

LAATTAPALKKI

Palkki ja laatta toimivat yhdessä siten, että laatta toimii kenttämomentille palkin puristuspuolella ja vetoteräksiset sijaitsevat palkin alaosassa.

Laattapalkissa tukimomentin vaatima raudoitus sijaitsee laatan yläosassa ja palkin uuman alaosassa toimii puristuspuolella.

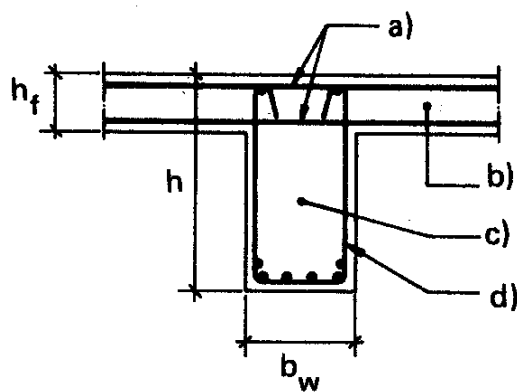
Laattapalkissa kokonaiskorkeus on palkin alareunasta laatan yläreunaan:

$$h = h_w + h_f$$

missä

h_w on laatan alapuolella olevan uuman korkeus

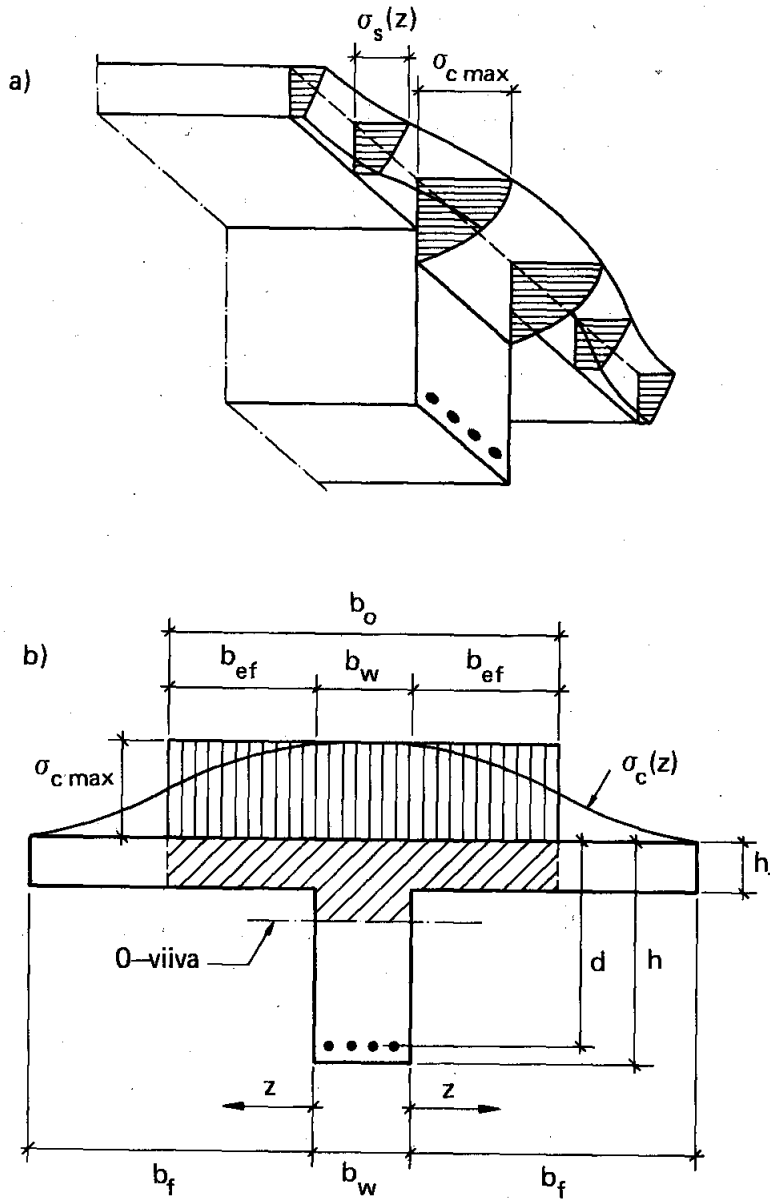
h_f on laatan paksuus



- a) poikittaisraudoitus
- b) puristuslaatta
- c) uuma
- d) haat

Palkkia kuormitettaessa laatta joutuu mukautumaan palkin muodonmuutoksiin siten, että lähellä uumaa olevat laayan osat saavat saman puristuman ja siten myös saman jännityksen kuin vastaavalla korkeudella olevat uuman osat.

Laatan puristuma ja jännitys pienenevät etäännyttäessä palkin uumasta.



Betonin puristusjännitysten jakaantuminen laattapalkkipoikkileikkauksessa: a) Periaatepiirros, b) puristuslaipan toimiva leveys b_{ef} ja vastaava puristuspuolen leveys b_o .

Laskelmissa oletetaan laatan toimivan palkin mukana ns. puristuslaipan toimivan leveyden b_{eff} matkalla, jossa puristusjännitys oletetaan olevan koko matkalla maksimijännityksen σ_{cmax} suuruiseksi siten, että puristusresultantti vastaa todellista tilanentta.

$$b_{eff} \cdot \sigma_{cmax} = \int_0^{b_{ef}} \sigma_c \cdot dx$$

Puristuslaipan toimiva leveys riippuu mm.

- poikkileikkauksen etäisyydestä tuelta
- kuormituksen laadusta (pistekuorma/ jakautunut kuorma)
- palkin hoikkuudesta L_0/h
- laatan paksuden ja korkeuden suhteesta h_f/h
- momentin 0-kohtien välisestä etäisyyden ja uuman leveyden suhteesta L_0/b_w

Toimiva leveys on suurimmillaan jännevälän keskialueella suurimman kenttämomentin kohdalla ja pienenee tuelle päin mentäessä.

Pistekuorman kohdalla toimivassa leveydessä kurouma (leveys pienempi)

Eurokoodin mukaan puristuslaipan toimiva leveys saadaan kaavasta (EC2 (5.7))

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

missä

$b_{\text{eff},i}$ on puristuslaipan leveys yhdellä puolen uumaa

$$b_{\text{eff},i} = 0,2 \cdot b_i + 0,2 \cdot L_0 \leq 0,2 \cdot L_0$$

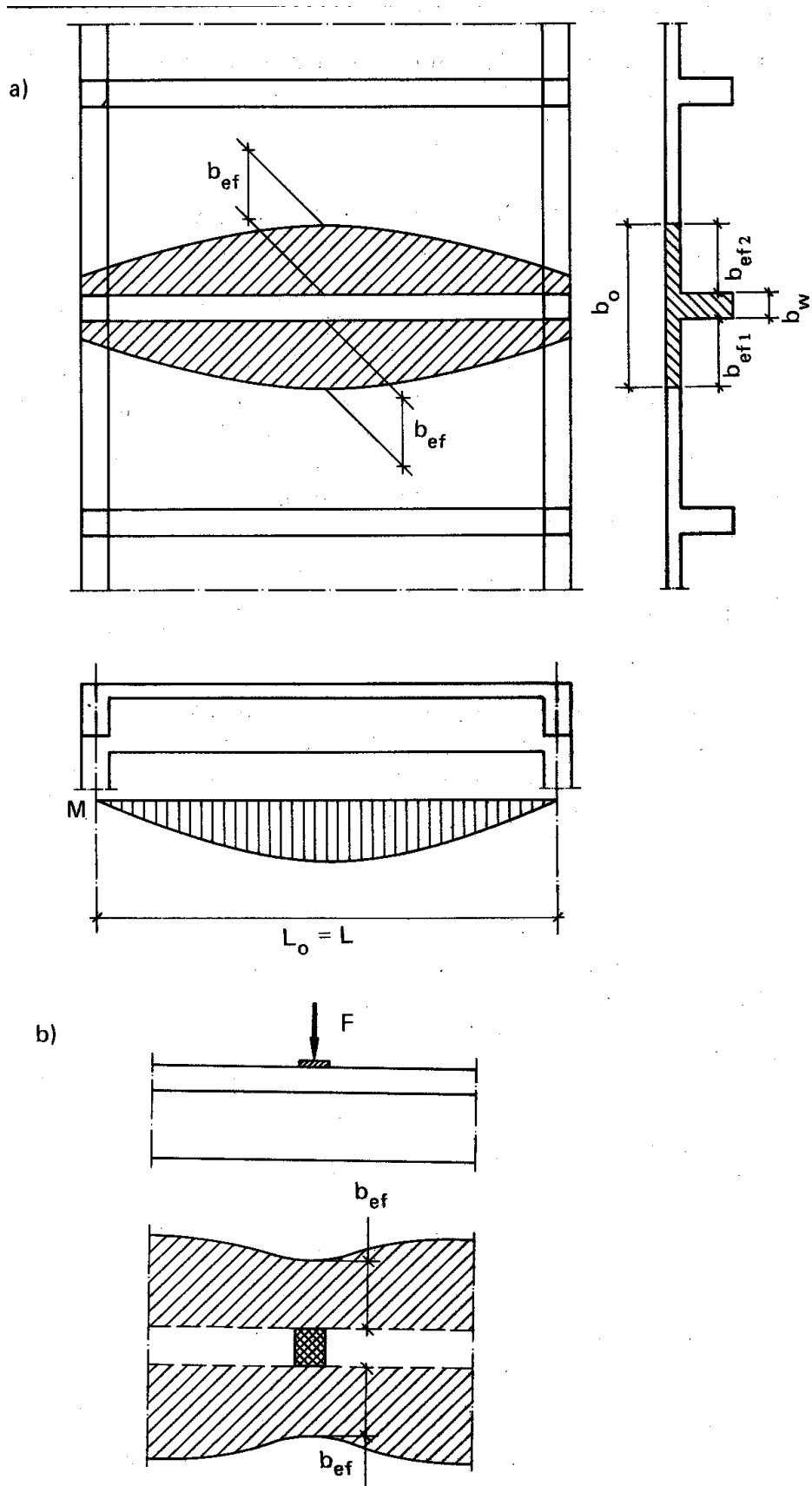
$$b_{\text{eff},i} \leq b_i$$

b_i (b_1 tai b_2) on puolet palkkien vpaasta välistä

L_0 on momenttien 0-kohtien välimatka

Momenttien 0-kohtien välimatkaksi voidaan olettaa:

- yksiaukkoisessa palkissa $L_0 = L$
- jatkuvan palkin reunakentässä $L_0 = 0,85 L$
- jatkuvan palkin keskikentässä $L_0 = 0,7 L$
- jatkuvan palkin välituella $L_0 = 0,15 \cdot (L_1 + L_2)$
- ulokkeella $L_0 = 0,15 \cdot L_2 + L_3$
 - L_2 on ulokkeen toisella puolella olevan kentänn pituus
 - L_3 on kentän pituus



3. Puristuslaipan toimivan leveyden jakaantuminen: a) tasaisella kuormalla ja b) piste-kuorman vaikuttaessa.

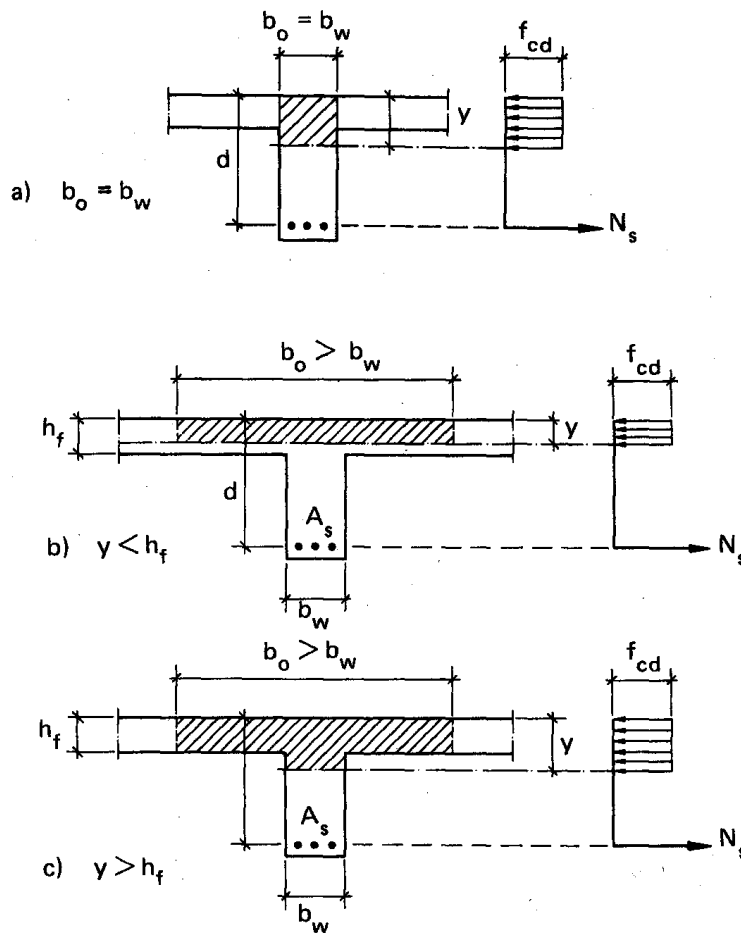
MITOITUS TAIVUTUKSELLE

Tunnetaan

- taivutusmomentti M_{Ed}
- palkin kokonaiskorkeus h
- laatan paksuus h_f
- uuman leveys b_w
- puristuslaipan tehollinen leveys b_{eff}
- betonin laskentalujuus puristukselle f_{cd}
- vetoterästen laskentalujuus f_{yd}

Määrittävä tarvittava vetoteräsmäärä A_s

POSITIIVINEN MOMENTTI; LAATTA PURISTETTU



5. Laattapalkkipoikkileikkauksen mitoitus tapaukset: a) Puristuslaippojen osuutta taivutusmomenttikapasiteettiin ei oteta huomioon ($b_0 = b_w$), b) tehollisen puristusvyöhykkeen korkeus pienempi kuin laatan paksuus, c) tehollisen puristusvyöhykkeen korkeus suurempi kuin laatan paksuus (T-muotoinen puristusvyöhyke).

Tarkistetaan ensin ulottuuko tehollisen puristuspinna laatan alapuoliseen uumaan laskemalla ensin suorakaidepalkkina, jonka leveys on b_{eff} :

- suhteellinen momentti $\mu = \frac{M_{\text{ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}}$

tehollinen korkeus d alapinnana vetoteräksistä laatan yläpintaan

- tehollisen puristuspinnan y suhteellinen korkeus $\frac{y}{d} = \beta = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu}$

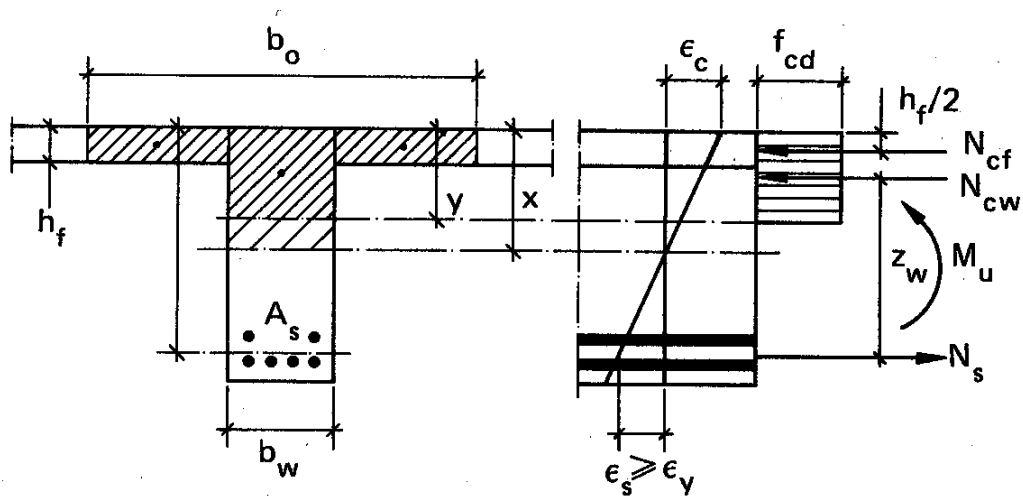
Jos $y \leq h_f$ puristuspinna ei ulotu laatan alapuoliseen uumaan:

- mekaaninen raudoitussaste $\omega = \beta$

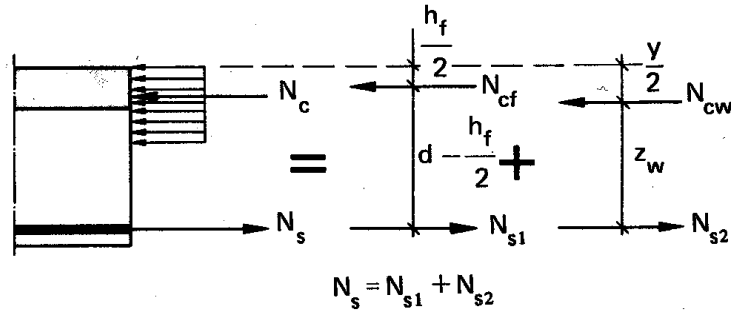
- momenttivarsi $z = d - y/2$

- vetoteräsmäärä $A_s = \omega \cdot \frac{f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot d$

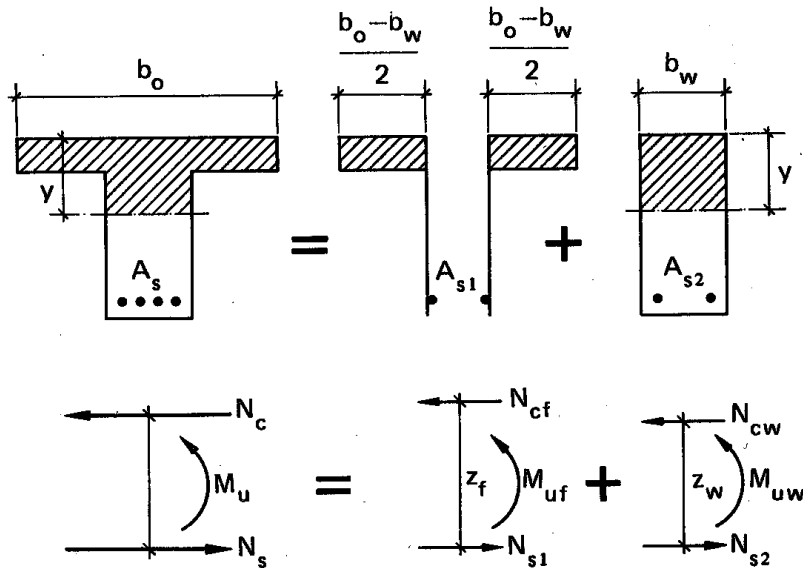
Jos $y > h_f$ tehollinen puristuspinna ulottuu laatan alapuoliseen uumaan:



a)



b)



. T-muotoisen poikkileikkauksen taivutusmomenttikapasiteetin muodostuminen kahden voimaparin momenttien summana.

Jaetaan puristusresultantti kahteen osaan:

- laatasta olevaan osaan $N_{cf} = (b_{eff} - b_w) \cdot h_f \cdot f_{cd}$

- uumassa olevaan osaan $N_{cw} = b_w \cdot y_w \cdot f_{cd}$

Molemmilla puristusresultanteilla on erisuuri momenttivarasi

- laatan puristusresultantti N_{cf} momenttivarasi $z_f = d - h_f/2$

- uuman puristusresultantin momenttivarasi $z_w = d - y_w/2$

Taivutuskestävyys

$$M_{Rd} = M_{Rdf} + M_{Rdw} = N_{cf} \cdot z_f + N_{cw} \cdot z_w$$

Laipan osuus M_{Rdf} taivutuskestävyydestä tunnetaan

Määritetään uuman osuus tarvittavasta taivutuskestävyydestä

$$M_{Rdw} = M_{Ed} - M_{Rdf}$$

$$\text{Uuman osuutta vastaava uhteellinen momentti } \mu_w = \frac{M_{Rdw}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\text{Tehollisen puristuspuinnan korkeus } \frac{y_w}{d} = \beta_w = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_w}$$

$$\text{Tarvittava vetorausdoitus } A_s = \frac{M_{Rdf}}{\left(d - \frac{y_f}{2}\right) \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Rdw}}{\left(d - \frac{y_w}{2}\right) \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed} - N_{cf} \cdot (z_f - z_w)}{z_w \cdot f_{yd}}$$

NEGATIIVINEN MOMENTTI; LAATTA VEDETTY

Uuman alaosa puristettu, puristuspuinnan leveys b_w
Vetoteräksät lähellä laatan yläpuintaa

- suhteellinen momentti $\mu = \frac{M_{ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$

tehollinen korkeus d alapuinnana vetoteräksistä laatan yläpuintaan

- tehollisen puristuspuinnan y suhteellinen korkeus $\frac{y}{d} = \beta = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu}$

- mekaaninen raudoitusaste $\omega = \beta$

- momenttivarsi $z = d - y/2$

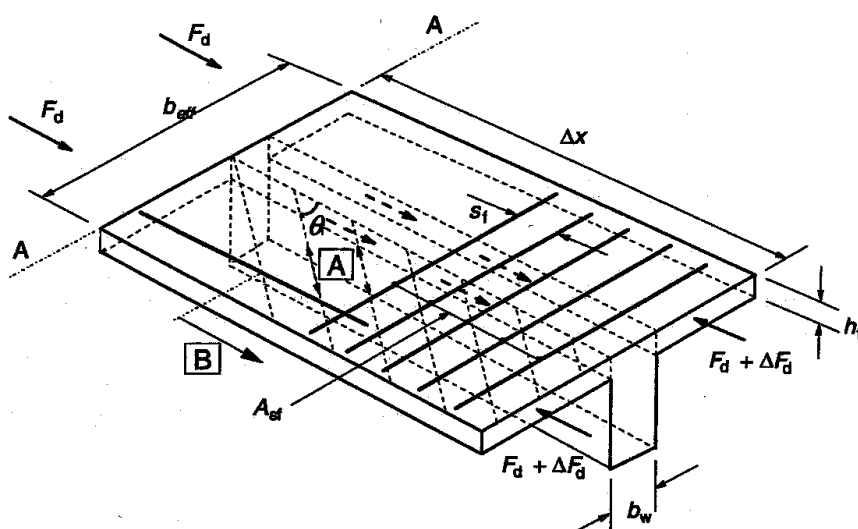
- vetoteräsmäärä $A_s = \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d$

LAIPAN LEIKKAUTUMINEN

Jotta laatta toimii osana palkin puristus pintaa, on sen pysyttävä kiinni uumassa rakenteen murtoon saakka.

Laipan irtileikkautumista estetään mitoittamalla laatta palkin suuntaiselle leikkausvuolle ja tarvittaessa käytetään laatussa poikittasraudoitusta (laipan leikkausraudoitus)

Osa puristusresultantista sijaitsee laatussa ja vastaava tasapainottava vetovoima uuman alapinnassa. Laatussa yhdellä puolella uumaa oleva puristusresultantin osa ja sitä vastaava raudoituksen vetovoima eivät sijaitse poikkisuunnassa samalla linjalla, jolloin resultantin muutoksesta pituusyksikköä kohden aiheutuu laattaa palkin suuntaista leikkausrasitusta.



A – puristussauvat **B** – pitkittäistanko ankuroituna tämän projisoidun pisteen yli (ks. kohtaa 6.2.4 (7))

Kuva 6.7 Laipan ja uuman välinen pituusleikkaus

Pituussuuntainen leikkausjännitys yhdellä puolen uumaa laipan ja uuman välisessä leikkauksessa on

$$v_{Ed} = \frac{\Delta F_d}{\Delta x \cdot h_f}$$

missä ΔF_d laipassa yhdellä puolen uumaa olevan puristusresultantin muutos momentin muutoksesta pituusyksikköä Δx kohden

Laipan puristusresultantti yhdellä puolella uumaa on $N_{cf} = \frac{M_{Rdf}}{z_f} = k_f \cdot \frac{M_{Ed}}{z}$

$$k_f = \frac{N_{cf1}}{N_{cf1} + N_{cf2} + N_{cw}}$$

missä N_{cf1} ja N_{cf2} ovat laipassa yhdellä puolella uumaa oleva betonin puristusresultantti
 N_{cw} on uuman puristusresultantti

Matkan Δx päässä momentti on $M_{Ed} + \Delta M$, joten laipan puristusresultantti on

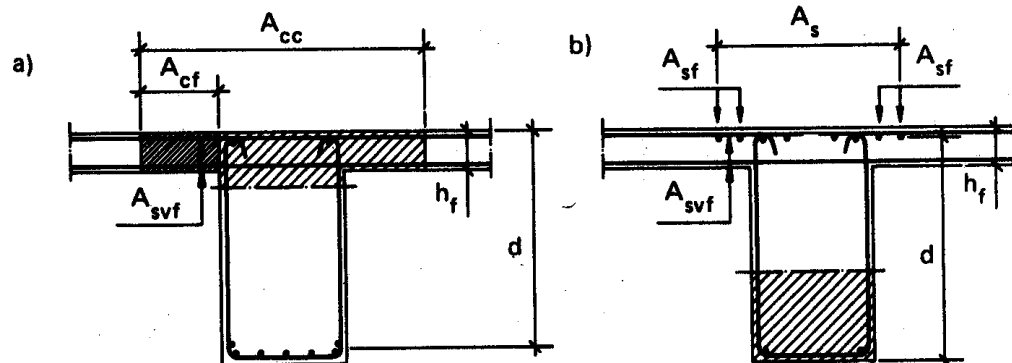
$$N_{cf} + \Delta F_d = k_f \cdot \frac{M_{Ed} + \Delta M}{z}$$

$$\Delta F_d = \frac{\Delta M}{z}$$

Kun Δx on riittävän pieni $\Rightarrow \Delta x \rightarrow dx$ ja $\Delta M \rightarrow dM$, saadaan leikkausjännitykseksi

$$v_{Ed} = \frac{\Delta M}{z \cdot \Delta x \cdot h_f} \rightarrow \frac{dM}{z \cdot dx \cdot h_f} = \frac{V_{Ed}}{z \cdot h_f}$$

missä V_{Ed} on palkin pysyysuuntainen leikkausvoima tarkastelukohdassa



Kuva 7.38. Laipan osuus a) puristusvyöhykkeestä, b) vetorausoituksesta.

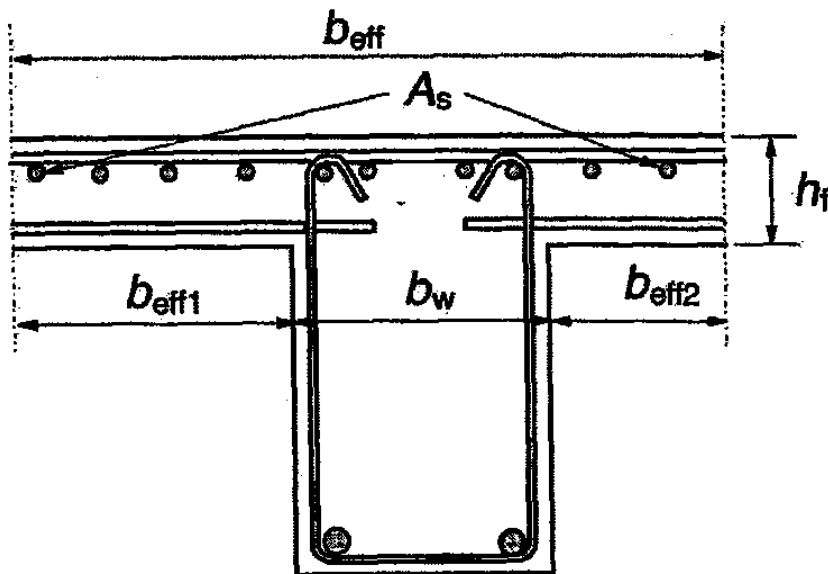
Negatiiviselle momentille laskettu yläpinnan raudoituksesta osa suositellaan sijoitettavaksi laatan yläpintaan ja vain osa uuman kohdalle.

Laatan yläpinnassa on uuman lähellä lähes yhtä suuri venymä ja vetorasitus kuin uuman kohdalla. Laatan yläpinnan veto pienenee etäännyttäessä uumasta.

Tästä syystä suositellaan, että osa laattapalkin yläpinnan raudoituksesta sijoitetaan laataan, siten että kokonaisraudoitus on jaettu leveydelle, joka vastaa palkin tehollista korkeutta.

Toinen syy yläpinnan raudoituksen jakamiseen on se, että vältetään betonin tiivistämistä haittaavaa teräsumaa uuman kohdalla ja uumaan saadaan jätettyä vähintään 100...150 mm leveä tärytysväli.

Huom! Laatassa olevan teräksen halkaisija ei saisi olla suurempi kuin $h_f/10$



Vastaavasti kuin puristetun laipan tapauksessa myös vedetyssä laipassa laipan uuman resultantit eivät ole samassa linjassa, jonka vuoksi laipan ja uuman väliseen leikkaukseen syntyy palkin suuntaista leikkausrasitusta. Osa vetoraidoituksen voimasta sijaitsee laipassa ja sitä vastaava puristusresultantti eri linjassa uumassa.

Laipan leikkausraudoitus vedetyssä laipassa lasketaan kuten puristetussa laipassa; resultantin muutos ΔF_d on laipassa yhdellä puolen uumaa olevan raudoituksen vetovoiman muutos pituusyksikköä kohden. Kerroin k_f

$$k_f = \frac{A_{sf1}}{A_s}$$

missä A_{sf1} on vetoteräsmäärä laipassa yhdellä puolen uumaa
 A_s on koko yläpinnan vetoteräsmäärä

Eurokoodin mukaan Δx :n maksimiarvona voidaan käyttää $\Delta x \leq 0,5 L_0$

Poikittaisraudoitus pituusyksikköä kohden (laatan ylä- ja alapinnan korkeudella oleva raudoitus yhteensä) saadaan kaavasta

$$\frac{A_{sf}}{s_f} = \frac{v_{Ed} \cdot h_f}{\cot \theta_f \cdot f_{yd}}$$

Laipan vinon puristumurron estämiseksi on oltava

$$v_{Ed} \leq v \cdot f_{cd} \cdot \sin \theta_f \cdot \cos \theta_f$$

Puristusdiagonaalin kaltevuuskulma valitaan siten, että puristetun laipan tapauksessa $1 \leq \cot \theta_\phi \leq 2,0$
vedetyn laipan tapauksessa $1 \leq \cot \theta_\phi \leq 1,25$

Laatassa palkin kohdalla on yleensä tukimomenttia vastaava palkkiin nähden poikittainen raudoitus, joka voidaan ottaa laipan leikkausraudoituksena huomioon seuraavasti:

$$\frac{A_{sf}}{s} \geq \begin{cases} \frac{v_{Ed} \cdot h_f}{\cot\theta_f \cdot f_{yd}} \\ 0,5 \cdot \frac{v_{Ed} \cdot h_f}{\cot\theta_f \cdot f_{yd}} + A_{st} \end{cases}$$

missä A_{st} on tarvittava laatan yläpinnan raudoitus tukimomentille

Laatan alapinnan raudoitus voidaan ottaa kokonaan huomioon.

Lapipan leikkausraudoituksen vähimmäisraudoituksena on sama suhteellinen teräsmäärä laipan pystyleikkauspinta-alaan nähden ($h_f \cdot s_f$) kuin uumassa.

$$\frac{A_{sf,min}}{s_f} = \frac{(0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}})}{f_{yk}} \cdot h_f$$