

Luku 5: Uusia energiantuotantomuotoja tarvitaan nopeasti käyttöön

Tehtävien ratkaisut

Tehtävät 1–4 ovat automaattisesti tarkistettavia tehtäviä ja ne ovat digikirjassa.

5-1.

Täydennä.

Uusilla energiantuotantomuodoilla pyritään ***korvaamaan*** entistä suurempi osa ***fossiilisten*** ja ydinpolttoaineiden tuottamasta ***energiasta***. Tavoitteena ovat energiantuotantotavat, joiden kasvihuonekaasupäästöt ovat fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna ***pieniä***, tai päästöjä ei ole energian ***tuotantovaiheessa*** lainkaan. ***Fuusiolla*** tarkoitetaan ydinreaktiota, jossa kaksi kevyttä ydintä liittyy toisiinsa ja muodostaa raskaamman ytimen. SMR- eli pieniä ***modulaarisia*** ydinreaktoreita voidaan käyttää ***sähkön***- ja lämmöntuotantoon.

5-2.

Oikein/väärin väittämät

1. Aurinkopaneelien kennot tuottavat sähköä. ***Kyllä//Ei***
2. Biomassa on syntynyt kasvien yhteyttämisen tuloksena. ***Kyllä//Ei***
3. Palamisessa vapautuva energia on fysikaalista energiaa. ***Kyllä//Ei***
 Kommentti: Palamisessa vapautuva energia on kemiallista energiaa.
4. Viemäreissä virtaavista jätevesistä ja kaatopaikoilla olevista jätteistä voidaan tuottaa biopolttoaineita. ***Kyllä//Ei***
5. Geoterminen energia on peräisin maaperän radioaktiivisuudesta. ***Kyllä//Ei***
6. Aurinkolämpövoimalaitoksissa kuuma vesihöyry pyörittää turbiineja, jotka on yhdistetty sähköä tuottaviin generaattoreihin. ***Kyllä//Ei***
7. Vety voidaan ottaa suoraan ilmakehästä moottoreiden polttoaineeksi. ***Kyllä//Ei***
8. Biojätteistä voidaan tehdä liikennevälineisiin sopivia polttoaineita. ***Kyllä//Ei***
9. Geotermisen lämmön talteenotto vaatii usein syvien reikien poraamista maahan. ***Kyllä//Ei***
10. Fuusiovoimalaitoksissa syntyy saman verran käytön aikaisia hiilidioksidipäästöjä kuin kivihiihivoimalaitoksessa. ***Kyllä//Ei***

Kommentti: Fuusiovoimalaitoksesta ei synny käytön aikana hiilidioksidipäästöjä.

5-3.

Monivalintatehtävä

- a) Energiaa voidaan tuottaa
 - **veden potentiaalienergiasta**
 - sähköstä
 - **veden ja ilman liike-energiasta**
 - hiilestä
 - **viemäreissä virtaavista jätevesistä**
 - uraanista
 - **kaatopaikkojen jätteistä.**
- b) Auringon säteilyenergiaa hyödynnetään
 - **lämmöntuotannossa**
 - **sähköntuotannossa.**
- c) Seuraavista energialähteistä Auringon energiaan perustuvat
 - **turve**
 - geoterminen energia
 - **vesi**
 - **maalämpö.**

Luku 5: Uusia energiantuotantomuotoja tarvitaan nopeasti käyttöön

- d) Uusiutuvia energiavaroja ovat
- **vesi**
 - **jätemuovi**
 - **uraani**
 - **paju**
 - **viljan korret.**
- e) Lämpöä voidaan ottaa energiaksi
- **vedestä**
 - **ilmasta**
 - **viemäreistä**
 - **maasta.**
- f) Uusiutuvaa bioenergiaa voidaan tuottaa
- **metsien hakkuujätteestä**
 - **maatalouden peltojätteistä**
 - **viemäreistä**
 - **muovista.**

5-4.

Yhdistä.	
aurinkokeräin	lämmöntuotanto
aurinkopaneeli	sähköntuotanto
geoterminen energia	radioaktiivisuus
uusiutuva energia	bioenergia
vety	polttokenno
ilmanvaihto	lämmön talteenotto

5-5.

- a) Aurinkokennossa Auringon säteily muunnetaan suoraan sähköksi. Sähkön avulla voidaan käyttää erilaisia laitteita tai sähkö voidaan varastoida akkuihin myöhempää käyttöä varten.
- b) Aurinkopaneelien tuottama sähkö riippuu mm. vuorokaudenajasta ja pilvisyydestä. Akkuihin varastoidaan se energia sähkönä, joka jää yli sähkön tuotantohuipun aikana. Kun paneeleiden (tai tuulivoimalaitoksen) antama teho on pienempi kuin käyttöteho, tarvittava lisäenergia voidaan ottaa akuista.
- c) Aurinkokeräimissä kiertää neste, jonka Auringon säteily kuumentaa. Kuumenneen nesteen avulla voidaan lämmittää haluttuja kohteita tai lämpö voidaan siirtää varastoon, esimerkiksi vesisäiliöön. Aurinkokeräimien avulla voidaan tuottaa myös sähköä.
- d) Jos keräimen energia korvataan sähköllä, sen arvo on $200 \text{ kWh} \cdot 0,15 \text{ €/kWh} = 30 \text{ €}$.

5-6.

- a) Biomassalla tarkoitetaan kasvien yhteyttämisen tuloksena syntyvää eloperäistä ainesta. Esimerkiksi puu on biomassan lähde. Bioenergialla tarkoitetaan biomassasta saatavaa energiaa.
- b) Maalämpö on pääosin maaperän pintakerrokseen sitoutunutta Auringon energiaa. Geoterminen energia on peräisin maan sisällä tapahtuvista radioaktiivisista hajoamisista.

5-7.

- a) Voimalaitoksen polttoaineena on metsähake, kuori, puru tai turve.
- b) Polttoaineen joukossa mahdollisesti oleva rautametalli poistetaan voimalaitoksessa hihnalla olevien magneettien avulla.
- c) Polttoaine kulkee voimalaitoksen hihnalla ns. ruuvisyöttimien kautta ja niiden pyörimisnopeutta säätämällä säädetään polttoaineen syöttötehoa kattilan tulipesään.
- d) Voimalaitos on yhteistuotantovoimalaitos, koska sen sähköteho on 12 MW ja kaukolämpö- sekä prosessihöyryteho 55 MW.

Luku 5: Uusia energiantuotantomuotoja tarvitaan nopeasti käyttöön

5-8.

- Voimalan polttoaineena on Uudeltamaalta toimitettu sekajäte.
- Yhdyskuntajäte sisältää esimerkiksi eloperäistä jätettä, joka on uusiutuvaa energiaa. Jätteen joukossa on myös muovia, jonka alkuperä on fossiilinen ja siten uusiutumaton.
- Yhteistuotantovoimalaitos tuottaa sekä lämpöä että sähköä.
- Arkipäivisin voimalaan tuodaan noin 140 jätetuormaa, vuosittain voimalassa poltetaan jätettä noin 360 000 tonnia eli noin 144 milj. roskapussia.
- Jätteen energiasisällöstä saadaan hyödynnettyä noin 95 %.
- Voimalassa jätettä poltetaan noin 1000 asteen lämpötilassa.
- Voimalan vuosituotolla voisi sähköistää 30 000 omakotitaloa ja lämmittää kaukolämmöllä 6500 pienkerrostaloa.
- Jätevoimalan käyttö vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja niistä syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi jätevoimalaitoksen savukaasut puhdistetaan ja tuotantoprosessista syntyvä jäte uusiokäytetään.

5-9.

- Geoterminen energia syntyy maan sisuksissa tapahtuvien radioaktiivisten aineiden hajoamisen seurauksena.
- Reiän pitää olla riittävän syvä, jotta kallioperän lämpötila on riittävän korkea veden lämmittämiseen haluttuun lämpötilaan. Monissa voimalaitoksissa reikien syvyydet ovat useita kilometrejä.
- Reikään johdettu vesi aiheuttaa pieniä maanjäristyksiä, joiden avulla voidaan seurata veden kulkeutumista maakerroksissa ja päätellä, mihin toinen reikä porataan.
- Kun laitos on toiminnassa, toiseen reikään johdetaan kylmää vettä, joka maakuoreessa lämmitettyään kohoaa toisesta reiästä maanpinnalle. Lämmenneeseen veteen sitoutunut lämpö otetaan talteen lämmönsiirtimillä ja johdetaan kaukolämpöverkkoon. Jäähtynyt vesi palautuu takaisin maankuoreen lämmitäkseen uudelleen.

5-10.

Kuu aiheuttaa maapallon merissä vuorovesi-ilmiön. Lähempänä Kuuta olevilla alueilla merenpinta nousee, koska siellä Kuun aiheuttama gravitaatio on suurempi kuin maapallolla keskimäärin. Vastakkaisella puolella maapalloa vetovoima on puolestaan heikoimmillaan, ja siellä merivesi laskee. Aurinko aiheuttaa vastaavat ilmiöt, mutta heikompana. Kun Maa, Kuu ja Aurinko sattuvat samalle suoralle, ilmiöt vahvistavat toisiaan.

Vuoroveden aiheuttamia voimakkaita virtauksia voidaan hyödyntää sähkön tuotannossa, samoin merivirtojen liikettä. Vuorovesivoimalaitoksen toiminta perustuu nousu- sekä laskuveden korkeuseron hyödyntämiseen sekä veden aaltojen liikkeeseen eli veden mekaaniseen energiaan. Aaltojen liike aikaansaa generaattorin käämien pyörimisen ja sähkön tuotannon. Veden aaltoilu sisältää runsaasti energiaa, mutta aaltojen usein epäsäännöllisestä liikkeestä johtuen energian talteen ottaminen on vaikeaa. Vuorovesivoimalaitos on järkevää rakentaa vain sellaiseen paikkaan, jossa vuorovesi-ilmiö on voimakas. Vuorovesivoimalaitoksia on esimerkiksi Iso-Britanniassa, Kanadassa ja Ranskassa.

5-11.

- Fuusio on ydinreaktio, jossa kahdesta kevyestä ytimestä syntyy yksi raskaampi ydin. Fuusiossa vapautuu energiaa.
- Fuusiovoimalaitoksen polttoainetta ovat vedyn isotoopit deuterium ja tritium. Deuteriumia saadaan merivedestä ja tritiumia voidaan valmistaa litiumista.
- Iter on testivoimalaitos, jossa on tarkoitus osoittaa fuusiovoimalaitoksen tekninen toteutettavuus ja toimivuus. Iter sijaitsee Etelä-Ranskassa, noin 70 kilometrin päässä Marseillessa. Iter on rakentunut alueelle, jonka koko on noin 60 jalkapallokenttää. Iterin reaktorin, ns. tokamakreaktorin massa on noin 23 000 kg. Suprajohtavaa kaapelia tarvitaan noin 100 000 km. Iterin hinta-arvio on 22 miljardia euroa.

Luku 5: Uusia energiantuotantomuotoja tarvitaan nopeasti käyttöön

- d) Fuusiovoimalaitosta kehitetään, koska sen odotetaan ratkaisevan monia energiantuotannon ongelmia kuten energian riittävyys ja saasteettomuus. Fuusiovoimalaitoksesta ei synny hiilidioksidipäästöjä, eikä nykykäsityksen mukaan muitakaan merkittäviä ympäristöhaittoja. Fuusiovoimalaitoksessa syntyy korkea-aktiivista ydinjätettä huomattavasti vähemmän kuin nykyisissä fissiovoimalaitoksissa. Korkea-aktiivisen jätteen radioaktiivisuus loppuu kokonaan sadassa vuodessa. Fuusiovoimalaitoksessa ei voi syntyä suuronnettomuutta, jossa voimala-alueen lähiympäristön asukkaat pitäisi evakuoita, koska fuusioreaktiot loppuvat heti, kun ulkoinen kuumennus lopetetaan. Fuusiovoimalaitoksessa ei voi myöskään rikastaa ydinaseateriaalia. Fuusiovoimalaitoksen ongelmaksi voi nousta sen kalleus.
- e) Voimakkaiden magneettien avulla deuterium ja tritium saadaan pyöriväksi plasmavirtaukseksi. Kun aine on plasman muodossa, elektronit ovat irronneet atomeista. Plasman lämpötila nousee noin 150 miljoonaan celsiusasteeseen. Koska reaktorin seinämä (eikä mikään muukaan tuntemamme materiaali) ei kestä plasman lämpötilaa, plasma pidetään koossa ja erossa reaktorin seinämistä magneettien avulla.
- f) Kun reaktorissa olosuhteet ovat sopivat, deuterium- ja tritiumisotoopit törmäävät toisiinsa ja syntyy heliumia ja neutroneja. Koska neutroneilla ei ole sähkövarausta, reaktorin magneettikenttä ei vaikuta niihin. Neutroneilla on suuri liike-energia, ja niiden jarruuntuessa reaktorin seinämissä syntyy lämpöä, joka johdetaan jäähdytysveden avulla ulos reaktorista. Syntynyt lämpö johdetaan pyörittämään generaattoreita ja ne tuottavat sähköä.

5-12.

Hyötöreaktori on reaktorityyppi, joka tuottaa enemmän fissiokelpoista ainetta kuin se itse samanaikaisesti kuluttaa. Se pystyy muuntamaan luonnon uraanissa runsaasti olevaa U-238-isotooppia tai luonnossa esiintyvää Th-232-isotooppia reaktorin polttoaineeksi sopivaan muotoon. Hyötöreaktorit merkitsevät energiantuotannossa yli viisikymmentä kertaa tehokkaampaa luonnon uraanivarojen hyväksikäyttöä kuin nykyiset ydinreaktorityypit. Hyötöreaktoreita on koekäytössä useissa maissa.

Hyötöreaktori on mahdollinen tulevaisuuden ydinenergian tuotantotapa.

5-13.

- a) Auringon säteily
 + Primäärienergiana Auringon säteily on ilmaista.
 + Tuotantovaiheessa lämmön ja sähkön tuotanto on päästötöntä.
 + Ehtymätön energialähde.
 + Aurinkopaneelien hyötysuhde on parantunut ja hinta laskenut.
 +/-Hajautetuilla ja suurilla aurinkovoimalaitoksilla on merkittävä vaikutus uusiutuvien energialähteiden osuuteen energiantuotannossa. Aurinkovoimalaitosten rakentaminen vaatii kuitenkin suuret maa-alueet, joten pieni energiantuotanto käytettyyn maapinta-alaan nähden.
 +/- Akkujen hintojen aleneminen lisää aurinkoenergian käyttöä, mutta akkujen valmistus on vielä ongelmallista
 - Yksittäisen aurinkopaneelin tuotto on pieni.
 - Auringon säteilyenergian saatavuus vaihtelee alueittain, vuorokaudenajan, vuodenajan ja sääolosuhteiden (pilvisuus) mukaan.
 - Aurinkokeräimien ja -paneelien rakentaminen rasittaa ympäristöä ja vaatii runsaasti energiaa.
- b) Tuuli
 + Primäärienergiana tuulen avulla tuotettu energia on ilmaista.
 + Ehtymätön energialähde.
 + Ei käytönaikaisia päästöjä.
 - Tuulienergian saatavuus vaihtelee alueittain sekä sääolosuhteiden mukaan.
 - Tuulivoimalaitosten rakentaminen rasittaa ympäristöä, vaatii runsaasti energiaa ja maapinta-alaa.
 - Yksittäisen voimalan tuotto on pieni.
- c) Vesi
 + Primäärienergiana veden avulla tuotettu energia on ilmaista.
 + Energiaa saatavilla rajattomasti.
 + Ei käytönaikaisia päästöjä.

Luku 5: Uusia energiantuotantomuotoja tarvitaan nopeasti käyttöön

- Vesivoimalaitosten rakentaminen on kallista.
 - Padotuilla vesialtailla on ympäristövaikutukset.
 - Vedenpinnan korkeuden vaihtelu aiheuttaa eroosiota ja haittaa vesieläimiä.
 - Vesivoimalaitoksia ei voi rakentaa kaikkialle: joissakin maissa vesivoimalaitosten lisärakentaminen on kielletty luonnonsuojelullisista syistä.
- d) Biopolttoaineet
- + Ovat usein hiilineutraaleja.
 - + Voidaan käyttää nykyisissä voimalaitoksissa.
 - Avohakkuut pienentävät hiilinielua ja hiilivarastoa.
 - Polttonesteiden valmistaminen vaatii energiaa.

5-14.

- a) Yksi aurinkopaneeli tuottaa vuodessa sähköä $\frac{750 \text{ MWh}}{2400} = 0,3125 \text{ MWh} \approx 310 \text{ kWh}$.
- b) Aurinkopuistoja tarvittaisiin $\frac{87 \text{ TWh}}{750 \text{ MWh}} = \frac{87 \cdot 10^{12} \text{ Wh}}{750 \cdot 10^6 \text{ Wh}} = 116\,000 \approx 120\,000$ kappaletta.
- c) Aurinkopuistojen tarvitsema pinta-ala on $116\,000 \cdot 2,4 \text{ ha} = 278\,400 \text{ ha} = 278\,400 \cdot 0,01 \text{ km}^2 = 2\,784 \text{ km}^2$.
 (1 ha = 10 000 m² = 0,01 km²)
 Suomen pinta-ala on 338 000 km².
 Aurinkopuistojen pinta-ala olisi Suomen pinta-alasta $\frac{2\,784 \text{ km}^2}{338\,000 \text{ km}^2} \approx 0,00823669$ eli 0,8 %.
- d) Omakotitalojen määrä olisi $\frac{750 \text{ MWh}}{15\,000 \text{ kWh}} = \frac{750 \text{ MWh}}{15 \text{ MWh}} = 50$.

5-15.

- a) Lasketaan ensin, kuinka monta neliometriä aurinkopaneeleita tarvitaan, jotta niillä voitaisiin korvata Olkiluoto 3:n vuodessa tuottama sähkö.

Koska aurinkopaneelin hyötysuhde $\eta = \frac{E_{\text{tuotto}}}{E_{\text{otto}}}$ on 21 % eli $\frac{E_{\text{tuotto}}}{1211 \text{ kWh/m}^2} = 0,21$, aurinkopaneelien

vuodessa tuottamaksi energiaksi saadaan $E_{\text{tuotto}} = 0,21 \cdot 1211 \text{ kWh/m}^2 = 254,31 \text{ kWh/m}^2$.

Tarvittavien aurinkopaneelien pinta-ala olisi

$$\frac{13 \text{ TWh}}{254,31 \text{ kWh/m}^2} = \frac{13 \cdot 10^{12} \text{ Wh}}{254,31 \cdot 10^3 \text{ Wh/m}^2} \approx 51\,118\,713 \text{ m}^2.$$

Pinta-ala olisi noin 51 miljoonaa neliometriä.

Tämä vastaisi pinta-alaltaan neliötä, jonka sivun pituus olisi $\sqrt{51\,118\,713 \text{ m}^2} \approx 7149,74 \text{ m}$ eli 7,1 km.

Todellisuudessa pinta-ala olisi suurempi, todennäköisesti lähes kaksinkertainen, koska paneelien välissä pitää olla tilaa mm. kulkuväyliä ja huoltotoimenpiteitä varten.

- b) Jos yhden aurinkopaneelin pinta-ala on 1,6 m², tarvittaisiin

$$\frac{51\,118\,713 \text{ m}^2}{1,6 \text{ m}^2} \approx 32 \text{ miljoonaa panelia}.$$

- c) Kohdan a perusteella aurinkopaneelien vuodessa tuottama energia on 254,31 kWh/m². Koska Suomen vuotuinen energiatarve on 383 TWh, tämän energian tuottamiseen tarvittavien aurinkopaneelien pinta-ala olisi

$$\frac{383 \text{ TWh}}{254,31 \text{ kWh/m}^2} = \frac{383 \cdot 10^{12} \text{ Wh}}{254,31 \cdot 10^3 \text{ Wh/m}^2} \approx 1\,506\,035\,940 \text{ m}^2 \approx 1500 \text{ km}^2.$$

Pinta-ala vastaa likimain Ahvenanmaan pinta-alaa (ja on noin 0,4 % Suomen pinta-alasta).