



1. Kuvan magnesiumipalaa puristetaan jännityskentillä  $\sigma_y$  ja  $\sigma_z$ , missä  $\sigma_y = 180 \text{ MPa}$ . Määritä  $\sigma_z$  vaatimalla, että palan korkeus ei muutu. Määritä myös vastaava palan yläpinnan ABCD pinta-alan muutos. Magnesiumin kimmomoduuli  $E = 50 \text{ GPa}$  ja Poissonin vakio  $\nu = \frac{1}{3}$ .

2. Laske tuntemattomat venymät, liukumät ja jännitykset ortotrooppisen hiilikuidusta ja polymerista valmistetun komposiittimateriaalin pisteessä, jossa on annettu  $\sigma_1 = 30 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_3 = 15 \text{ MPa}$ ,  $\varepsilon_3 = 2500 \mu$  ja  $\tau_{12} = \tau_{23} = \tau_{13} = 0$ . Materiaalivakiot ovat  $E_1 = 155 \text{ GPa}$ ,  $E_2 = E_3 = 12,1 \text{ GPa}$ ,  $\nu_{12} = \nu_{13} = 0,248$ ,  $\nu_{23} = 0,458$ ,  $G_{12} = G_{13} = 4,4 \text{ GPa}$  ja  $G_{23} = 3,2 \text{ GPa}$ .

### KAAVOJA

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]$$

$$\sigma_x = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\varepsilon_x + \nu(\varepsilon_y + \varepsilon_z)]$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)]$$

$$\sigma_y = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\varepsilon_y + \nu(\varepsilon_x + \varepsilon_z)]$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\varepsilon_z + \nu(\varepsilon_x + \varepsilon_y)]$$

$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} \tau_{xy} \quad \gamma_{yz} = \frac{1}{G} \tau_{yz} \quad \gamma_{zx} = \frac{1}{G} \tau_{zx} \quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy} \quad \tau_{yz} = G\gamma_{yz} \quad \tau_{zx} = G\gamma_{zx}$$

$$e = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z \quad K = -\frac{P}{e} = \frac{E}{3(1-2\nu)} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \gamma_{12} \\ \gamma_{23} \\ \gamma_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & -\frac{\nu_{21}}{E_2} & -\frac{\nu_{31}}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{12}}{E_1} & \frac{1}{E_2} & -\frac{\nu_{32}}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{13}}{E_1} & -\frac{\nu_{23}}{E_2} & \frac{1}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{12}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{23}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{13}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \tau_{12} \\ \tau_{23} \\ \tau_{13} \end{bmatrix}$$