

# Kannettavien laitteiden koteloinnista

OSA A

---

TkT Harri Eskelinen

# Luennon tavoitteet:

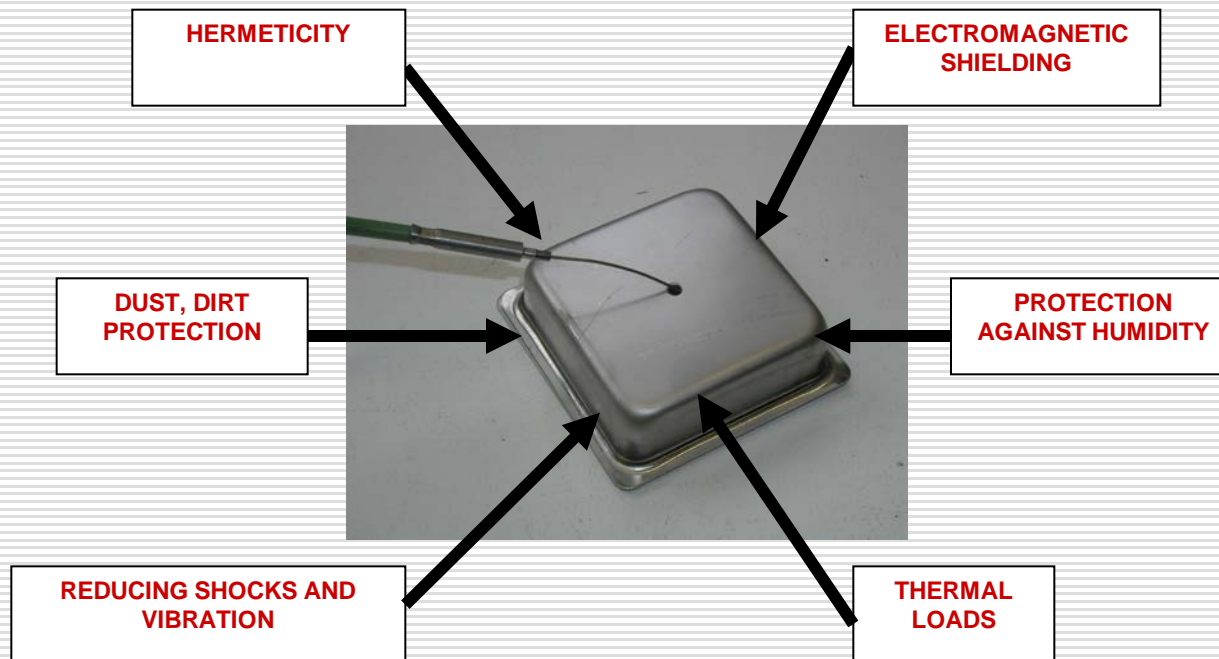
---

- Täydentää kurssikirjassa Haskell: "Portable Electronics Product Design and Development" luvun 6 "Mechanical Design" käsiteltyjä aihepiirejä
  - Antaa kokonaiskuva kannettavien laitteiden kotelointien mekaanisesta suunnittelusta
-

# 1. JOHDANTO

---

- Kurssikirjassa lyhyesti käsiteltyjä koteloiden suunnittelun yleisiä reunaehtoja:

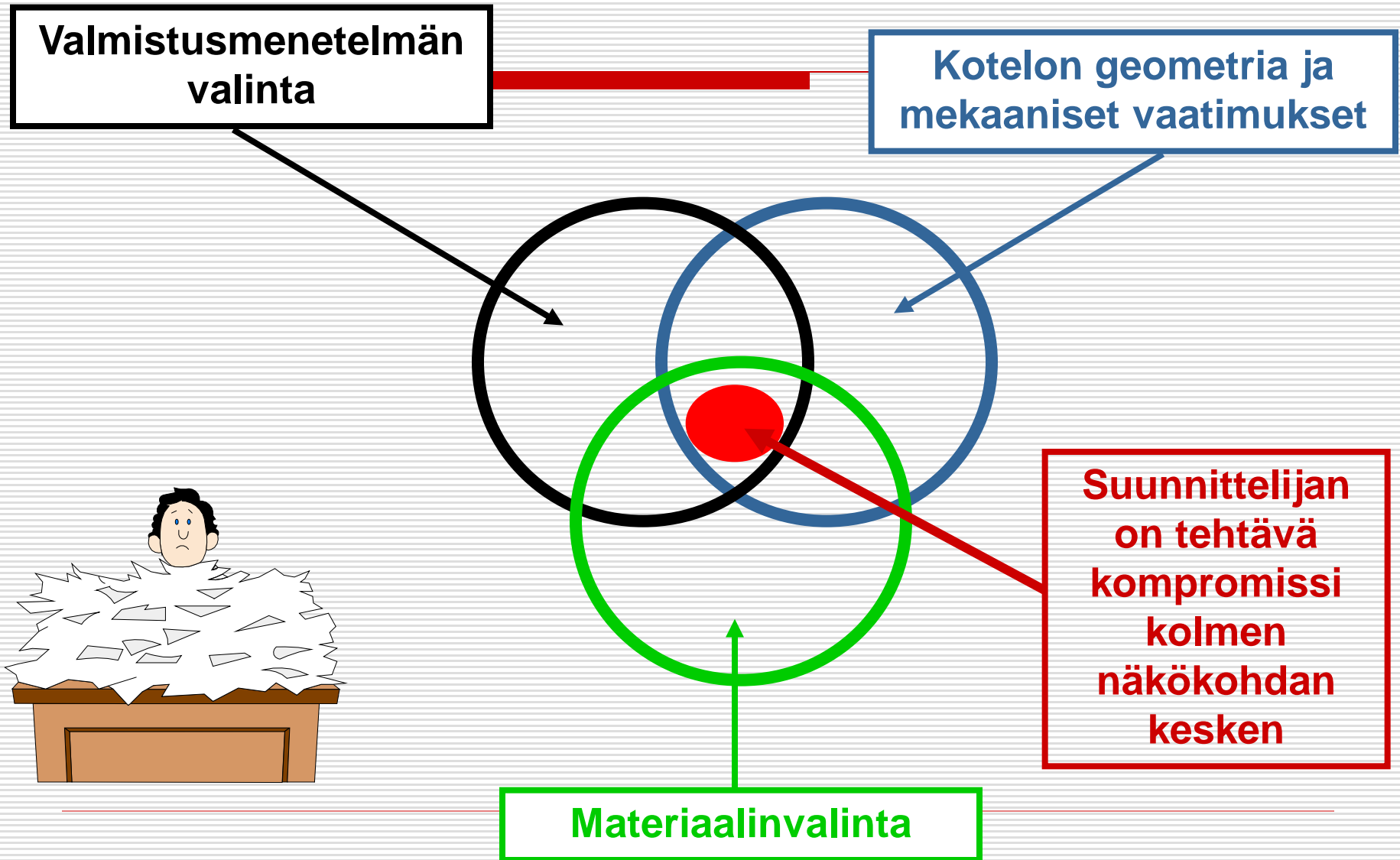


# Koteloiden suunnittelussa huomioon otettavia muita tekijöitä:

---

- Mekaaninen lujuus
  - Mekaaninen jäykkyys, muotojäykkyys
  - Tiivistyksen mekaaninen toteutus
  - Kokoonpantavuus, avattavuus
  - Valmistettavuus
  - Paino
  - Korroosion kestävyys
  - Kierrätettävyys
  - Ulkonäkö ja ergonomisuus
-

# KOTELOIDEN SUUNNITTELUSSA ON KOLME INTEGROITAVAA OSA-ALUETTA, JOITA TULEE KÄSITELLÄ RINNAKKAIN



# Käsiteltävät mekaaniset vaatimukset

---

- Koteloiden lujuus**
  - Koteloiden iskusitkeys**
  - Koteloiden jäykkyys**
  - Erilaiset koteloiden tiivistysratkaisut**
  - Koteloille tyypilliset korroosiolajit**
  - Värähtelyjen ja iskujen vaimennus**
  - Kansimekanismit**
-

# Käsiteltävät valmistusmenetelmät

---

- Ruiskuvalu**
  - Painevalu**
  - Syväveto ja venytysmuovaus**
  - Kokoonpano**
  - Menetelmistä esitetään:
    - Menetelmän perusidea
    - Suunnitteluohjeet
    - Sopivat materiaalit
    - Geometriset ym. rajoitteet, jotka ohjaavat suunnittelua
    - Tyypillisiä sovelluskohteita
-

# Käsiteltävät kotelomateriaalit

---

- Kevytmetalliseokset (Al, Mg ja Ti)**
  - Muovit**
  - Ruostumattomat teräkset**
  - Materiaaleista esitetään:**
    - Tärkeimmät valintaa ohjaavat mekaaniset ominaisuudet ja ominaisuuksien määritelmät
    - Tärkeimmät seostyypit/ materiaalit ko. ryhmistä
-



# Käsiteltävät suunnittelutyökalut

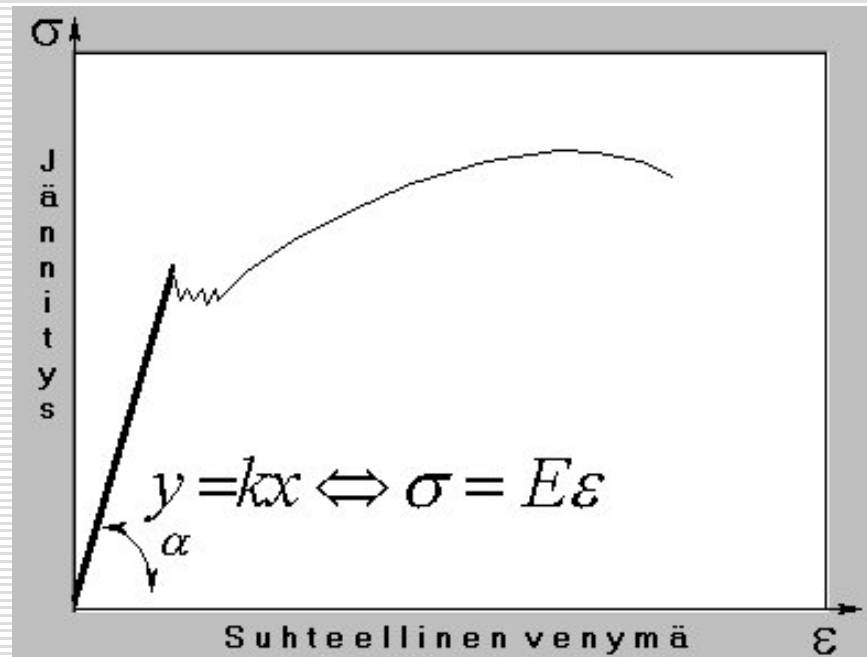
---

- **3D-pintojen mallinnus**
  - **3D-tilavuusmallinnus ja STL-tiedostojen luonti**
  - **Levytuotteiden suunnitteluohjelmistojen perusominaisuudet**
-

# 1. Materiaaliominaisuudet

---

## 1.1 Koteloiden lujuus ja jäykkyys



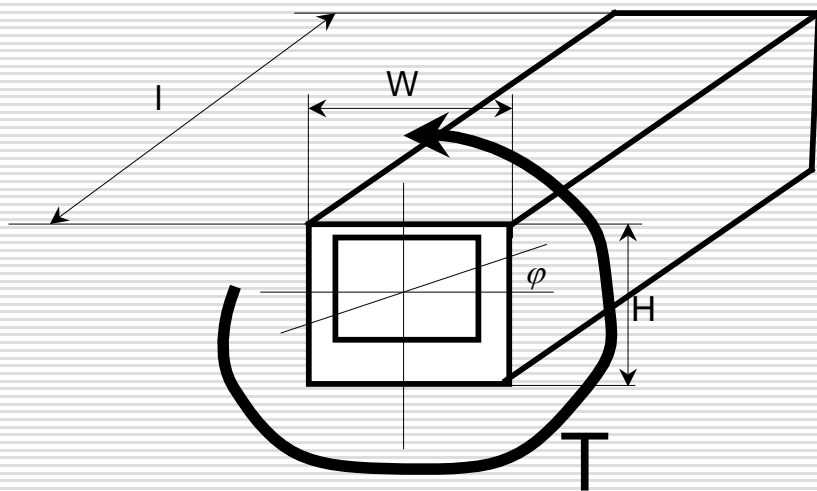
# Koteloilta vaadittava lujuus ja jäykkyys

---

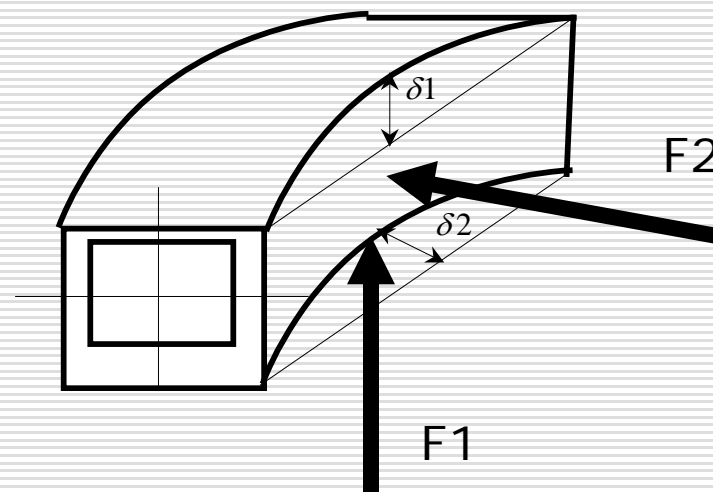
- Otettava huomioon kotelon kuormitustapaus:
    - Ulkoisista kuormituksista johtuva veto – puristus-taivutus tai vääntö
      - Virheellisen asennuksen aiheuttamat
      - Kotelo toimii kantavana rakenteena
      - Valmistuksesta syntyvät jäännösjännitykset
      - Ruuvi-, jousi- tms. Kiinnityksestä aiheutuvat kuormitukset kotelon kanteen tmv.
  - Äärimmäisen harvoin tarvitaan tutkia kotelon väsymislujuutta, mutta se voisi tulla esille esim.
    - Muovisen kotelon saranassa, kotelon seinämään integroidussa painonappissa, joka toimii “kalvona”, usein avattavassa kotelon kannen kielekeliitoksessa
-

# Esimerkkejä kuormitustapauksista

---



Kotelon vääntö

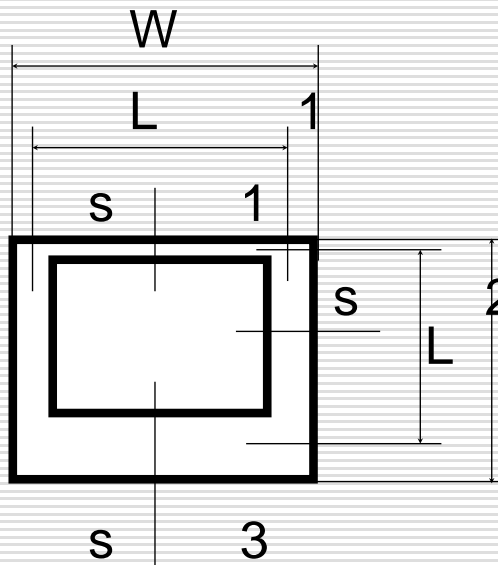


Kotelon taivutus  
kahdessa tasossa

---

# Ohutseinämäisen kotelon vääntö

---



Vääntökulma yleisesti likimain:

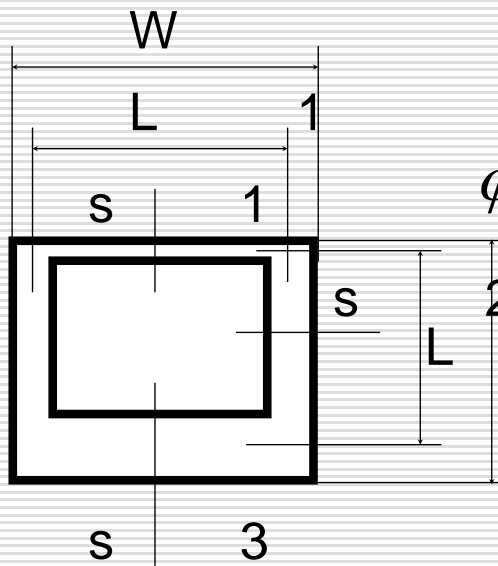
$$\varphi = \frac{T \times l}{4 \times A^2 \times G} \int \frac{ds}{t}$$

Vääntöjännitys yleisesti likimain:

$$\tau = \frac{T}{2 \times t \times A}$$

T = vääntömomentti, l = kotelon pituus, A = seinämien keskilinjojen rajaama ala, G = materiaalin liukumoduuli, t = kriittinen seinämän paksuus

---



Vääntökulma esimerkissä:

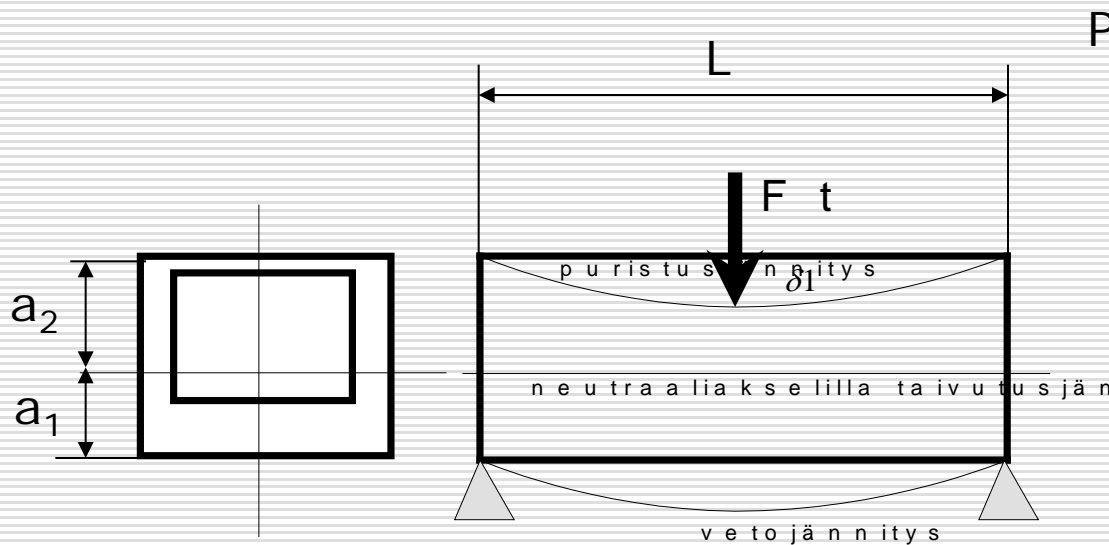
$$\varphi = \frac{T \times l}{4 \times (L_1 \times L_2)^2 \times G} \left( \frac{L_1}{S_1} + \frac{L_1}{S_3} + 2 \times \frac{L_2}{S_2} \right)$$

Vääntöjännitys esimerkissä:

$$\tau = \frac{T}{2 \times S_1 \times (L_1 \times L_2)}$$

$T$  = vääntömomentti,  $l$  = kotelon pituus,  $L_1 \times L_2$  = seinämien keskilinjojen rajaama ala,  $G$  = materiaalin liukumoduuli,  $S_1$  = kriittinen seinämän paksuus

# Koteloprofiilin taivutus



Puristusjännitys yleisesti

$$\sigma_2 = -\frac{M_t}{I} \times a_2$$

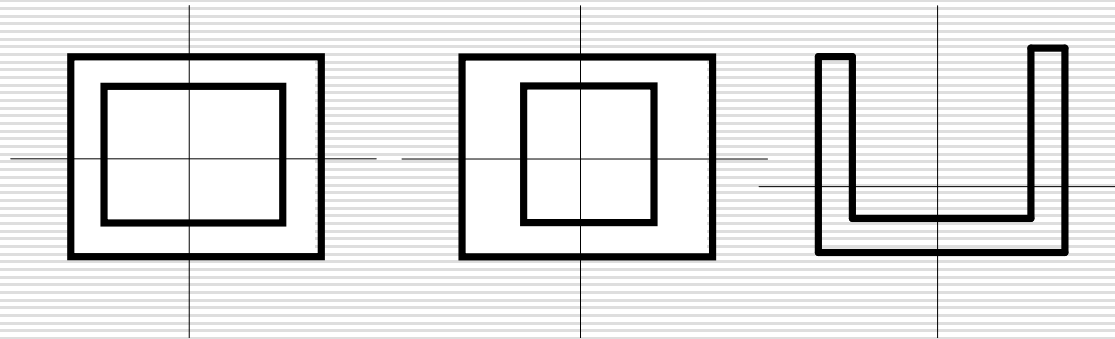
Vetojännitys yleisesti

$$\sigma_1 = \frac{M_t}{I} \times a_1$$

Taivutusmomentti  $M_t$  riippuu tuentatapauksesta, tässä tapauksessa se on  $M_{\max} = (F \times L)/4$ . Huom! Neutraaliakseli ei ole välttämättä keskellä!  $I$  = neliömomentti sen akselin suhteen, minkä ympäri taipuma tapahtuu. Tässä tuennassa taipuma  $\delta_1 = (F \times L^3)/(48 \times E \times I)$

# Kotelon poikkileikkauksen merkityksestä taivutustapauksessa

---



I	0.5x	1x	0.2x
Max $\sigma_{\text{veto}}$	2x	1x	3x
Max $\sigma_{\text{pur}}$	2x	1x	9x
Kotelon W	50	50	50
Kotelon H	20	20	20
Pysty s	0.5	<b>1</b>	0.5
Vaaka s	0.5	0.5	0.5 <b>(ei kantta)</b>

---



# Päätelmiä:

## Kotelon pitäisi olla kevyt ja jäykkä...

---

- ❑ Yleensä pelkkä materiaalin tiheyden minimointi ei riitä koneenosan tai rakenteen kokonaismassan minimoimiseksi
  - ❑ Esimerkiksi jos alumiinikotelon suunnitellaan korvaavan teräskotelon, on alumiinikotelon mittoja ja muotoja kasvatettava vastaavan jäykkyyden saavuttamiseksi
  - ❑ Kun useinkin koteloitavien komponenttien yms. mitat ja layout ovat jo valmiiksi minimoituja, ovat kotelon ulkomitat “vakiot” → voidaan käyttää jäykistäviä muotoja tai muuttaa seinämävahvuuksia
-

- 
- Taivutusjännityksen minimi (nolla) neutraaliakselin kohdalla kannattaa ottaa huomioon esim. suunniteltaessa koteloinnin aukaisurajapintaa ja sijoitettaessa herkkiä komponentteja koteloon**
  - Materiaalin kimmo- ja liukumoduleilla voidaan vaikuttaa kuormituksen aiheuttaman muodonmuutoksen suuruuteen suoraan lukuarvojen suhteessa**
  - Esiintyvä maksimijännitys määrää käytettävän materiaalin lujuusvaatimuksen**
-

# Koteloiden iskusitkeys

---

- ❑ Iskusitkeys voidaan kokeellisesti määrittää standardisoidun aineenkoetuskokeen perusteella
  - ❑ Usein kotelot toimivat joko kantavina runkorakenteina, joihin komponentit kiinnitetään tai suojaavina kuorirakenteina. Erityisesti jälkimmäisessä tapauksessa iskusitkeys on keskeinen materiaalin valintakriteeri.
  - ❑ Iskusitkeys on voimakkaasti sidoksissa lämpötilaan. Monet materiaalit haurastuvat kylmässä.
  - ❑ Paitsi materiaalin valinnalla myös kotelon geometrialla voidaan vaikuttaa kotelon iskua vaimentaviin ominaisuuksiin. Laajempi levykenttä on yleensä joustavampi, jos materiaalin kimmokerroin mahdollistaa kimmoisen käyttäytymisen.
-

# Kotelomateriaalien kimmokertoimien suuruusluokkien vertailu

---

<input type="checkbox"/> Magnesium	n. 20%
<input type="checkbox"/> Alumiini	n. 33%
<input type="checkbox"/> Pronssit	n. 50%
<input type="checkbox"/> Titaani	n. 55%
<input type="checkbox"/> Ruostumaton teräs	n. 92%
<input type="checkbox"/> Rakenneteräkset	<b>100% (207 GPa)</b>

Jos kaikki muut tekijät vakioitaisiin olisivat siis magnesiumista tehdyn osan taipumat ja kiertymät n. 5-kertaisia ja alumiinista tehdyn osan n. 3-kertaisia vastaavaan rakenneteräksestä tehtyyn osaan verrattuna Liukumoduuli on n.  $0.4 \times E$ .

---



## 1.2 Koteloiden tiivistysratkaisuista

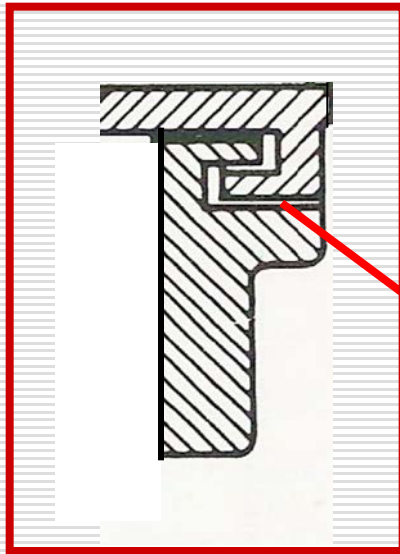
# Periaatteita tiivistykseen...

---

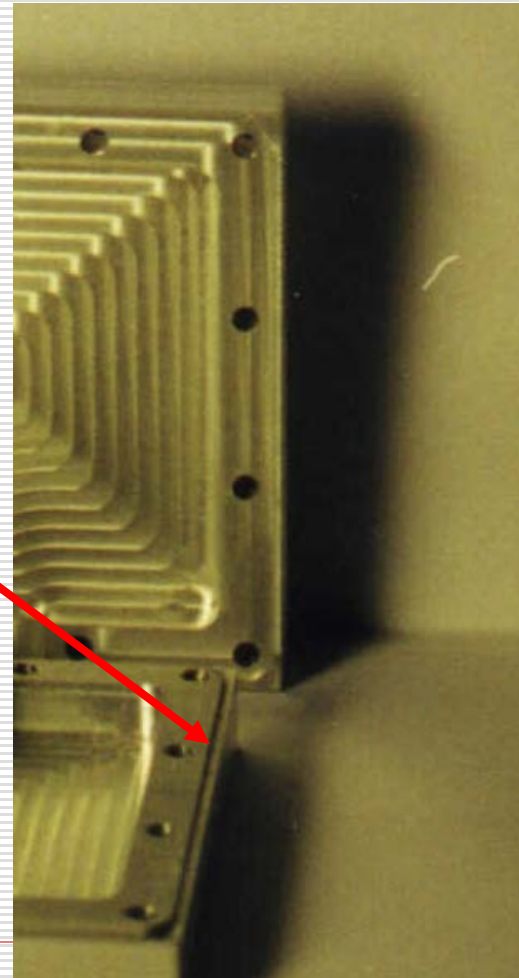
- Liimat ovat monesti varmin tapa tehdä yhteen liitettävien osien välinen tiivistys, mutta avaaminen/uudelleen sulkeminen on työlästä
  - Liimojen ominaisuudet laskevat jopa 20% 1. käyttövuoden aikana ulkoilmassa → myös tiivistyskyky heikkenee
  - Tiivistimet (esim. O-poikkileikkaukselliset muotoon puristetut nauhat) vaativat erikseen valmistetun toleroidun pesän, johon ne asennetaan ja puristetaan → yhteen liitettävien osien tolerointi tärkeää
  - Monesti mekaanisten osien geometrian valinnalla voidaan auttaa tiivistysratkaisun onnistumisessa (esim. erilaiset koteloiden liitosreunoihin koneistetut tai puristetut "sokkelorakenteet" tai kaksoisolakkeet)
-

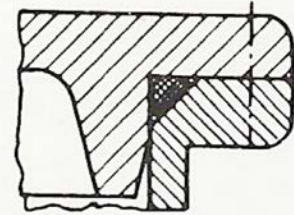
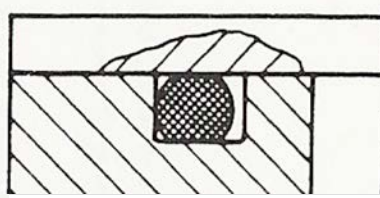
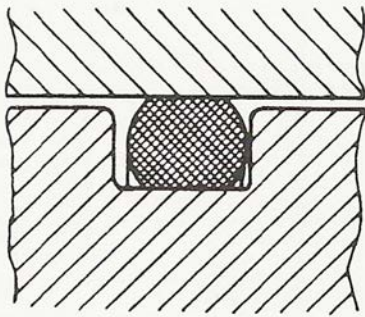
# Eräitä esimerkkejä...

---



- Vaihdetaan asennussuunta
- Valmistetaan kasoisolake





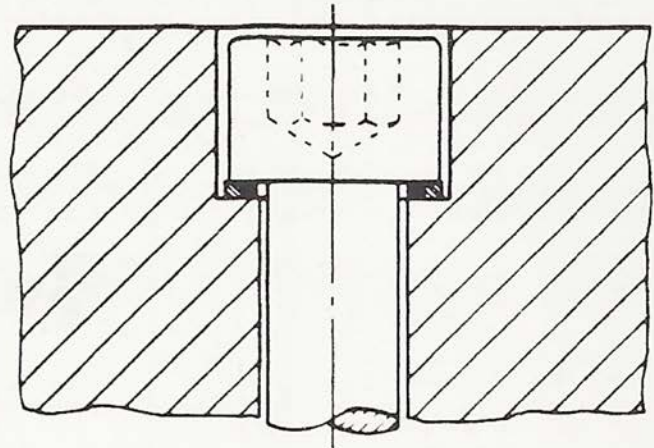
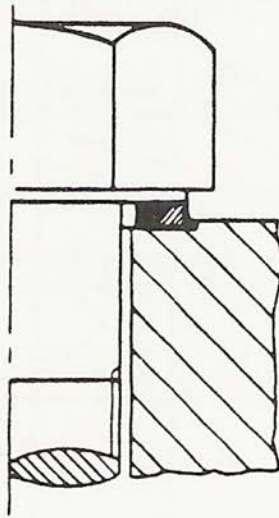
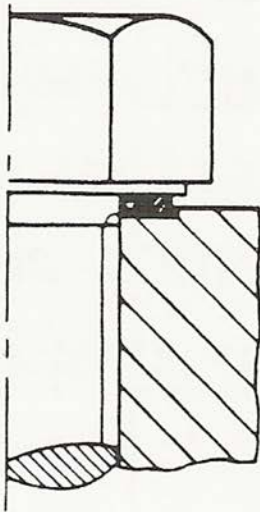
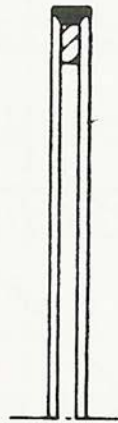
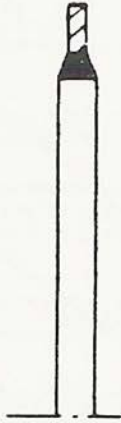
O-renkaalla pitää olla tilaa "turvota" pesäänsä! O-rengas voidaan Asentaa myös tiivistettävän olakkeen nurkkaan, jolloin tiivistys-suuntia saadaan kaksi.



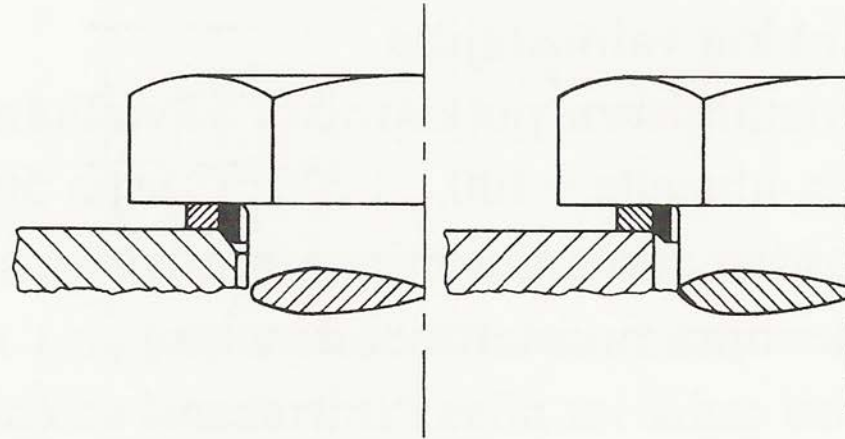
Sisäkehältä  
tiivistävä

Ulkokehältä  
tiivistävä

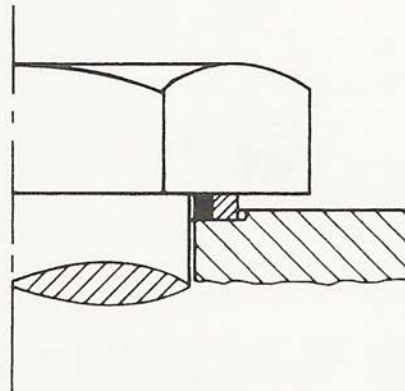
Itse-  
keskittävä



VÄÄRIN



OIKEIN





## 1.3 Koteloiden korroosioriskit

# Koteloiden korroosioilmiöitä

---

- ❑ Pistesyöpyminen on tyypillinen metalleissa, joiden korroosionkestävyys perustuu suojaavaan passiivikerrokseen (alumiini, ruostumaton teräs)
  - ❑ Rakokorroosio koteloiden tiivisteliitoksissa, joissa tiivistemateriaali on kosteutta absorboivaa ja tyypillinen metalleissa, joiden korroosionkestävyys perustuu suojaavaan passiivikerrokseen (esim. ruostumaton teräs tai alumiini)
  - ❑ Galvaaninen korroosio, esim. siten että galvaaninen pari voi syntyä niin, että metalli on kosketuksessa jalomman ei-metallisen sähköäjohtavan materiaalin kanssa (esim. grafiitti)
  - ❑ Raerajakorroosio esim. ruostumattomilla teräksillä eli tapahtuu herkistymisilmiö, jossa lämpökäsittelyn tai kotelon hitsauksen yhteydessä raerajoille muodostuu kromikarbida ja sen viereen jää kromiköyhä alue, johon ei muodostukaan suojaavaa passivaatiokerrosta
-

- 
- Muovit eivät suoranaisesti kärsi korroosiosta, mutta muovin vanheneminen tarkoittaa muovin ominaisuuksien heikkenemistä ajan kuluessa. Yleisiä vanhenemisilmiöitä ovat haurastuminen ja värinmuutokset etenkin ulkokäytössä.
  - Koteloiden sisälle muodostuvat yhdisteet esimerkiksi kokoonpanon tai liittämisvaiheiden aikana yhdessä koteloon mahdollisesti tiivistyvän kosteuden kanssa voivat käynnistää korroosion. Haitallisia ovat mm:
    - Rikin ja typen oksidit
    - Sulfaatit ja atsidi-ionit (jäänteet typpivetyhaposta)
    - Fluori- ja kloridi-ionit
    - Orgaaniset rasvahapot
    - Trifenolibentseeni (johdannaisena karboolihappoa)
-



## 1.4 Värähtelyt ja iskumaiset kuormat

# Iskusitkeys

---

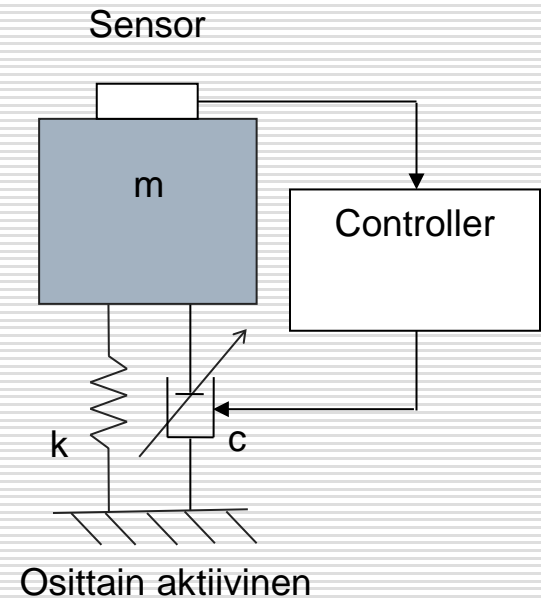
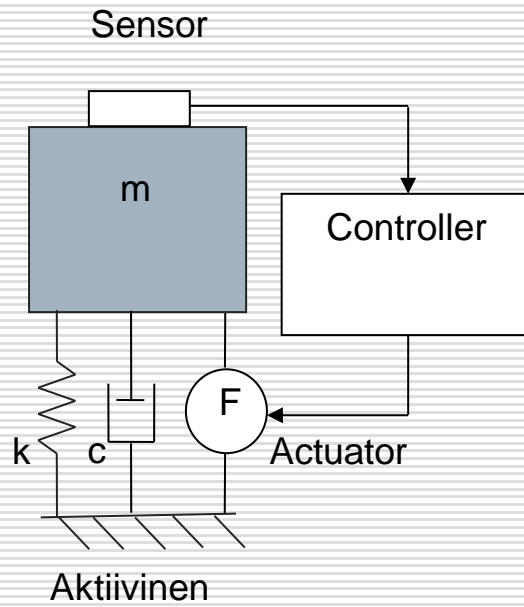
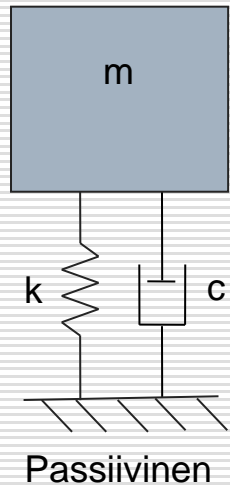
- ❑ Kotelon kuorimateriaali tulee valita siten, että sen iskusitkeys on riittävä eri käyttölämpötiloissa
  - ❑ Materiaalin vanheneminen tulee ottaa huomioon iskusitkeyttä valittaessa
  - ❑ Riippuen sisäisistä jännityksistä monet valetut kappaleet saattavat olla erittäin hauraita
  - ❑ Myös ruiskuvalettuihin muoviosiin voi jäädä sisäisiä jännityksiä, jolloin ne särkyvät helpommin iskujen vaikutuksesta
-

# Värähtelyjen ja iskujen vaimennus

---

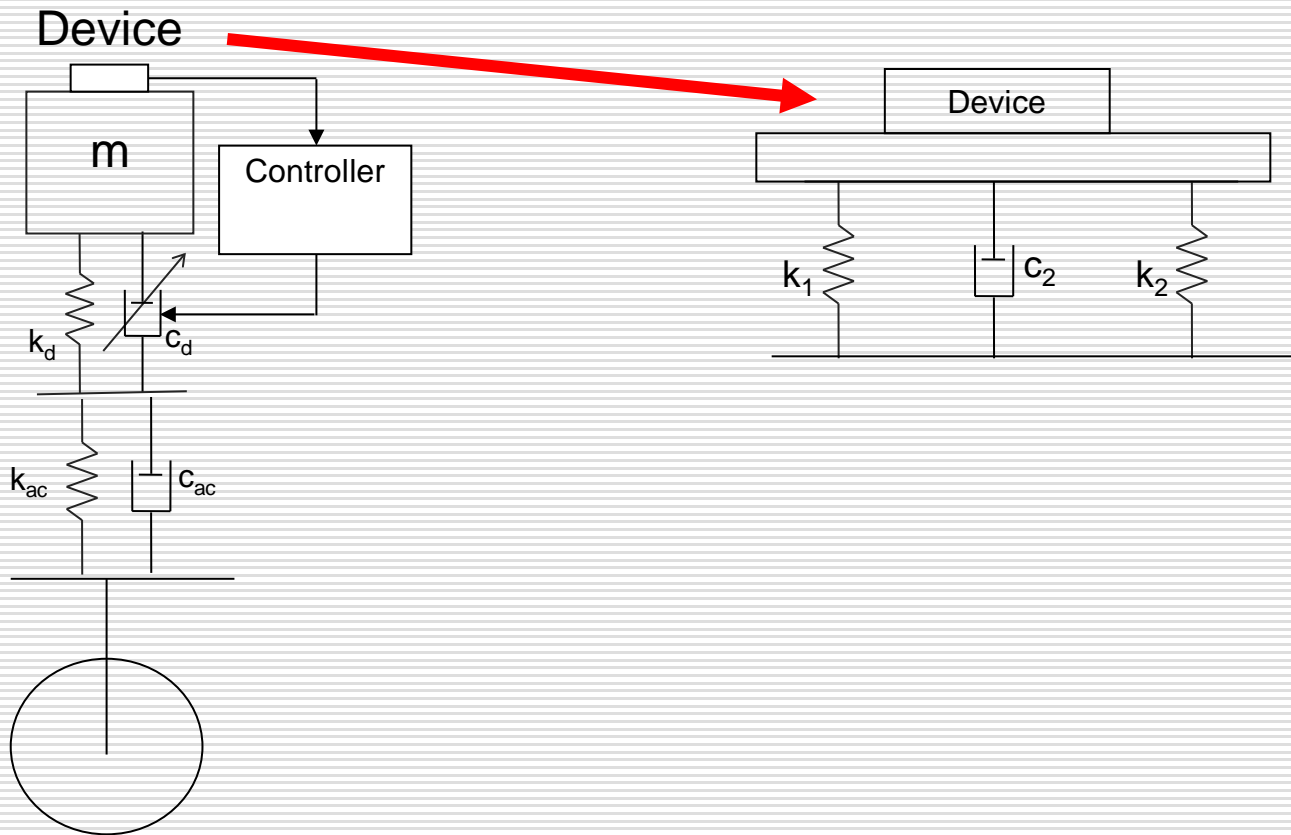
- Esimerkiksi kulkuneuvoista (autot, lentokoneet, laivat jne.) on mitattu valmiiksi niiden tyypillisiä värähtelykuormia vastaavat spektrit, jolloin herkkien elektronisten laitteiden värähtelyjen vaimennus voidaan suunnitella suoraan näitä tyyppikuormituksia silmällä pitäen
  - Periaatteessa mekaanisten värähtelyjen näkökulmasta käytettävissä on kolme erilaista systeemiä:
    - Passiivinen vaimennusjärjestelmä
    - Aktiivinen vaimennusjärjestelmä
    - Osittain aktiivinen vaimennusjärjestelmä
-





- 
- Käytössä olevia vaimennusratkaisuja:
    - Passiiviset: Erilaiset kumijouset yhdessä joko rakenteen oman jousivakion tai erillisten jousien kanssa
    - Aktiiviset: Tarvittaessa lisävoiman tuotto vaimennukseen piezosähköisiä elementtejä käyttäen
    - Osittain aktiiviset: Rheologiset materiaalit ja geelit (magneettikentän tai sähkökentän mukaan ominaisuuksien muuntelumahdollisuus sekä käytettävän öljyn viskositeetin muuttaminen)
-

- 
- Värähtelytarkastelujen yhteydessä selvitetään yleensä:
    - Tutkittavaan rakenneosaan välittyvä maksimivoima ulkoisesta herätteestä tai iskusta johtuen
    - Rakennosan siirtymä (jos sallittu) tai joustomatka
    - Värähtelyjen vaimenemisen nopeus (monesti 2-4 suurinta heilahdusta riittää)
    - Elektroniikan koteloissa ongelmana on pyrkimys pieneen massaan ja kokoon, josta seuraa että:
      - Ei voida "kuolettaa" iskuja tai värähtelyjä pitkällä joustomatkalla
      - Ei voida "kuolettaa" iskuja tai värähtelyjä siirtämällä iskun tekemä työ suhteellisen suureen massaan, jolloin iskun sisältämä energia vaimenee nopeasti
      - Tarkasteluissa ja teknisissä ratkaisuissa joudutaan analysoimaan ja tekemään rakenteita, jotka koostuvat useista massa-jousi-vaimennin systeemeistä → matemaattinen tarkastelu vaikeutuu → eri rakenneosat (niiden jousivakiot ja vaimennus) "viritetään" yhteensopiviksi
-



# Materiaalinvalinnan merkityksestä

---

- Eri materiaaleilla on erilainen kyky vaimentaa rakenteeseen ulkoapäin kohdistuvia värähtelyjä ja estää niiden eteneminen konstruktiossa eteenpäin → esimerkiksi valuraudat ja muovit vaimentavat tehokkaasti värähtelyjä
  - Materiaalien ominaisuuksia voidaan vertailla esim. rakenteellisia vaimennuskertoimia (häviökertoimia käyttäen), esim:
    - Solumuovit 0,5
    - Styreenibutadieenikumi 0,31
    - Butyylikumi 0,27
    - Korkki 0,14
    - Luonnonkumi 0.07
    - Muovit 0,05
    - Pronssi 0,001
    - Teräs 0,0006
    - Alumiini ja magnesium 0,0001
-



## 1.5 Kansien avautumismekanismit

# Erilaisia nivel- ym. mekanismeja kotelorakenteissa...

---









# Ratkaistavia ongelmia...

---

- Nivelen pitäisi olla vuosikaudet sopivan "jäykkä" ja pysyä valitussa asennossa (esim. kannettavan PC:n kuvaruutu) ja kestää tuhansia aukaisukertoja → kulumistarkastelu ja tolerointi
  - Nivelessä tulisi olla elektroniikan kaapeleiden läpivientejä, liukukoskettimia tms. ratkaisuja
  - Itse mekanismin liikeradat tulee mitoittaa niin, että kotelorakenne sulkeutuu halutulla tiiviydellä ja kaikki liikeratojen ääriasennot tulee varmistaa (esim. 3. akselin suhteen kääntyvä kännykän simpukkakuori)  
lujuusnäkökohdat silmällä pitäen
    - "pallonivel" poistaa teoriassa kaikki momentit, mutta kahdessa eri kohdassa tapahtuva kiertoliike jättää vaaran, että käyttäjä luulee niveltä palloniveleksi ja vääntää sen vahingossa rikki → vrt edellinen kännykän kuva → koko simpukan kuori toimii "tehokkaasti" momenttivartena
-

# 2. Kotelomateriaalit

---

## 2.1 Alumiini ja sen seokset

- 
- Kaikki alumiinilevyt sopivat syvävetoon, mutta parhaiten sopivat Al99,5, Al99 ja AlMn
  - Valettavia alumiiniseoksia on runsaasti:
    - Painevaluun sopii esim. G-AlSi8Cu3Fe
    - Koteloita tehdään perinteisesti seoksesta G-AlSi7Mg
    - Erinomainen valettavuus on myös seoksilla G-AlSi ja AlSiMg
-





## 2.2 Magnesium ja sen seokset

- 
- Magnesium syttyy ilmassa n. 650 asteessa → valaminen paineveluna
  - Tyypillinen painevaluseos esim. AZ91B, jolle
    - 0.2-raja 152 MPa ja  $R_m$  228 MPa
    - Seosaineina Zn, Al, Mn, Cu, Ni, Si yhteensä n. 12%, lisätty berylliumia valamisen helpottamiseksi
-



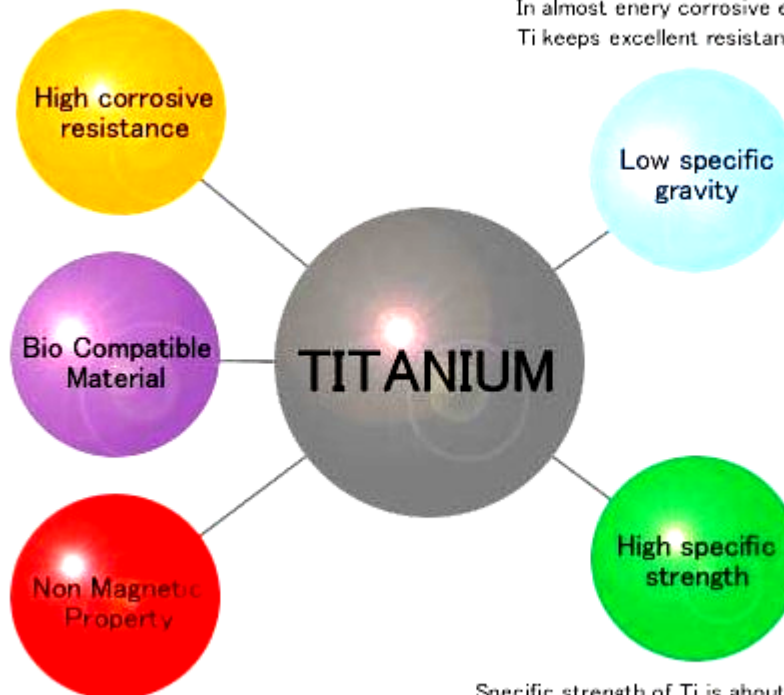
## 2.3 Titaani ja sen seokset



- 
- Titaanin myötö- ja murtolujuus kasvavat lämpötilan laskiessa → käyttösovellukset vaativissa oloissa
  - Titaanilevyt sopivat sekä kylmä- (esim. soestamaton Ti 1) että kuuma-muokkaukseen
  - Titaaniseoksia voidaan lastuta, mutta se on hankalaa, koska
    - Muokkauslujittuu voimakkaasti
    - Kimmomoduli on alhainen
    - Lämmönjohtavuus on alhainen
    - Reaktiivisuus
-

Specific gravity of Ti is 4.5.  
About 50% of Ni or Cu, 60% of steel

Ti has as high corrosive resistance to sea water as platinum  
In almost every corrosive environment, Ti keeps excellent resistance to corrosion.



Magnetic permeability is 1.0001.  
Nearly perfectly nonmagnetic.

Specific strength of Ti is about as  
3 times as Al, and higher than stainless steel.  
In addition, Ti resists temperatures up to 400°C





**CANDINO**  
SWISS WATCH



**VIRALLINEN  
AJANOTTAJA**

**C4272/1**

**"Limited Edition"**

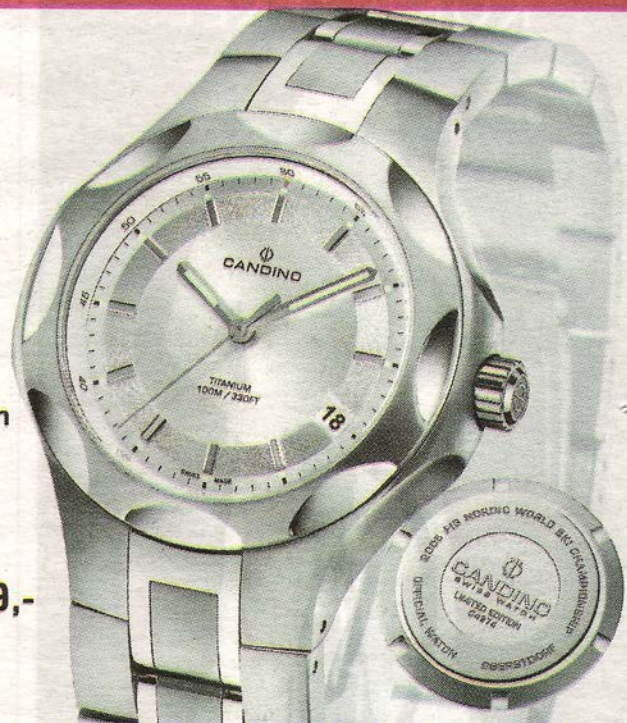
- Titaania
- Naarmuuntumaton safiirilasi
- 100 m vesitiivis
- Merkintä takapohjassa
- Alkuperätodistus

Maahantuojat:

**249,-**



KULTAKESKUS OY



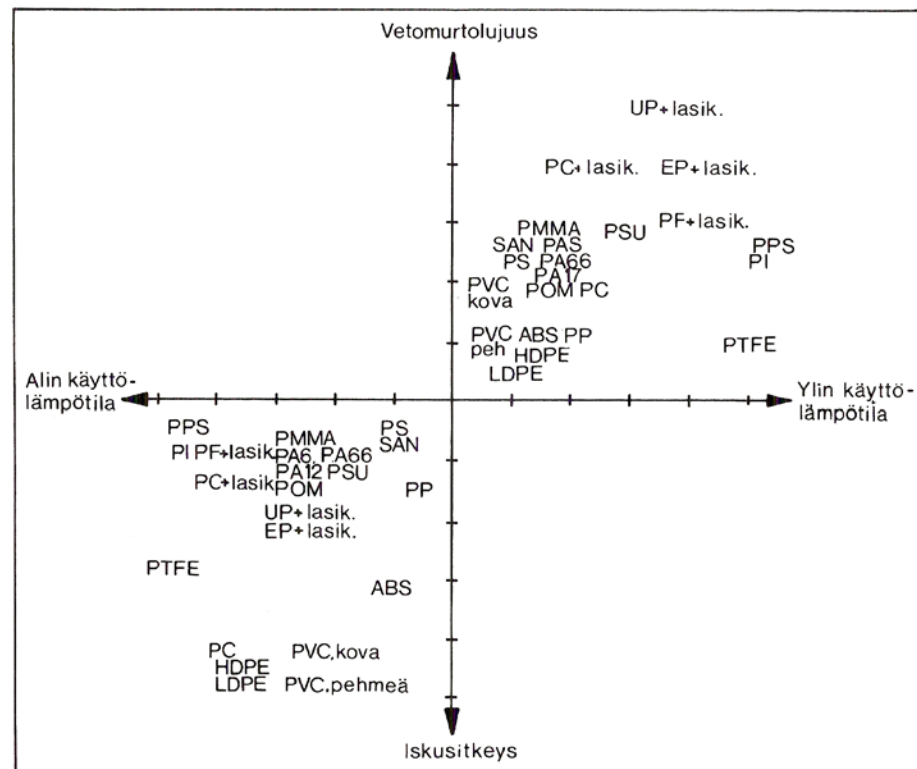
**Hiihdon MM-kisakelloja on rajoitettu erä, ainoastaan näistä liikkeistä:**



## 2.4 Konstruktivmuovien ominaisuuksia

# Muoveille tyypillisiä ominaisuuksia...

**Muovien mekaaniset ominaisuudet riippuvat huomattavasti käyttölämpötilasta. Lämpötilan noustessa muovien lujuus pienenee.**



# Muoveille tyypillisiä ominaisuuksia...

---

- ❑ Muovit viruvat jo huoneenlämpötilassa, ja virumisnopeus kasvaa lämpötilan noustessa. Lämpötilan laskiessa viruminen pienenee.
  - ❑ Koska muovit viruvat jo huoneenlämpötilassa, on jännityksen alaiset muoviosat mitoitettava aina virumislujuuden mukaan.
  - ❑ Muovien muodonpysyvyyslämpötila kuvaa muovin mekaanisten ominaisuuksien muuttumista lämpötilan kohotessa. Muodonpysyvyyslämpötila ei ole muovin korkein sallittu käyttölämpötila, vaan suure, jonka avulla voidaan vertailla muoveja keskenään.
  - ❑ Muodonpysyvyyslämpötila voidaan mitata standardikokeella, jossa koesauvaa rasitetaan vakiotaivutusjännityksellä ja samalla nostetaan hitaasti muovin lämpötilaa. Sitä lämpötilaa, missä sauvan taipuma on 0.25 mm, kutsutaan muodonpysyvyyslämpötilaksi.
-

# Muoveille tyypillisiä ominaisuuksia...

---

- Muovien väsymislujuus määritetään vaihtojännityksen arvona, jota materiaali kestää murtumatta  $10^7$  kuormanvaihtokertaa.
  - Kun muovikappale joutuu väsyttävän kuormituksen alaiseksi, sen lämpötila nousee. Lämpötilan nousu alentaa muovien väsymislujutta.
  - Väsymislujuus tulee vastaan tilanteissa, joissa koteloissa on painikkeita tai jousia, jotka on suunniteltu osaksi kotelorakennetta ja joita käytetään toistuvasti
-





## 2.5 Ruostumattomat teräkset

# Ruostumattomien terästen kemiallinen koostumus

Teräslaatu	%C	%Cr	%Ni	%Mo	Muut
Austeniittiset	0.02	17	<b>7</b>	<b>2</b>	Mn, Si,
	0.05	19	<b>26</b>	<b>5</b>	Nb, Ti
Ferriittiset	0.03	12			Mn, Si,
	0.08	18			Mo
Martensiittiset	<b>0.15</b>	12			Mn, Si,
	<b>0.7</b>	17	1		Mo
Duplex		18	<b>4</b>	3	N
	0.03	26	<b>8</b>	4.5	

# Ruostumattomien terästen lujuusominaisuudet

---

Teräslaatu	0.2-raja [MPa]	Murtolujuus [MPa]
Martensiittiset	500-800	650- <b>1300</b>
Austeniittiset	175-250	500-900
Duplex	550	800
Ferriittiset	300-500	400-700

---

# Ruostumattoman teräksen käyttöesimerkki:

---

Aito materiaali tuntuu hyvältä. Vielä paremmalta se tuntuu, kun sisällä on kamera, MMS ja synkronoitava kalenteri. Uusi Nokia 6170 – kuori ja sydän ruostumatonta terästä.  
[www.nokia.fi](http://www.nokia.fi)

**NOKIA**  
**6170**



# Muovi- vai metallikotelo

---

## Muovikotelo, kun

- Tarvitaan hyvää korroosion kesto
- Halutaan erityisen ohuita ja kevyitä rakenteita
- Halutaan hyvä sähkön ja lämmöneristys
- Haluataan välttää jälkikäsittelyjä (esim. maalaus)
- Halutaan vaimentaa värähtelyjä

## Metallikotelo, kun

- Esiintyy suuria ulkoisia rasituksia
  - Tarvitaan suurta jäykkyyttä ja lujuutta
  - Esiintyy korkeita lämpötiloja
-

# Vertailu

Materiaali	Suht. $R_m / \rho$	Suht. $E / \rho$	Suht $R_m \times E$	Suht. hinta	Suht. hinta/ $(R_m \times E)$
Mg	2.18	0.96	2.1	2	0.95
Ti	1.82	0.96	1.75	9-10	5.7
Al	0.45	1.04	0.47	1.1	2.3
Ruostumaton teräs	1	1	1	1	1
ABS	0.18	0.05	0.01	0.1	10
PC	0.45	0.07	0.03	0.1	3,3