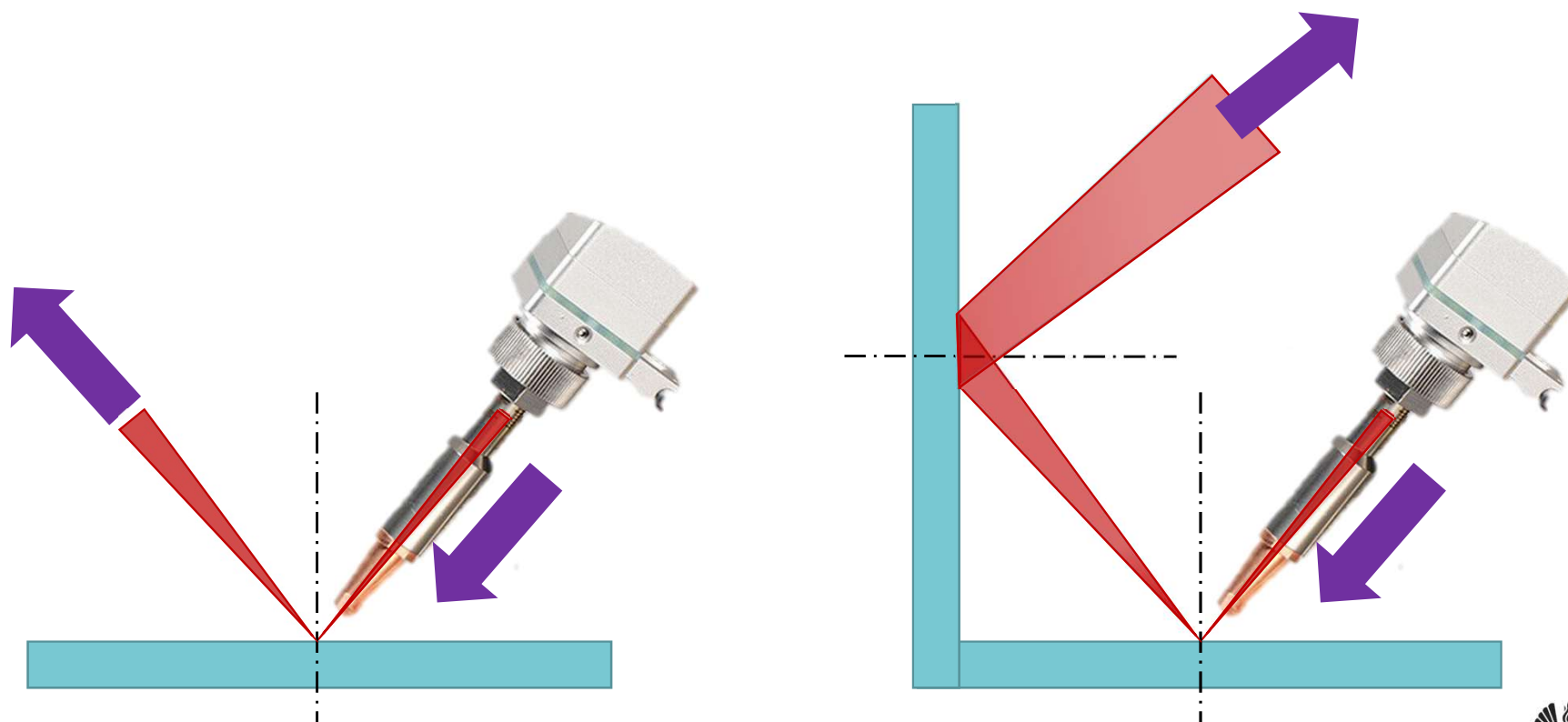


Todellinen heijastuma pinnasta

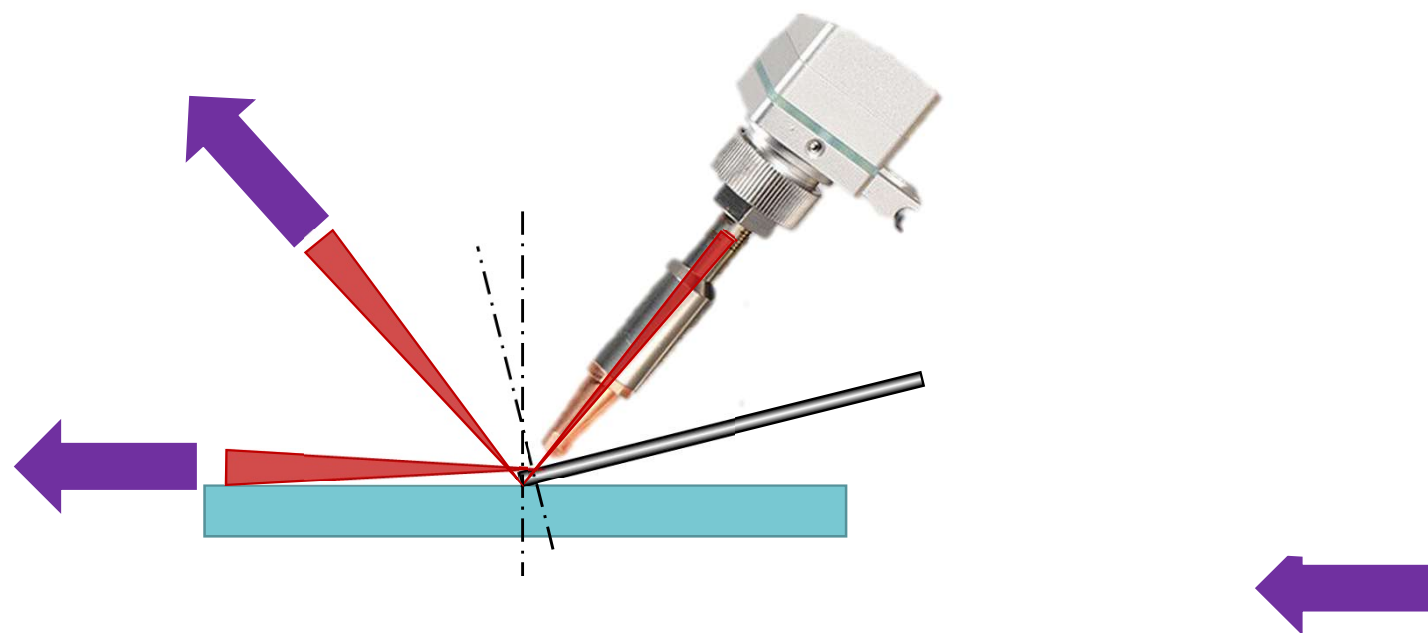
- Heijastuslaki on aina voimassa (pinnan asennosta riippumatta)



Heijastuma hitsattaessa, esim.



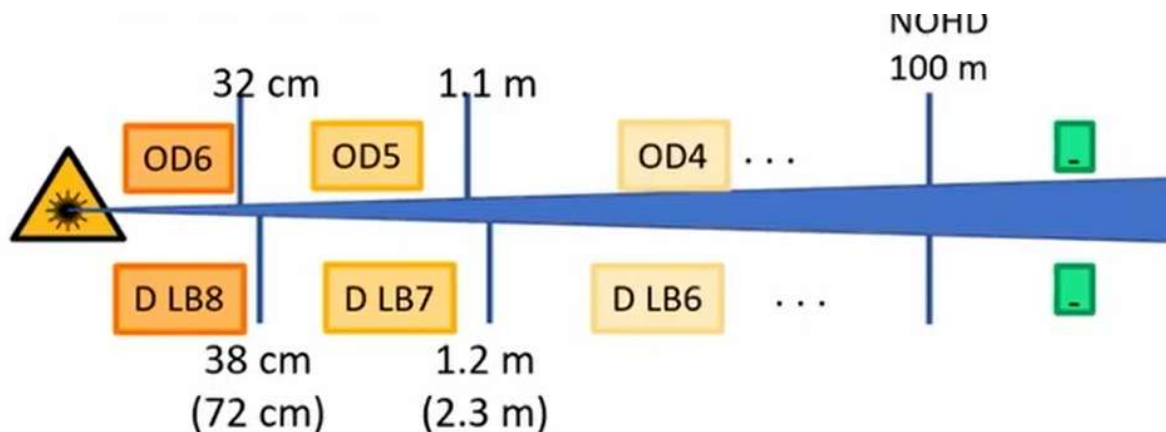
Heijastuma hitsattaessa, langan vaikutus



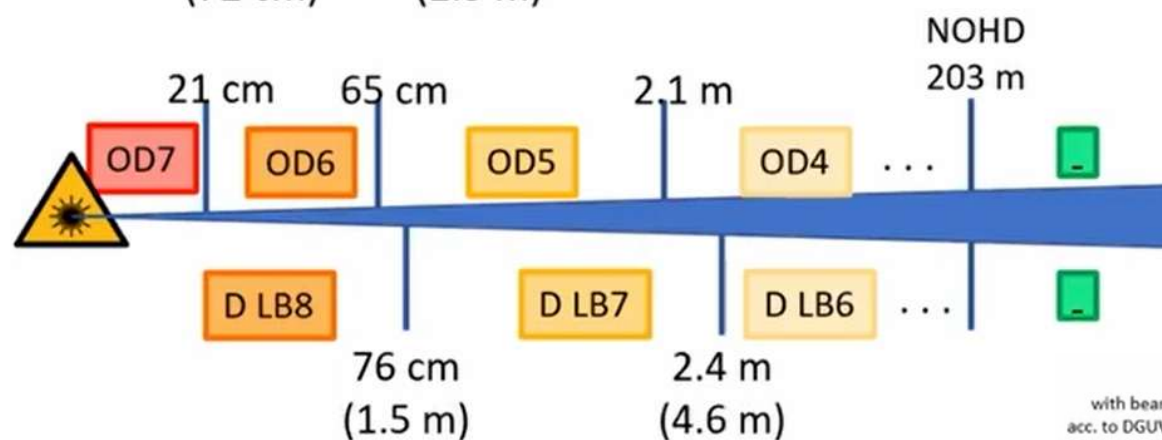
Lasertyöstön vaaroilta suojautuminen

Työskentelyalueen turvallisuus

Tapaus 1:
 1070 nm, 1000 "
 Hajaantumiskulma 50 mrad



Tapaus 2:
 1070 nm, 1650 "
 Hajaantumiskulma 32 mrad



Values in brackets
 with beam diameter correction
 acc. to DGUV Information 203-042

Varoitusmerkinnät

- Lasersäteilyn varoitusmerkki
 - Esimerkki kilvestä jossa on varoitusmerkki ja turvallisuusluokittelun mukainen varoitusteksti



Keinot lasersäteeltä suojautumiselle

- Suojaseinät ja rakenteet
- Suojapiirit ovissa jne.
- Suojaikkunat
- Henkilökohtaiset suojaimet
 - Suojalasit
 - Tulityövaatteet
 - Tarkoituksenmukaiset hansikkaat
 - Tarkoituksenmukainen hitsausmaski

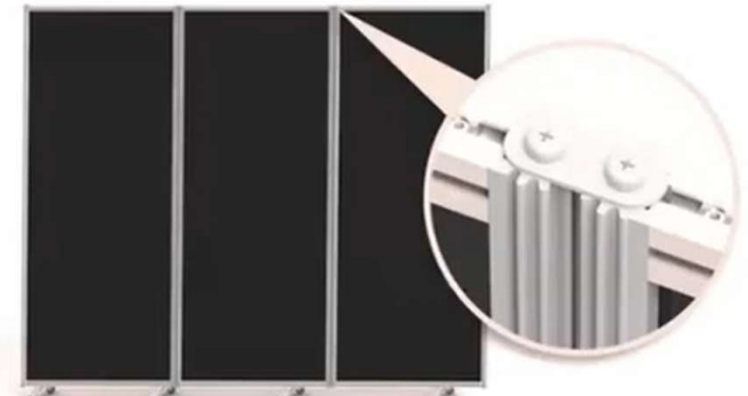
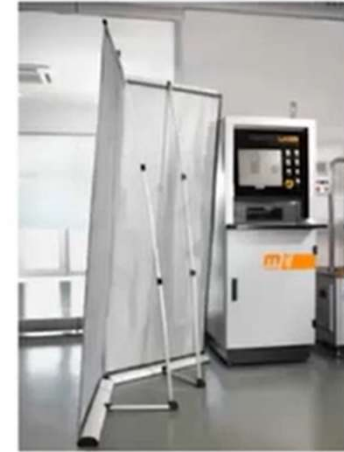


Suojaseinät

- Passiiviset suojaseinät
 - Eivät ole teollisessa käytössä riittäviä nykyisille lähi-IR alueen suurteholasereille
- Aktiiviset suojaseinät
 - Valvonta on kytkettynä laserin suojapiiriin
 - Häiriötilanteen sattuessa laser kytketään pois päältä

Suojaseinän on täytettävä vaatimukset

- IEC/EN 60825-4
 - Suojarakenteen tulee kestää 30 000 sekunnin yhtäjaksoisen ajan säteelle altistuminen seinän pettämättä



Suojapiirit

- Työaseman oviin ja luukkuihin asennettavat turvakytkimet
- Hätäseis-kytkimet
- Peilinpäädikkeen turvapiirit
- Optisen kuidun turvapiiri

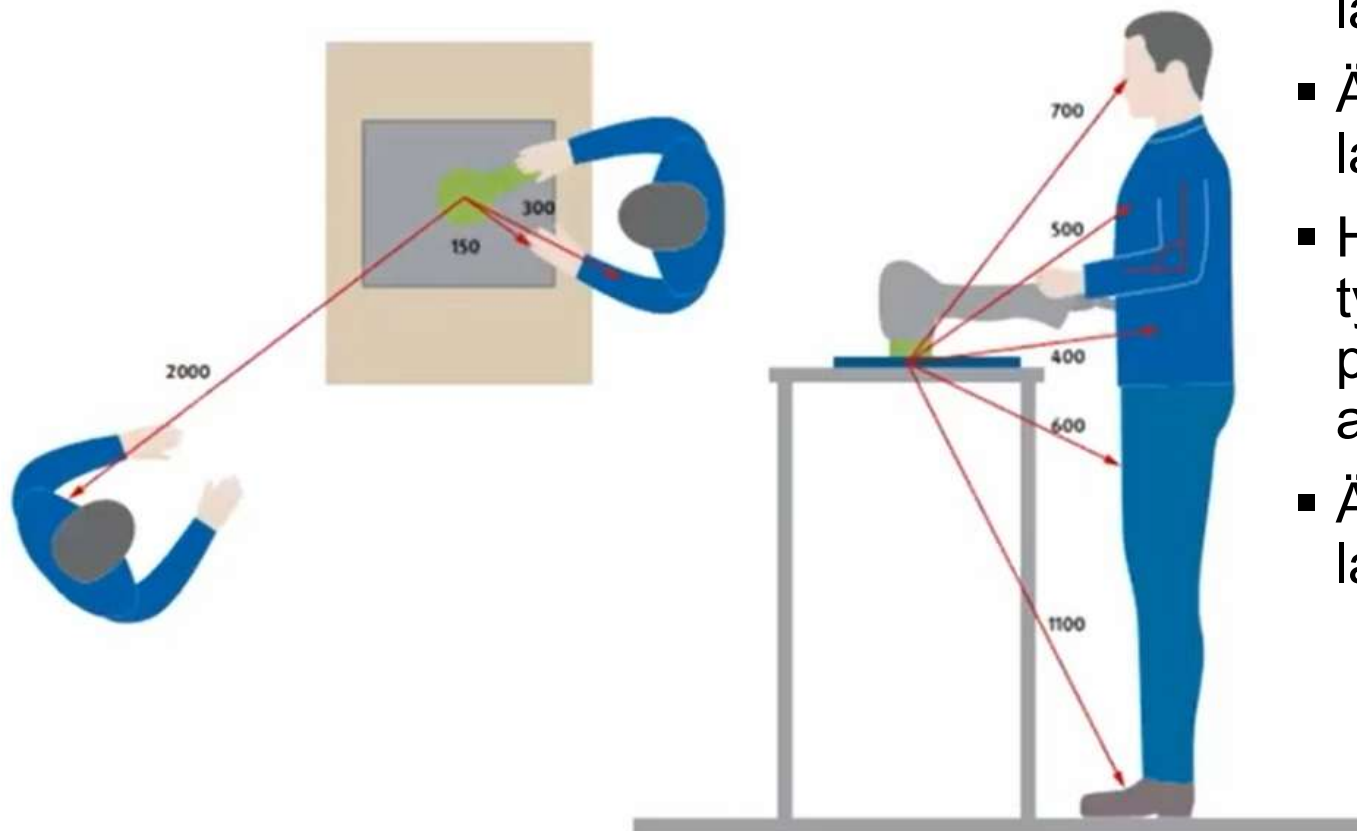


Lasersuojalasit

- Suojalasien luokitus aallonpituuskohtainen
- CO₂-laserilta suojautumiseen kelpaa tavallinen kirkas PC-suojalasi (ei välttämättä riitä lain/säädösten mukaan)
- Muut lasertyytit vaativat erikoissuojalasit



Käytönnön ohjeita

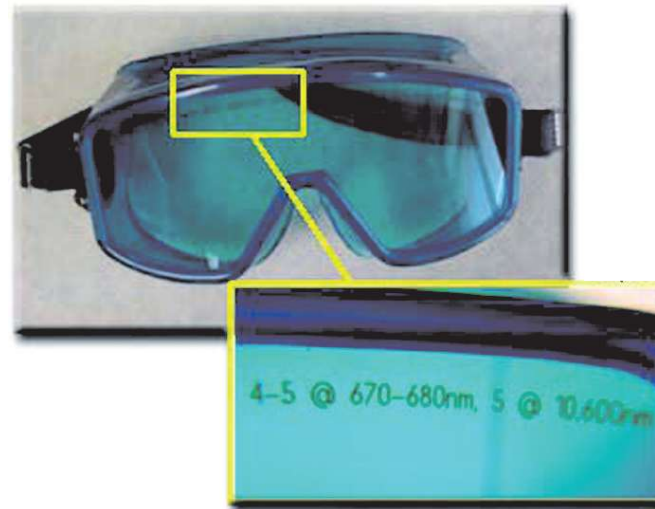


- Älä koskaan katso lasersäteeseen
- Älä koskaan kohdista lasersädettä päin vartaloa
- Huolehdi siitä, että olet yksin työalueella tai että kaikki paikallaolijat käyttävät asianmukaisia suojavarusteita
- Älä laita käsiäsi lähelle laserprosessia

Suojalasien merkinnät

- Suojalasien luokitus aallonpituuskohtainen
- OD-arvo (Optical Density)
 - Logaritminen asteikko, arvolla 1 läpimenevän valon osuus on 10 %, arvolla 2 osuus on 1 % jne.

$$OD = \log_{10} \left(\frac{\text{Saapuva valo}}{\text{Läpimenevä valo}} \right)$$



Lasersuojalasit

LG1 Green Lens: 59% Visible Light Transmission

[Zoom](#)

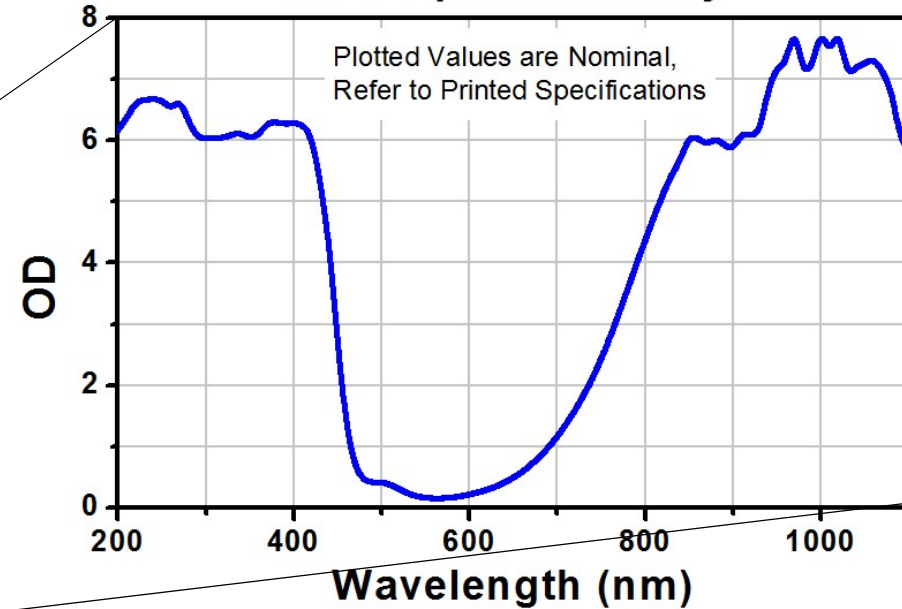


LG1

OD Specs (ANSI Z136)	L-Rating Specs (EN 207)	Optical Density vs Wavelength
190 - 400 nm 5+	808 - 840 DIRM LB4	
808 - 840 nm 4+	>840 - 950 + >1070 - 1090 DIRM LB5	
>840 - 950 nm 5+	>950 - 1070 D LB6	
>950 - 1070 nm 7+	>950 - 1070 IIR LB7	
>1070 - 1090 nm 5+		

[Click to Zoom](#)

LG1 Optical Density



LG3 Orange Lens: 48% Visible Light Transmission

[Zoom](#)



LG3

OD Specs (ANSI Z136)	L-Rating Specs (EN 207)	Optical Density vs Wavelength
180 - 532 nm 7+	180 - 315 D LB7 + IR LB4	
	>315 - 532 DIRM LB6	

[Click to Zoom](#)



**UNIVERSITY
OF TURKU**

Lisätietoja

Antti Salminen
antti.salminen@utu.fi