

## TEHTÄVIEN RATKAISUT

- 14-1.** a) Energian käyttäminen tarkoittaa energian muuntamista tarvittavaan muotoon. Esimerkiksi bensiinin kemiallinen energia muunnetaan moottoripyörän liike-energiaksi.
- b) Primäärienergia tarkoittaa jalostamatonta energiaa siinä muodossa, jossa se on ennen energiantuotantoprosessia. Esimerkiksi kivihiilen kemiallinen energia on primäärienergiaa.
- c) Sekundäärienergia tarkoittaa tuotantoprosessissa tuotettua energiaa. Esimerkiksi bensiinissä oleva energia on sekundäärienergiaa.
- 14-2.** a) Väärin. Energian kulutus tarkoittaa energian muuntamista tarvittavaan muotoon.
- b) Väärin. Energian tuottamisessa energian määrä ei muutu. Energian tuottaminen tarkoittaa energian muuntamista yhteiskunnan ja kotitalouksien tarvitsemaan muotoon.
- c) Oikein.
- 14-3.** a) Generaattori tuottaa voimalaitoksessa sähköä.
- b) Lämpö- ja vesivoimalaitoksissa höyryn tai veden liike-energia muuntuu turbiinissa pyörimisen energiaksi. Turbiini on kytketty pyörittämään sähkögeneraattoria.
- c) Tuulivoimalaitoksessa tuulen liike-energia muuntuu roottorissa pyörimisen energiaksi. Roottori on kytketty pyörittämään sähkögeneraattoria.

**14-4. a)** Kivihiilivoimalaitos on lämpövoimalaitos, joka käyttää energianlähteenä hiiltä. Siinä korkeapaineisen höyryn avulla pyöritetään turbiinia, joka on liitetty sähköä tuottavaan generaattoriin. Vastapainevoimalaitoksissa osa höyryssä olevasta energiasta otetaan talteen paikallisessa kaukolämpöverkossa käytettäväksi. Energiaa voidaan siirtää myös höyrynä lähiympäristön teollisuuslaitosten käyttöön.

**b)** Lauhdevoimalaitoksessa paineesta hyödynnetään suurempi osa höyryturbiinin pyörittämiseen kuin vastapainevoimalaitoksessa. Näin lauhdevoimalaitoksen generaattorista saadaan suuri sähköteho. Lauhdevoimalaitoksen lauhdevesi poistuu hukkalämpönä vesistöön tai ilmaan. Lauhdevoimalaitos tuottaa vain sähköä.

**14-5. a)** Kivihiilivoimalaitoksen ja ydinvoimalaitoksen samankaltaisuuksia ovat seuraavat:

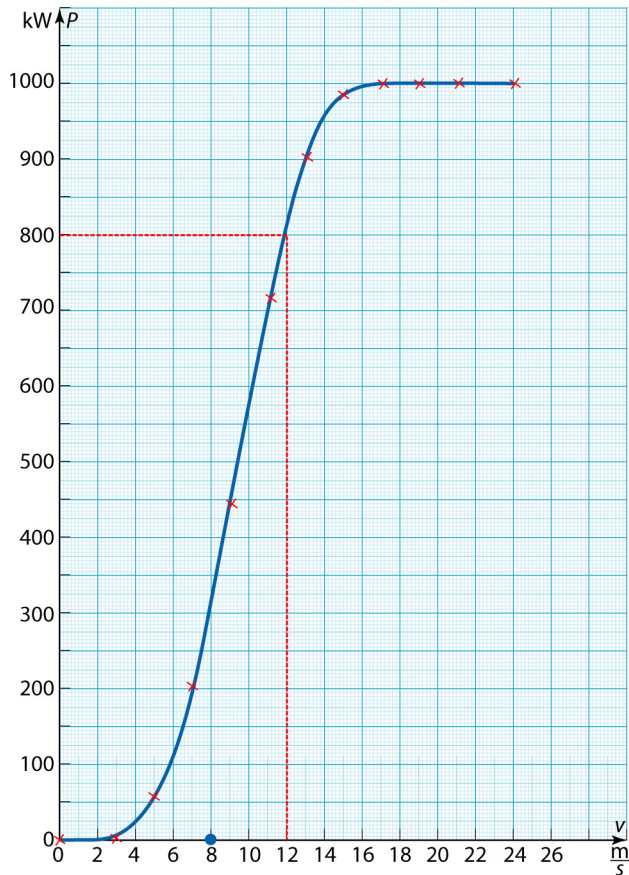
1. Molemmat voimalaitokset ovat lämpövoimalaitoksia.
2. Kummassakin voimalaitoksessa kuuma, korkeapaineinen höyry pyörittää turbiinia, joka on liitetty sähköä tuottavaan generaattoriin.
3. Ydinvoimalaitos on lauhdevoimalaitos, jossa turbiinin jälkeen vapautuvaa hukkaenergiaa ei hyödynnetä, vaan höyry haihdutetaan ilmaan tai se lauhdutetaan lauhdevedellä. Myös kivihiilivoimalaitos voi olla lauhdevoimalaitos.
4. Kumpikin voimalaitos käyttää uusiutumattomia energialähdettä.

**b)** Kivihiilivoimalaitoksen ja ydinvoimalaitoksen eroavaisuuksia ovat seuraavat:

1. Kivihiilivoimalaitoksen energiantuotanto perustuu polttoprosessiin, jossa polttoaineena on kivihiili. Ydinvoimalaitoksen energia on peräisin uraaniydinten halkeamisesta.
2. Kaikki ydinvoimalaitokset ovat lauhdevoimalaitoksia. Kivihiilivoimalaitokset voivat olla myös vastapainevoimalaitoksia.

3. Kivihiilivoimalaitos tuottaa päästöinä mm. hiilidioksidia ja rikkiyhdisteitä. Toimiva ydinvoimalaitos tuottaa päästöinä ilmakehään vain vesihöyryä. Ydinvoimalaitoksissa tapahtuneet onnettomuudet ovat vapauttaneet luontoon radioaktiivisia aineita.

14-6. a) Voimalaitoksen teho  $P$  riippuu tuulen nopeudesta  $v$  kuvaajan mukaisesti.



b) Kuvaajan mukaan tehoa  $P = 800$  kW vastaavaksi tuulen nopeudeksi saadaan  $v \approx 12$  m/s.

c) Voimalaitoksen keskimääräinen teho vuonna 2006 oli

$$P_k = \frac{E}{t} = \frac{2517 \text{ MWh}}{365 \cdot 24 \text{ h}} = 0,287329 \text{ MW} \approx 290 \text{ kW}.$$

**14-7.** Taulukko on otsikoitu ”Energian kokonaiskulutus energialähteittäin”, joka samalla kuvaa likimain energian kokonaistuotantoa. Tuontisähkön osuus on vain 5 % kokonaiskulutuksesta.

a) Öljyn käyttö on vähentynyt 3 %, hiilen 11 % ja maakaasun 14 %.

Muutokset ovat merkittäviä kokonaiskulutuksen kannalta. Öljy, hiili ja maakaasu ovat fossiilisia polttoaineita ja merkittäviä energialähteitä Suomessa. Uusiutuvien energialähteiden osuus kulutuksessa ei kuitenkaan ole kasvanut läheskään yhtä suuressa määrin.

Vesivoimalaitosten osuus energian kokonaiskulutuksesta on vain 4 % ja kasvu samoin 4 %. Fossiilisia polttoaineita on korvattu lisäämällä sähkön tuontia sekä turpeen ja muiden energialähteiden käyttöä energian tuotannossa.

b) Tuulienergian kasvu (44 %) on voimakasta, mutta sen osuus koko energiankulutuksesta on vain 0,3 % (laskettu taulukon arvoista).

Tuulienergian osuus on edelleen vuonna 2014 kokonaiskulutuksen kannalta hyvin vähäinen.

**14-8.**  $P = 1400 \cdot 10^6 \text{ W}$ ,  $t = 1 \text{ d} = 86\,400 \text{ s}$ .

Uraanin tuottama energia vuorokaudessa on

$$Q = Pt = 1400 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot 86\,400 \text{ s} = 1,2096 \cdot 10^{14} \text{ J}.$$

Uraanin massa pienenee yhtälön  $E = \Delta mc^2$  mukaisesti, kun  $E = Q$  ja  $c$  valonnopeus.

Energiaksi muuttuva massa vuorokaudessa on

$$\Delta m = \frac{Q}{c^2} = \frac{1,2096 \cdot 10^{14} \text{ J}}{(2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2} \approx 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 1,3 \text{ g}.$$

**14-9.**  $\eta = 0,84$ ,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $h = 32,4 \text{ m}$ ,  $P_{\text{tuotto}} = 120 \text{ MW}$ ,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Ratkaistaan tuottotehoyhtälöstä  $P_{\text{tuotto}} = \eta \frac{\rho V g h}{t}$  virtaama  $\frac{V}{t}$  eli

$$\frac{V}{t} = \frac{P_{\text{tuotto}}}{\eta \rho g h} = \frac{120 \cdot 10^6 \text{ W}}{0,84 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 32,4 \text{ m}} \approx 450 \text{ m}^3/\text{s}.$$

**14-10.**  $\eta = 0,32$ ,  $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$ ,  $r = 30,0 \text{ m}$ ,  $P_{\text{tuotto}} = 53 \text{ kW}$ .

Ratkaistaan tuulivoimalaitoksen tuottoteho yhtälöstä

$$P_{\text{tuotto}} = \eta \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3 \text{ tuulen nopeus:}$$

$$P_{\text{tuotto}} = \eta \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3$$

$$v^3 = \frac{P_{\text{tuotto}}}{\eta \frac{1}{2} \rho \pi r^2}$$

$$v = \sqrt[3]{\frac{P_{\text{tuotto}}}{\eta \frac{1}{2} \rho \pi r^2}} = \sqrt[3]{\frac{53 \cdot 10^3 \text{ W}}{0,32 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,29 \text{ kg/m}^3 \cdot \pi \cdot (30,0 \text{ m})^2}} \approx 4,5 \text{ m/s}.$$