

**a) Mitä tarkoitetaan kuormitusta kuvaavilla käsitteillä? (2p)**

**a. Pysyvä kuorma**

- i. vaikuttaa koko tarkastelujakson ajan. Suuruuden vaihtelu ajan suhteen on merkityksetöntä.

**b. Muuttuva kuorma**

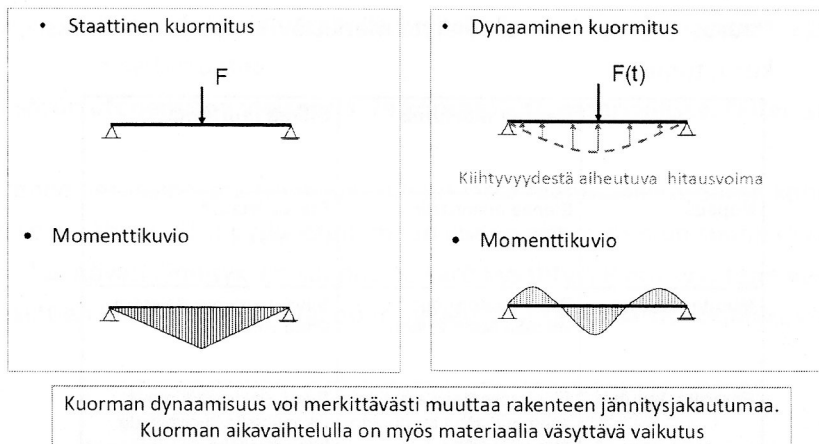
- i. Suuruuden vaihtelu ajan myötä ei ole merkityksetön

**c. onnettomuuskuorma**

- i. Mitoituksen kannalta merkittävä kuorma, esiintyminen epätodennäköistä rakenteen käyttöaikana (törmäyskuormat, tulipalo, räjähdykset, poikkeukselliset luonnonilmiöt)

**d. Dynaaminen kuorma**

- i. Aiheuttaa rakenteeseen kestävyyskannalta oleellisia kiihtyvyyssrasituksia esim. akselipyöritys, LVI-koneet



**b) Miten rakennukseen kohdistuvat vaaka- ja pystykuormat eroavat periaatteellisesti toisistaan selvittäessä rakennuksen kykyä siirtää kuormitukset maaperään? (1p)**

- a. Pystykuormien vienti perustuksille voidaan suorittaa tarkastelemalla yhtä tasokehää, kun taas vaakakuormien vienti edellyttää koko rakennejärjestelmän tarkastelua.

**c) Miksi rakenteiden rakenteiden suunnittelulla pyritään takaamaan sitkeä murtuminen? (2p)**

Koska sitkeä murtuma vaatii enemmän energiaa tapahtuakseen. kts. seuraava sivu.

**d) Mitä tarkoitetaan käsitteillä murtorajatila ja käyttörajatila? (1p)**

- a. Rajatila on tila, jonka ylittämisen jälkeen rakenne ei enää täytä kyseistä mitoituskriteeriä (= numeerinen ehto, jonka rakenteen on täytettävä)
- b. Murtorajatila on rakenteen sortumiseen tai kanto-kyvyn menetykseen liittyvä tila. Ihmisten turvallisuuteen ja rakenteiden varmuuteen liittyvät rajatilat.

- c. Käyttörajatila on tila, jonka ylittyttyä rakenteen käyttökelpoisuusvaatimukset eivät täyty. Rajatilat, jotka liittyvät rakenteen tai rakenneosien toimintaan normaalikäytössä, ihmisten mukavuuteen ja rakennuskohteen ulkonäköön.

a) Rakenteiden mitoituksessa tarkasteltavan rakenneosan kuorman kantokyky perustuu oletettuun teoreettiseen malliin. Miten seuraavien teoreettisten rakenneosien oletetaan kantavan kuormituksia

- sauva** (kantaa ainoastaan pituusakselinsa suuntaista kuormaa)
- palkki** (kantaa pituusakseliaan vastaan kohtisuoraa kuormitusta)
- laatta** (kantaa omaa tasoaan vastaan kohtisuorassa suunnassa vaikuttavaa kuormaa)
- kuori** (kantaa sekä omassa tasossaan vaikuttavaa että tasoa vastaan kohtisuoraa kuormitusta)

b) Miten tuulikuorma syntyy ja miten se vaikuttaa rakenteisiin?

- Tuulikuorma syntyy ilmavirtauksen ja rakenteen välisestä vuorovaikutuksesta. Rakennetta toimii virtauskentässä esteenä, joka aiheuttaa rakenteeseen kohdistuvan voimavaikutuksen.

c) Miten hauras ja sitkeä murtuminen eroavat toisistaan nopeuden, muodonmuutoksen ja energian kulutuksen suhteen?

- Hauras: murtuminen ei edellytä merkittäviä muodonmuutoksia, kuten vetosauvan kuroutumista.

	Hauras murtuma	Sitkeä murtuma
Nopeus	Etenee materiaalin äänennopeudella	Etenee hitaasti (0-1 m/s)
Muodonmuutos	Pieni, murtopinnat voidaan liittää yhteen	Suuri, murtopintoja ei voi liittää yhteen
Energian kulutus	Pieni, rakenteen elastinen energia riittävä murtuman etenemiseen	Suuri, energiaa tuotava ulkopuolelta kuormitusta kasvattamalla

b.

- Esimerkki hauraasta: lasi, esimerkki sitkeästä: teräkset

d) Mitä tarkoitetaan käsitteellä resonanssi dynaamisen kuorman yhteydessä?

- resonanssissa herätteen taajuus yhtyy rakenteen ominaistaajuuteen ja värähtelyn amplitudi kasvaa vaimentamattomassa värähtelyssä äärettömän suureksi. Resonanssitilanteita pyritään välttämään suunnittelussa.

a) Mitä kuormia ja rasituksia laitteet ja koneet tyypillisesti aiheuttavat niitä kannattaviin rakenteisiin?

- Laitteet ja koneet aiheuttavat laitekuormia ja ne voivat olla sekä staattisia, muuttuvia että dynaamisia (?). Niiden tyypillisiä piirteitä on suuri massa, jatkuva dynaaminen heräte (esim. iskutiheys mäntäkoneissa, akselin pyörimisnopeus), lämpötilan muutokset, nostureilla jarrukuorma, suuria kuormia laitteiden vikatilanteissa (esim. oikosulku)

b) Miten hissi ja porraskuiluja voidaan hyödyntää rakennuksen rungon jäykistyksessä?

- Kuilujäykistyksessä kaikki vaakakuormat siirretään perustukselle kuilujen kautta.

c) Mainitse vähintään neljä mitoituskriteeriä, jotka on tarkistettava mitoittaessa perusanturaa

- a. mitoitus pohjapaineelle (pinta-ala)
- b. mitoitus leikkausvoimalle
- c. mitoitus lävistykselle
- d. puristuskapasiteetti pystyrakenteen ja anturan liittymisalueella
- e. raudoituksen ankkurointi
- f. painumaerot
- g. kaatuminen ja liukuminen (ei usein mitoittava yksittäisille anturoille)

d) Mainitse kolme eri esijännitysmenetelmää, jolla rakenteisiin tai rakenneosien välisiin liitoksiin voidaan synnyttää esijännitys?

1. Terästankojen ja pulttien esikivistys vääntömomentilla (mutteria kiristettäessä ja sen liikkuessa kierteessä syntyy pulttiin tai tankoon vetojännitys)
2. Osien väliset puristusliitokset (teräs) (varmistetaan rakentaan toiminnallinen jäykkyys – turvallisuus varmistetaan usein pulttiliitoksella. Yhteen liitettävien osien keskinäinen puristus synnytetään osien välisellä lämpötilaerolla. Kiilapalojen käyttö)
3. Teräsvetonirakenteiden jännittäminen teräskaapeleilla (jälkijännitettyssä rakenteessa betonin ja jännityskaapelin välillä ei välttämättä ole tartuntaa. Ennen valua jännitettyillä kaapeleilla betonein ja jännityskaapeleiden välillä on aina tartuntaa.

e) Kuvaa lyhyesti särön etenemisen yleisperiaate komposiitti materiaalissa. Miten särö etenee puussa?

- a. Särö etenee perusaineessa usein kuten hauraassa materiaalissa. Särön kohdatessa sitkeän kuidun se pysähtyy. Särö pyrkii etenemään kuitua pitkin. Kuidun suunnan poiketessa särön kasvua ylläpitävän jännityksen suunnasta särö pysähtyy. Puun syyt toimivat kuten komposiittien kuidut. Kuitujen tai puun syiden suuntaiset säröt etenevät kuitenkin helposti.

a) Mikä on osavarmuuskerroin menetelmän perusyhtälö, tavoite ja edut?

a.

### Osavarmuuslukumenetelmä

1

(partial factor method)

• Perusyhtälö:

$$\sum_i \frac{1}{\gamma_{mi}} X_i = \sum_j \gamma_{fj} F_j$$

- $X_i$  on kapasiteettitekijä i
- $\gamma_{mi}$  on kapasiteettitekijän i osavarmuusluku
- $F_j$  on kuormitustekijä j
- $\gamma_{fj}$  on kuormituksen tai rasituksen osavarmuusluku

Menetelmän tavoitteena on kapasiteetin ja kuorman mediaaniarvojen riittävä erotus/ varmuusmarginaali

Parametrikohtaiset osavarmuusluvut eivät ole kovin herkkiä parametrien yksittäisille muutoksille ja lisäksi mitoitusyhtälössä yksittäisen parametrin tilastollisen vaihtelun painoarvo on pienempi kuin esim. kokonaisvarmuusluku-menetelmässä.

Samoja kertoimia voidaan soveltaa erilaisiin suunnittelu kohteisiin.

Osavarmuuskertoimista saadaan tapauskohtaisesti muut varmuutta kuvaavat suureet kuten kokonaisvarmuusluku.

### TAVOITE

Menetelmän tavoitteena on kapasiteetin ja kuorman mediaaniarvojen riittävä erotus/varmuusmarginaali.

### **Mitä tarkoitetaan pakkomuodonmuutoskuormilla?**

Rakenteen estetyt dimensionmuutokset synnyttävät rakenteeseen sisäisiä rasituksia. Lämpötilan ja kosteuden muutokset aiheuttavat. (supistuu kun lämpötila laskee, laajenee, kun nousee) turpoaminen jne..

### **Selosta palkkimaisen rakenteen toiminta ja palkkiteorian perusoletukset? Nimeä rakennuksen osa, jonka voidaan usein olettaa toimivan palkkiteorian mukaisesti?**

Palkki on rakenne, joka on ensisijaisesti kantaa kuormitusta kuormien suhteen kohtisuorassa suunnassa tapahtuvilla muodonmuutoksilla. Palkki on taivutettu rakenne, jonka muodonmuutokset syntyvät sen taipumasta.

Palkkiteoriassa koordinaatisto sijaitsee poikkileikkauksen painopisteessä, muodonmuutokset lausutaan palkin taipuman funktiona, muodonmuutosjakautuma poikkileikkauksen yli oletetaan lineaariseksi.

Palkkiteoriaa käytetään suunnittelussa usein taivutettujen rakenteiden dimensioiden alustavaan arviointiin ja tulosten suuruustarkasteluun.

esim. jännebetoninen kattopalkki. Kattoristikko tulee mitoittaa palkkiteorialla, jos kuormat ei kohdistu sen solmupisteisiin.

Palkkiteorialla voidaan laattarakenteista mitoittaa esim. yhteen suuntaan kantava laatta, laatan osana oleva palkki.

### **Mikä on ristikon ja palkin toiminnallinen ero kuormien kanssa?**

Ristikko kantaa kuormia sauvan aksiaalisilla muodonmuutoksilla. Ulkoisen kuormituksen on kohdistuttava ristikon solmupisteisiin. Ristikko on mitoittettava palkkina, jos kuroma kohdistuu ristikkosauvaan solmujen välillä.

### **Mitä tarkoitetaan maksimileikkausjännityshypoteesilla?**

Kappale murtuu suurimman leikkausjännityksen saavutettaessa kriittisen aron. Itseisarvoltaan suurin leikkausjännitys on puolet kahden pääjännityksen erotuksesta:

$$\tau = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

Yksidimensioisessa tapauksessa maksimileikkausjännityshypoteesi on mitoittettava, jos materiaalin leikkauskestävyys on  $< \sigma_y/2$

### **Miten tuulennopeuden v ja ilman tiheyden p avulla voidaan arvioida rakennukseen kohdistuvan tuulikuorman suuruutta?**

Lähtökohtana tuuleen liittyvän ilmavirtauksen nopeuspaine:

$$p = \frac{1}{2} * \rho v^2$$

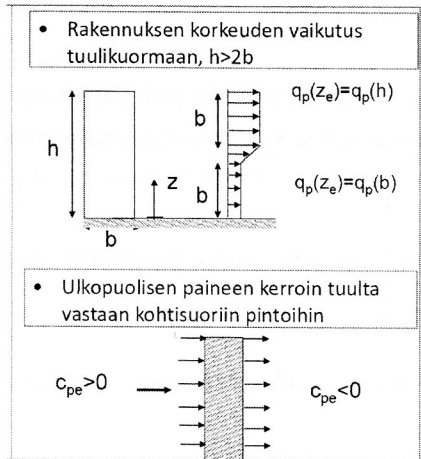
**Minkälaisen periaatteellisen kuormituksen oheiseen rakennukseen kohdistuva tuuli aiheuttaa seinä ja kattopinnoille? Miten katon kaltevuus voi vaikuttaa kuormituksen luonteeseen?**

-suora painevaikutus (sisä ja ulkopintoihin)

-työntövoima

-imupaine

Kaltevuus jakaa kuormitusta. Jos katto jyrkempi, talo on sillon myös korkeampi



**Mikä on rakenteen oman painon merkitys rakenteen luotettavuudelle?**

Oman paino suuri suhteellinen osuus kokonaiskuormituksesta on edullista rakenteen luotettavuuden kannalta. Oma paino pysyy samana, kuorman ominaisarvo saadaan kertomalla massa maan vetovoiman kiihtyvyydellä ( $m * g$ ). Pysyvä ja kiinteä, siten myös staattinen.

**Teräsbetonin murtomekanismit:**

Sitkeä vetomurto: vetoteräkset myötäävät ennen kuin betoni saavuttaa murtopuristuman

Puristusmurto: betoni murtuu ennen kuin vetoteräkset myötäävät

Tasapainomurto: vetoteräkset myötäävät samaan aikaan kun betoni saavuttaa murtopuristuman.

**Luettele 3 teräsrakenteelle tyypillistä piirrettä?**

Teräsrakenteille tyypillistä betoniin ja puuhun verrattuna korkea jännitukset.

Rakenteet ovat hoikkia ja omapaino pieni verrattuna hyötykuormaan.

Paljon yksityiskohtia – hitsit ja pulttiliitokset.

Stabiliusilmiöt tärkeitä (lommahdus, kiepahdus)

**Mitä tarkoitetaan jännitetetyillä teräsbetonirakenteilla?**

Jännityksellä kompensoidaan pysyvien kuormien vaikutusta. Jännityksellä rajoitetaan myös hauraiden materiaalien vetojännityksiä ja halkeilua sekä optimoidaan kustannuksia ja tilantarvetta. Teräsbetonirakenteet voidaan joko esi- tai jälkijännittää. Esijännitys tehdään ennen valua kaapeleilla ja silloin kaapeleiden ja betonin välillä on aina tartuntaa. Jälkijännityksessä eli valun jälkeen rakenteessa betonin ja jännityskaapelin välillä ei välttämättä ole tartuntaa.

**Mitä tarkoitetaan taivutetun teräsbetonipoikkileikkauksen tasapainoraidoituksella?**

**Mitä tarkoitetaan teräsbetonipoikkileikkauksen yliaidoituksella?**

Betoni murskautuu ennen kuin vedetyt teräkset saavuttavat myötäjännityksen.

**Mitä tarkoitetaan poikkileikkauksen sydänkuviolla? Miten sitä esimerkiksi voidaan hyödyntää rakennesuunnittelussa?**

Sydänkuvio on poikkileikkauksen alue, jossa vaikuttava puristava (t. vetävä) normaalivoima aiheuttaa poikkileikkauksessa vain puristus- (t veto-) jännitystilän. Sydänkuvion reunaviiva voidaan määrittää poikkipinnan reunapisteissä vaikuttavien voimanvaikutuspisteitä vastaavien neutraaliakselien avulla.

Puristavan voiman vaikuttaessa poikkileikkauksen sydänkuviossa, on koko poikkileikkaus puristettu. Vetoa kestävämmän poikkileikkauksen sydänkuvion ja kuormituksen epäkeskisyydestä nähdään onko poikkileikkaus kokonaan puristettu.

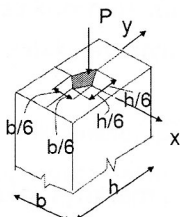
Poikkileikkauksen sydänkuvio

- Puristavan voiman vaikuttaessa poikkileikkauksen sydänkuviossa on koko poikkileikkaus puristettu

Sydänkuvion ja pääjäyhyyskoordinaatiston akselien leikkauspisteet

$$e_x = \frac{M_y}{P} = \frac{h}{6}$$
$$e_y = \frac{M_x}{P} = \frac{b}{6}$$

Suorakaidepoikkileikkauksen sydän



Ympyrän ja ympyrärenkaan sydän

$$e \leq r/4$$
$$e \leq r/4 \left( 1 + (r_1/r_2)^2 \right), r_1 < r_2$$

**Mitä hyötyä saavutetaan rakenteiden esijännittämisellä?**

Jännityksellä varmistetaan rakenteen suunniteltu toiminta: jännittämällä ankkuroinnit ja kiinnitykset saadaan varmuus niiden kapasiteetista ja toiminnasta. Jos kiinnityksiä ei esijännitetä, varmuus ankkurointikapasiteetista saadaan vasta ankkurien aktivoiduttua rakenteen muodonmuutoksista. Esijännitysteräksinä käytetään teräslaatuja, joilla on korkea murtolujuus ja joille ei voida määrittää selkeää myötälujuutta.

**Jälkijännituksen edut ja haitat**

+ pitkät jännevälit, vähemmän pilareita. Matala rakennekorkeus- matalampi kerroskorkeus. Hyvä tiiviys, halkeilemattomuus – käyttöiän hallinta . Parempi materiaalin käyttöaste. Terästen pysyvä jännitystaso nousee ja terästen jännitysvaihtelut vetoalueella muuttuvista kuormista pienevät -Suuremman alkukustannukset (esijännityslaitteet, ankkurointialueiden vahvennukset, monimutkaiset muotit). Korkealaatuiset- ja lujiset materiaalit (materiaalin hinta, valmistuksen laadunvalvonta). Jännitysvoiman pysyvyyden ja kaapelien ikääntymisen kontrollointi- rakenteen käyttöikämitoitus

**Mitä tarkoitetaan köyden ja puristetun holvikaaren välisellä analogialla?**

Holvikaarien teoreettinen perusta on köysikäyrä. Holvi on täysin puristettu, jos sen geometria on peilikuva vastaavan kuormituksen mukaisesta köysikäyrästä.

Köysi oletetaan joustavaksi ja venymättömäksi. Sen sisäiset voimat vaikuttavat tangentin suunnassa. Köyden tukipisteet ovat liikkumattomat. (ei lainkaan vetojännityksiä)

**Millä eri tavoin tuuli vaikuttaa rakenteisiin, mikä on tuulikuorman määrittämisen lähtökohta ja mitä tarkasteluja tuulikuorma edellyttää rakenteen varmuuden kannalta?**

- suora painevaikutus
- pinnan suuntainen virtaus
- työntävoima
- imupaine
- huojunta
- harmoninen värähtely

Lähtökohtana tuuleen liittyvän ilmavirtauksen nopeuspaine:

$$p = \frac{1}{2} \cdot \rho v^2$$

Suunnittelussa tarkasteltava koko rakenteen kaatumisvarmuus, yksittäisten rakenneosien kestävyys

**Suunnittelussa rakenteen toiminta yksinkertaistetaan valittavan teoreettisen (matemaattisen) mallin mukaiseksi. Nimeä yleisimmät teoreettiset mallit. Mihin mallin valinnalla otetaan kantaa?**

Rakennetta kuvaavia matemaattisia malleja	
<div>Teoria</div> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aksiaalisauva</li><li>• Palkkiteoria</li><li>• Levyteoria<ul style="list-style-type: none"><li>– Tasomuodonmuutostila</li><li>– Tasojännitystila</li></ul></li><li>• Laattateoria</li><li>• Kuoriteoria (kalvotila, taivutustila)</li></ul>	<div>Rakenne</div> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ristikko, pilari, palkki (akssiaalikuorma)</li><li>• Palkki, pilari, kehä (taivutus)</li><li>• Seinä, putki, levy</li><li>• Laatta (taivutus)</li><li>• Säiliöt, katot, ulkovaipat, paineastiat</li></ul>
Teorian valinnalla otetaan kantaa siihen, mitkä jännitys- ja muodonmuutoskomponentit ovat merkittäviä rakenteen kuormakantokyvyn kannalta	

**+ Hooken laki! = muodon muutoksen ja jännityksen lineaarinen riippuvuus.**

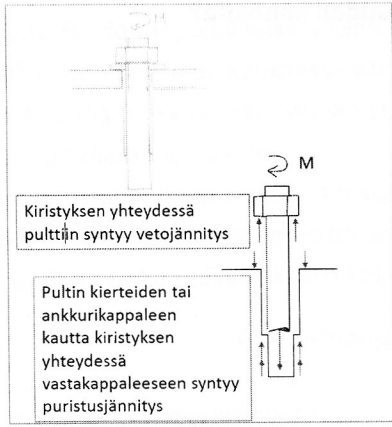
Teorian valinnalla otetaan kantaa siihen, mitkä jännitys- ja muodonmuutoskomponentit ovat merkittäviä rakenteen kuormakantokyvyn kannalta.

**Mitä tekijöitä on otettava huomioon suunniteltaessa peruspultin kiinnitystä ja kiristystä? Miten pulttien kiristys voidaan tehdä?**

Pulttia kiristettäessä se venyy ja siihen syntyy vetojännitys. Vetojännityksen suuruus riippuu ruuvien jäykkyydestä ja yhteen liitettävien kappaleiden kokoonpuristumasta.

Ruuvi tai pultti kiristetään :

- kiertämällä mutteria vääntömomentilla ruuvien suhteen
- venyttämällä ruuvia niin, että saavutetaan haluttu esikiristys.

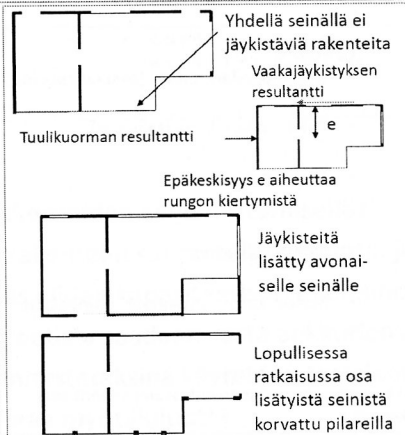


**Tenttitehtävään:**

9

### Jäykistyksen liityntä rakennuksen tilasuunnitteluun

- Rakennuksen kantavien ja jäykistävien rakenteiden sijoittelu ja tilasuunnittelu vaikuttavat toisiinsa (ikkunat, ovet, huoneistot, talotekniikka)
- Tarkoituksen mukaista olisi vaakakuormien jakautuminen jäykisteille mahdollisimman tasaisesti ja pienin muodonmuutoksien
- Jäykkyyden epätasainen jakautuminen aiheuttaa rungon kiertymistä ja mahdollisesti ainakin visuaalisia vaurioita runkoon kiinnitetyille rakenteille



### Lumikuorma

-oletetaan pystysuoraksi

-kuorma on staattinen, muuttuva ja kiinteä

-ominaisarvo rakennusalueelle määritelty lumikuorma maanpinnalla

-kuormien määrittely perustuu lumen luonnollisiin kasaantumismalleihin

### Anturan mitoitusperiaatteet

Antura pitää mitoittaa siten, ettei maaperän kantokyky ylitä. Myös kaatumisen, liukumisen ja kiertymisen varalle. Mitoitus pohjapaineelle, leikkausvoimalle (maapohjan paineesta johutva), lävistykselle,



taivutukselle, ankkuroinnille, puristusvoimalla (anturan ja pilarin väli), painumaerot, liukuminen ja kaatuminen.

### **Aluslaatan merkitys pultin kiinnituksessä**

- sijoitetaan mutterin/ruuvien kannan alle
- helpottaa kiristämistä
- pienentää alustaan kohdistuvaa painetta
- varmistaa kiinnipysymistä
- tiivistää liitosta
- suojaa eroosiolta