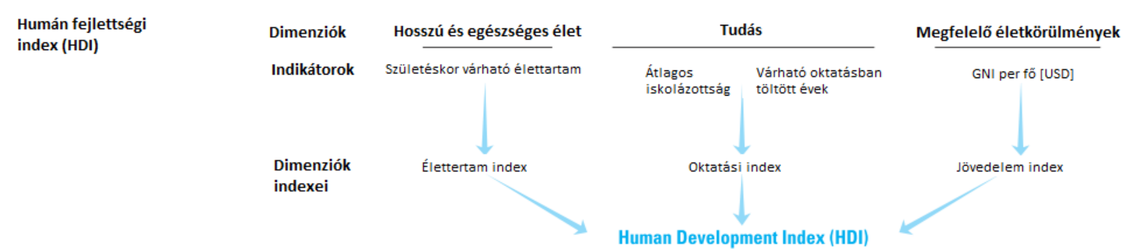
Fenntartható fejlődés

1. A Humán Fejlettségi Index (HDI) meghatározása

Forrás: UNDP Human Development Report 2013, Technical notes
http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2013_en_technotes.pdf

Az humán fejlettségi indexek számítása - grafikus szemléltetés



Az index kiszámításának lépései

Első lépés: A dimenziók indexeinek kiszámítása

A minimum és maximum („goalpost") értékekre azért van szükségünk, hogy a megfelelő adatokat 0 és 1 között mutatókká tudjuk alakítani. A maximum értékek a legmagasabb mért értékeket mutatják 1980 és 2012 között. A minimum értékek nem a mért legalacsonyabb, hanem a létfenntartáshoz szükségesnek vélt adatok.
A várható élettartam esetében ez 20 évet jelent, az iskolázottsági adatok tekintetében pedig mindkét esetben nullát. A bruttó nemzeti jövedelem (GNI) egy főre jutó mennyiségében pedig 100 dollárt évente. A nemzeti jövedelem nem tartalmazza azt a termelést, amelyet a népesség nem a piac, hanem saját maga részére folytat (pl. élelmiszertermelés saját felhasználásra), márpedig ez a legfejletlenebb gazdaságú országokra különösen jellemző, és emiatt kaphatunk ilyen alacsony nemzeti jövedelem értékeket.

Goalpost (minimum and maximum) értékek a számításokhoz		
	minimum	**maximum**
Születéskor várható élettartam [év]	20	83,57*
Átlagos iskolában töltött idő [év]	0	13,3**
Az oktatásban töltött évek várható száma	0	18
GNI per fő [PPP $]	100	87 478^{+}
Kombinált oktatási index	0	0,971^{++}

***Japán, 2012; **USA, 2010; $^{+}$Katar, 2012; $^{++}$Új-Zéland, 2010**

A minimum és maximum értékek meghatározása után készen állunk a szükséges mutatók kiszámítására az alább általános képlet alapján:

$$\text{Dimenzió index} = \frac{\text{aktuális érték} - \text{minimum érték}}{\text{maximum érték} - \text{minimum érték}}$$

Az oktatási mutatók esetében az iskolázottságból és az oktatásban töltött évek várható számát is behelyettesítjük a képletbe, majd ezek mértani közepét véve, majd ezt újra elosztva a maximum és minimum index különbségével alakul ki a kombinált oktatási index értéke.
A második lépés a három dimenzió indexéből a Humán Fejletségi Index (HDI) kiszámítása. Ezt a három mutatószám mértani közepeként kapjuk, azaz a három tényezőt összeszorozzuk, majd köbgyököt vonunk az eredményből:

$$HDI = \sqrt[3]{Várható\ Élettartam\ Index(LEI) \cdot Jövedelem\ Index(II) \cdot Oktatási\ Index(EI)}$$

Vegyünk egy egyszerű példát, és számítsuk ki Ghána állam HD indexét!

A szükséges mérőszámok Ghánára vonatkozóan	
Indikátor	**Érték**
Születéskor várható élettartam	64,6
Átlagos iskolázottsági idő	7,0
Az oktatásban töltött évek várható száma	11,4
GNI per fő [PPP $]	1684

Ezek alapján kiszámíthatók a dimenzió indexek:
A várható élettartam index (Life Expectancy Index – LEI):

$$LEI = \frac{LE - minimum\ LE}{maximum\ LE - minimum\ LE} = \frac{64{,}6 - 20}{83{,}6 - 20} = 0{,}701$$

Az oktatási index (Education Index – EI):

$$Iskolázottsági\ index = \frac{átlagos\ iskolázottság - minimum}{maximum\ \ - minimum} = \frac{7 - 0}{13{,}3 - 0} = 0{,}527$$

$$Várható\ iskolaévek\ index = \frac{várható\ iskolaévek - minimum}{maximum\ \ - minimum} = \frac{11{,}4 - 0}{18 - 0} = 0{,}634$$

$$EI = \frac{\sqrt{Iskolázottsági\ index \cdot Várható\ iskolaévek}}{maximum\ oktatási\ index - minimum\ okt.index} = \frac{\sqrt{0{,}527 \cdot 0{,}634}}{0{,}971 - 0} = 0{,}596$$

Jövedelem index (Income Index – II): A jövedelem index számításakor matematikai okokból a mennyiségek természetes alapú logaritmusaival számolunk, ezeket helyettesítjük a képletbe.

$$II = \frac{\ln(GNI\ per\ fő) - \ln(minimum\ \frac{GNI}{fő})}{\ln(maximum\frac{GNI}{fő}) - \ln(minimum\ \frac{GNI}{fő})} = \frac{\ln(1684) - \ln(100)}{\ln(87478) - \ln(100)} = 0{,}558$$

Humán fejlettségi index (Human Development Index – HDI)

$$HDI = \sqrt[3]{0{,}701 \cdot 0{,}596 \cdot 0{,}417} = 0{,}558$$

2. Gini-index számolása

Egy faluban nyolcan laknak, a bevételeiket a következő táblázat foglalja össze:

Aladár	150 000 Ft	Elemér	300 000 Ft
Béla	300 000 Ft	Ferenc	420 000 Ft
Cecil	480 000 Ft	Géza	300 000 Ft
Dénes	150 000 Ft	Helén	300 000 Ft

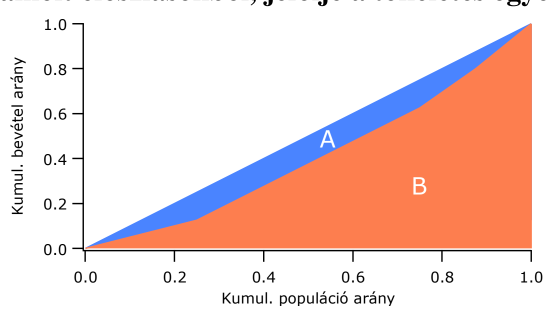
Adja meg a kumulatív populáció eloszlást a bevételek szerint csoportokra bontva!

Csoport	Kumulatív populáció arány
1 (Aladár, Dénes)	0,250
2 (Béla, Elemér, Géza, Helén)	0,750
3 (Ferenc)	0,875
4 (Cecil)	1,000

Adja meg a kumulatív bevétel eloszlást csoportokra bontva!

Csoport	Csoport bevétele	Kumulatív bevétel	Kumulatív bevétel arány
1 (A, D)	300 000 Ft	300 000 Ft	0,125
2 (B, E, G, H)	1 200 000 Ft	1 500 000 Ft	0,625
3 (F)	420 000 Ft	1 920 000 Ft	0,800
4 (C)	480 000 Ft	2 400 000 Ft	1,000

Készítsen ábrát a kiszámolt eloszlásokból, jelölje a tökéletes egyenlőség esetét is!



Számolja ki a Gini-indexhez a releváns területeket!

Csoport területek:

1	= (0,250-0,000)×(0,000+(0,125-0,000)/2) =	0,015625
2	= (0,750-0,250)×(0,125+(0,625-0,125)/2) =	0,187500
3	= (0,875-0,750)×(0,625+(0,800-0,625)/2) =	0,089063
4	= (1,000-0,875)×(0,800+(1,000-0,800)/2) =	0,112500
Σ (= Narancs terület)		0,404688

A görbék alatti területek:

Kék+Narancs:	0,500000
Narancs:	0,404688
Kék:	0,095312

A falu Gini-indexe: Kék/(Kék+Narancs) = 0,095313/0,5 **= <u>0,190624</u> = <u>19,0624%</u>**

Megújuló energiaforrások

3. Egy vízerőműben mekkora víz tömegáram, illetve térfogatáram szükséges 1 kW villamos teljesítmény előállításához, ha a víz függőlegesen 90 m magasságot esik? A teljes energiaátalakítási folyamatra feltételezzünk η=80%-os átalakítási hatásfokot. A víz sűrűsége 1000 kg/m^3.

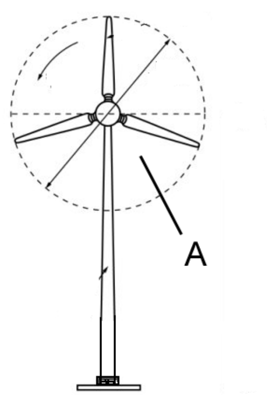
Potenciális energia: $E_p = m \times g \times h$ P [J] m [kg] g=9,81 m/s^2 h [m]
Mechanikai teljesítmény: P_m= energia [J]/idő[s]

Egységnyi mechanikai teljesítmény: $P_m = m \times g \times h/t = 1\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{m/s}^2 \times 90\ \text{m} / 1\ \text{s} = 882{,}9\ \text{kg m}^2/\text{s}^3 = 882{,}9\ \text{W}$

Egységnyi villamos teljesítmény: $P_v = \eta \times P_m = 0{,}8 \times 882{,}9\ \text{W} = 706{,}32\ \text{W}$

1 kW villamos teljesítményhez szükséges forgalom:
1 kW=1000 W
1000 W /706,32 W =1,415 $\rightarrow$ **1,415×1 kg/s víz tömegáram szükséges**.
$\rho_{víz}$=1000 kg/m^3 $\rightarrow$ 1,415 kg/s/1000 kg/m^3 = **1,415E-03 m^3/s = 1,415 l/s víz térfogatáram szükséges**.

4. a, Vezesse le , hogy egy szélturbina mekkora maximális fajlagos teljesítményre képes a szélsebesség függvényében, ha a lapátok által bejárt terület A, az átlagos szélsebesség v, és feltételezzük, hogy a szélirányra merőlegesen áll a szélkerék. A levegő sűrűsége 1,2 kg/m^3.



Az **A** [m^2] felületen áthaladó légtömeg sebessége: **v** [m/s]
Az **A** felületen egységnyi idő alatt áthaladó levegő térfogata:
$\dot{V}$ [m^3/s] = A [m^2] $\times$ v [m/s]
A $\dot{V}$ térfogatáramú levegő tömegárama (egységnyi idő alatt áthaladó levegő tömege), ha a levegő sűrűsége ρ [kg/m^3]:
$\dot{m}$ [kg/s] = ρ [kg/m^3] $\times$ $\dot{V}$ [m^3/s]
Az A keresztmetszeten áthaladó levegő mozgási energiája:
E [J] = 1/2 $\times$ m [kg] $\times$ v^2 [m^2/s^2]

Az egységnyi idő alatt áthaladó levegőmennyiség mozgási energiájából adódó teljesítmény:
P [W] = $\dot{E}$ [J/s]= 1/2 × $\dot{m}$ [kg/s] × v^2 [m^2/s^2] = 1/2 × ρ [kg/m^3] × $\dot{V}$ [m^3/s] × v^2 [m^2/s^2] =
1/2 × ρ [kg/m^3] × A [m^2] × v [m/s] × v^2 [m^2/s^2] **= 1/2 × ρ [kg/m^3] × A [m^2] × v^3 [m^3/s^3]**
A szélturbina lapátjai által bejárt területre vett fajlagos teljesítmény:
p [W/m^2] = P [W] / A [m^2] **= 1/2 × ρ [kg/m^3] × v^3 [m^3/s^3]**
ρ: = 1,2 kg/m^3, tehát:
p [W/m^2] = 1/2 × 1,2 kg/m^3 × v^3 [m^3/s^3] **= 0,6 × v^3 (a sebességet m/s-ban megadva)**
kW-ban felírva:
p [kW/m^2] = 0,6E-03 × v^3 = 6E-04 × v^3 (a sebességet m/s-ban megadva)

b, Tegyük fel, hogy egy szélturbina esetén az elméleti maximális mechanikai átalakítási hatásfok 59% (azaz a szél mozgási energiáját ilyen hatásfokkal alakítja a szélturbina forgási energiájává).
Mennyi lesz a szélturbina fajlagos villamos teljesítménye (W/m^2), ha az elméleti maximális mechanikai átalakítási hatásfok 70%-át éri el, a mozgásiból villamos energiává alakítás energia-átalakítási hatásfoka 90%, a szélsebesség 10 m/s.

2.a, szerint:
p [kW]/ m^2 = 6E-04 × v^3 , ahol v a szélsebesség [m/s]

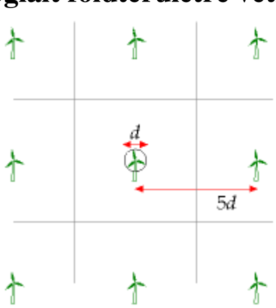
p_{fajl} = 0,7×0,59×0,9×6E-04 × v^3 = 0,7×0,59×0,9×6E-04 × 10^3 **= 0,223 kW/m^2 =223 W/m^2**

c, Mekkora átmérőjű szélkerék szükséges egy 5000 kWh éves villamosenergia-igényű háztartás számára, ha a szélkerék éves átlagos energiahozama 250 kWh/m^2 ?

5000 kWh/250 kWh/m^2 = 20 m^2

$A_{kör}= R^2\pi$ $R = \sqrt{A_{kör}/\pi} = \sqrt{20m^2/\pi}$ =2,523 m D=2R=5,046 m

d, Szakértői becslések szerint szélturbinák nem állhatnak egymáshoz közelebb, mint a rotor átmérőjének ötszöröse, ellenkező esetben jelentős teljesítményromlással kell számolni. A b, részben megadott hatásfokokkal és szélsebességgel számolva mekkora fajlagos villamos teljesítményre képes a c, pontban meghatározott átmérőjű szélturbina az elfoglalt földterületre vetítve?



kép forrása: http://www.withouthotair.com/

Szélturbina teljesítmény/szükséges földterület=
[0,7×0,59×0,9× 1/2 × ρ × v^3 × $D^2\pi$/4]/[$(5D)^2$] =
= [0,37×1/8 × ρ × v^3 × $D^2\pi$]/[25D^2] =
= 0,37×1/8 ×1,2×1000×π/25= 6,97 W/m^2,
tehát a fenti paraméterek mellett ekkora a szélerőmű földterületre vonatkoztatott fajlagos teljesítménye.
Látható, hogy ez az érték nem függ a szélturbina átmérőjétől.

5. **A kaliforniai Geysers geotermikus erőmű területe 70 km^2. A felszín alatti réteg, mely hőhasznosításra alkalmas, 2 km vastag. A rétegben a hőmérséklet 240 °C, a fajlagos hőkapacitás c=2,5 J/cm^3°C.**

a, Mennyi az összes tárolt hőenergia a rétegben, ha a felszínen az éves átlaghőmérséklet 15 °C ?

A hőtároló réteg térfogata:
V =70 km^2 × 2 km = 140 km^3 = 140 × (10^5 cm)^3 =140 × 10^{15} m^3 = 1,4E+17 cm^3
A tárolt hő mennyisége:
Q= V × c × ΔT, ahol ΔT a minimális és maximális hőmérsékletérték közötti különbség.
Q= 1,4E+17 cm^3 × 2,5 J/cm^3°C × (240 °C – 15 °C) = 1,4E+17 cm^3 × 2,5 J/cm^3°C × 225 °C = **7,875 E+19 J**.

b, Mennyi időre elegendő energiaforrást jelent ez egy 2000 MW$_e$ villamos teljesítményű erőmű számára, ha a hőenergia 1,9%-a alakítható villamos energiává? Feltételezzük, hogy a kimerítéshez képest a hő újratermelődése elhanyagolható ütemű.

1 év alatt termelt villamos energia:
E=1 év × 2000 MW$_e$ = 2000 MW$_e$év (=8760 óra×2000 MW = 1,752E+7 MW$_e$h)
Ez a felhasznált hőenergia 1,9%-a
Q$_{1év}$ =2000 MW$_e$év/0,019= 105 263 MW$_{th}$év = 1,05E+11 W$_{th}$év (= 9,2 E+14 W$_{th}$h)

Joule-ban kifejezve
Q$_{1év}$ =2000 MW$_e$év/0,019= 105 263 MW$_{th}$év = 1,05E+11 J$_{th}$/s ×év

1 év = 8760 óra = 8760 × 60×60 s = 3,15E+7 s
1 éves kihasznált hőmennyiség:
Q$_{1év}$ =1,05E+11 J$_{th}$/s ×3,15E+7 s = 3,3075 E+18 J

Hány évre elegendő:
Q/ Q$_{1év}$ = 7,875 E+19 J / 3,3075 E+18 J = 23,8
Tehát 23,8 év alatt meríti ki egy 200 MW$_e$ teljesítményű erőmű ezt a geotermikus energiaforrást.

6. **Napelemtáblákkal fedik be Londonban a Temzén átívelő Blackfriars vasúti hidat, a világ egyik legnagyobb városi naperőművét létrehozva. A napemeles híd évente 900 000 kWh villamos energiát fog előállítani.**

a, Mennyi a híd-naperőmű éves átlagos teljesítménye, ha nem vesszük figyelembe a napsütéses órák számát?
900 000 kWh/1év=900 000 kWh/8760h= 102,7 kWe éves átlagos villamos teljesítmény.

b, Angliában az éves átlagos napos órák száma 1340 óra/év. Ezt figyelembe véve mennyi a híd-naperőmű átlagos villamos teljesítménye?
900 000 kWh/1340h=672 kW

c, Magyarországon az éves átlagos napos órák száma 2000 óra/év, a Szaharában 4300 óra/év. Ha a londoni hídra épített napelemek átlagos teljesítménye 12.b, szerint 672 kW, mennyi villamos energiát állítana elő Magyarországon, illetve a Szaharában?

Magyarországon:
672 kW × 2000 óra = 1 344 000 kWh = 1344 MWh
a Szaharában:
672 kW × 4300 óra = 2 889 600 kWh = 2889,6 MWh

d, A beépített berendezés névleges villamos kapacitása 1,103 MW, a beruházás teljes költsége 11 millió USD. Mennyi a fajlagos beruházási költség?

11 millió USD/1,103 MWe = 9,973 millió USD/MWe = 9973 USD/kWe

7. **Mekkora területű tározó tóra van szükség egy szivattyús-tározós erőmű esetén, ha 100 GWh villamos energia előállítását szeretnénk elérni, az esési szintkülönbség 100 m, és a generátorok energia-átalakítási hatásfoka $\varepsilon=0,9$, a víz sűrűsége 1000 kg/m^3? Mekkora lesz a szükséges terület, ha csak 75 m esés használható ki? A tervezett tározótó mélysége átlagosan 15 m lesz.**

Igényelt villamos energia: $E=100\ GWh = 10^{11}\ Wh = 10^{11}\ J/s \times 3600\ s = 3{,}6\times10^{14}\ J$
Az ehhez szükséges mechanikai munka: $W_m = E/\varepsilon = 3{,}6\times10^{14}\ J/0{,}9= 4\times10^{14}\ J$
Mechanikai munka: $W_m = V\times\rho\times g\times h$
A tározó szükséges térfogata:
$V = W_m/(\rho\times g\times h) = 4\times10^{14}\ J/(1000\times9{,}81\times100)=4{,}07\times10^8\ m^3$
A tározótó szükséges alapterülete:
$A = V/m = 4{,}07\times10^8\ m^3/15\ m = 2{,}7\times10^7\ m^2= 27\ km^2$

75 m esés esetén:
$V = W_m/(\rho\times g\times h) = 4\times10^{14}\ J/(1000\times9{,}81\times75)=5{,}43\times10^8\ m^3$
75 m esés esetén a tározótó szükséges alapterülete:
$A = V/m = 5{,}43\times10^8\ m^3/15\ m = 3{,}6\times10^7\ m^2= 36\ km^2$

8. **Pakson egy négyblokkos, 2000 MW(e) teljesítményű atomerőmű üzemel, az év 90 %-ában maximális teljesítménnyel.**

   a) Számítsuk ki, hogy hány darab 3 MW-os névleges teljesítményű szélturbinával állítható elő ugyanannyi energia, ha a szélturbinák átlagos kihasználtsága 25%.

   Az atomerőműben megtermelt energia:
   $E_{ae}=P_{ae}\times t_{ae,működési}=2000[MW]\times0{,}9\times8760[óra/év]=1{,}57\times10^{10}[kWh]=5{,}67\times10^{16}[J]$
   1 db szélturbina által termelt energia:
   $E_{1szt}=P_{1szt}\times t_{szt,működési}=3[MW]\times0{,}25\times8760[óra/év]=6{,}57\times10^6[kWh]=$
   $2{,}37\times10^7[MJ]=2{,}37\times10^{13}[J]$
   A szélturbinák száma:
   $n=E_{ae}/E_{1szt}=1{,}57\times10^{10}/6{,}57\times10^6=2390[db]$

b) Ha feltételezzük, hogy a szélturbinák helyszükséglete $a=2W/m^2$, akkor Magyarország területének hány százalékát kellene beépíteni ezekkel a szélturbinákkal ($A_{Magyaro}=93000\ km^2$)?

Egy szélturbinára eső terület:
$A_{1szt}=P_{1szt}\times a=3[MW]\ /2[W/m^2]=3\ 000\ 000/2=1\ 500\ 000[m^2]$
Az a) részben kiszámolt n számú turbina helyigénye:
$A_{össz}=n\times A_{1szt}=2390[db]\ \times 1\ 500\ 000[m^2]=3\ 585\ 000\ 000[m^2]=3585\ km^2$
Az arányszám:
$A_{össz}/A_{Magyaro}=3585/93000=0{,}0385=3{,}85\%$

c) Ha az atomerőművet kombinált ciklusú erőművekkel helyettesítenénk, a CO_2 kibocsátás jelentősen növekedne. Mennyivel nő meg az ország CO_2 kibocsátása, ha kombinált ciklusú erőművek fajlagos kibocsátása $f=140[g\ C/kWh]$?

Mértékegység átváltása:
$f=140[g\ C/kWh]=44/12\times 140[g\ CO_2/kWh]=513{,}8[g\ CO_2/kWh]$
Az erőművek által termelt energia mennyisége megegyezik:
$E_{ae}=E_{kc}=1{,}57\times 10^{10}[kWh]$
A kibocsátás növekedése:
$\Delta f=E_{kc}\times f=1{,}57\times 10^{10}[kWh]\ \times 513{,}8[g\ CO_2/kWh]=8{,}06\times 10^{12}[g\ CO_2]=8{,}66[Mt\ CO_2]$

Fosszilis energiahordozók

9. Mennyi CO_2 keletkezik 1 kg tüzelőanyag tökéletes elégetésekor, ha a tüzelőanyag

a) tiszta szén (C)?

A szén moláris tömege $M_C=12$ [g/mol]
Az oxigén moláris tömege: $M_O=16$ [g/mol]
A reakcióegyenlet:
$C+O_2=>CO_2$
Moláris tömegekkel felírva:
$12[g/mol]C+32[g/mol]O_2=>44[g/mol]CO_2$
A mol anyagmennyiségre számolva ezekkel az értékekkel:
$12[g]\ C+\ 32[g]\ O_2=>44[g]\ CO_2$
1 g szénre arányosítva (az egyenlet minden tagját 12-vel osztva és 1000-rel szorozva):
$1\ [kg]\ C+\ 2{,}667[kg]\ O_2=>\underline{3{,}667[kg]\ CO_2}$

b) metán (CH_4)?

$M_H=1[g/mol]$
A reakcióegyenlet:
$CH_4+2O_2=>CO_2+2H_2O$
Az előzőekkel hasonló menet szerint:
$1[kg]CH_4+4[kg]O_2=>\underline{2{,}75[kg]CO_2}+2{,}25[kg]H_2O$

c) etil-alkohol (etanol) (C_2H_5OH)?

A reakcióegyenlet:

$C_2H_5OH+3O_2 \Rightarrow 2CO_2+3H_2O$
Arányosítás után:
1[kg]C_2H_5OH+2,08[kg]O_2=>1,91[kg]CO_2+1,17[kg]H_2O

10. Egy 1000 MW_e villamos teljesítményű szénerőmű a nap 24 órájában üzemel, hatásfoka 33%.
1 tonna szén energia-tartalma: 3,09E+10 J = 8600 kWh

a, Hány tonna szenet éget el egy nap alatt?

Napi szénfogyasztás:
M/nap = 24 óra × 1000 MW_e /0,33 / 8600 kWh/t = 8456 tonna/nap

b, Ha a szén kéntartalma 1%, naponta mennyi SO_2-t bocsát ki az erőmű, ha semmilyen kibocsátás-csökkentő eljárást nem alkalmaznak?

Napi SO_2 kibocsátás:
A napi szénmennyiség kéntartalma:
0,01 × 8456 tonna = **84,56 tonna**

S atomtömege: 32
O atomtömege: 16
SO_2 molekulatömege: 32+16+16 = 64 g/mol. A kén az SO_2 felét adja

84,56 tonna S-ből 169,12 tonna SO_2 keletkezik naponta.

c, Egyenletes eloszlást, szél- és csapadékmentes viszonyokat feltételezve az 5.b, szerint kibocsátott mennyiség egy 1km×10km×10km-es térfogatban oszlik el. Mennyi lesz a SO_2 koncentrációja a levegőben, mikrogramm/m^3-ben?

169,2 tonna = 169,2E+3 kg = 169,2E+6 g =169,2E+12 μg =1,692E+14 μg

A vizsgált légtérfogat:
V= 1km×10km×10km = 100 × (1000 m)^3 =100E+9 m^3 =10E+11 m^3
A koncentráció:
C= 1,692E+14 μg/10E+11 m^3 = **1,692E+3 μg/m^3**

(Tájékoztatóul a magyar szabályozás szerinti határértékek:
1 órás periódusban 250 μg/m^3,
24 órás átlagban 125 μg/m^3,
éves átlagban: 50 μg/m^3)

11. a, Számítsa ki, mennyi CO_2 kibocsátással jár (tömeg, térfogat), ha egy nagyobb háztartás éves villamosenergia-igényét teljes mértékben szénerőművel látjuk el. A

háztartás villamosenergia-igénye legyen 5000 kWh évente. A széntüzelésű erőmű CO_2 kibocsátása: 325 g C/kWh$_e$ (szén egyenérték). A CO_2 sűrűsége: ρ = 1,98 kg/m^3

5000 kWh$_e$ × 325 g szén/ kWh$_e$ = 1,625E+6 gramm szén =1,625 tonna szén
szén atomtömeg: 12
oxigén atomtömeg: 16
szén-dioxid molekula tömeg: 44
A termelt szén-dioxid tömege: **m** = 1,625 tonna × 44/12 **= 5,98 tonna**
A termelt szén-dioxid térfogata: **V** = m/ρ = 5,98E+03 [kg] / 1,98 [kg/m^3] **= 3020 m^3**

b, Mennyi a kibocsátás a 6.a, esetre egy kombinált ciklusú erőmű esetén? A kombinált ciklusú erőmű CO_2 kibocsátása: 140 g C/kWh$_e$ (szén egyenérték).

5000 kWh$_e$ × 140 g szén/ kWh$_e$ = 7E+5 gramm szén =0,7 tonna szén
A termelt szén-dioxid tömege: **m** = 0,7 tonna × 44/12 = **2,56 tonna** szén-dioxid
A termelt szén-dioxid térfogata: V = m/ρ = 2,56E+03 [kg] / 1,98 [kg/m^3] **= 1293 m^3**

c, Tételezzünk fel 25 USD tonnánkénti szén-dioxid adót (tehát a termelőnek ennyit kell befizetnie az államnak kibocsátott tonnánként). Mennyivel drágítja ez meg egy háztartás 5000 kWh$_e$ villamosenergia-fogyasztását,
c/I, szénerőmű esetén;
c/II, kombinált ciklusú erőmű esetén,
ha a többlet teljes mértékben a fogyasztóra hárul?

Széntüzelés:
5,98 tonna szén-dioxid/év × 25 USD = 149,5 USD
Kombinált ciklus:
2,56 tonna szén-dioxid/év × 25 USD = 64 USD

12. Egy gázturbinával szerelt erőmű égésteréből kilépő füstgáz hőmérséklete 510°C, a kompresszorba belépő friss levegő hőmérséklete 12°C. Mennyi lehet az erőmű elméleti maximális hatásfoka (Carnot-hatásfok)?

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_{alacsony}}{T_{magas}}$$

T [Kelvin fok]

1-((12+273 K)/(510+273 K))=1-0,364=0,636=63,6%

Atomerőművek

13. Az amerikai NUREG-1150 szerint a jelentős radioaktív kibocsátással járó balesetek valószínűsége 4×10^{-6} eset/reaktorév. Mi a valószínűsége, hogy az USÁ-ban üzemelő 104 blokknál lesz ilyen, ha 30 év átlagos üzemidőt feltételezünk?

p= 4×10^{-6} eset/reaktorév × 104 reaktor × 30 év = 0,0124 = 1,24 %

Sugárzások

14. Az egyenletekben megadott rendszámok és tömegszámok alapján egészítse ki az egyenleteket (periódusos rendszer és/vagy a 15. feladat táblázata segítségével)!

a. $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + \_\_\_ + 3\,^{1}_{0}n$

b. $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow \_\_\_ + ^{137}_{52}Te + 2\,^{1}_{0}n$

c. $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow \_\_\_ + ^{137}_{55}Cs + 3\,^{1}_{0}n$

d. $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + \_\_\_\,^{1}_{0}n$

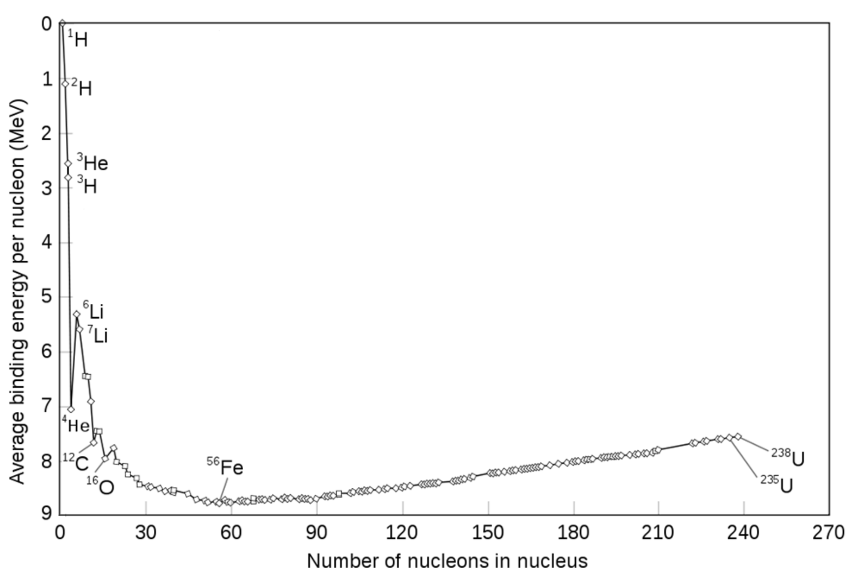
Megoldás:

a. $_{36}{}^{92}Kr$ b. $_{40}{}^{97}Zr$ c. $_{37}{}^{96}Rb$ d. 2

15. A következő hasadási reakció játszódik le:

$^{235}U + n^{0} \xrightarrow{\text{maghasadás}} {}^{94}Sr$ + másik hasadási termék+ 2 neutron

Felhasználva az alábbi ábra és táblázat adatait, becsülje meg a reakcióban felszabadult energia mennyiségét!



Izotóp	Fajlagos kötési energia (MeV/nukleon)	Izotóp	Fajlagos kötési energia (MeV/nukleon)
deutérium ($_1^2D$)	1,12	ittrium ($_{39}^{106}Y$)	8,225
trícium ($_1^3T$)	2,83	ezüst ($_{47}^{107}Ag$)	8,55
hélium ($_2^4He$)	7,07	jód ($_{53}^{127}I$)	8,45
lítium ($_3^7Li$)	5,74	tellúr ($_{52}^{137}Te$)	8,28
berillium ($_4^9Be$)	6,46	cézium ($_{55}^{134}Cs$)	8,39
bárium ($_{56}^{140}Ba$)	8,35	cézium ($_{55}^{137}Cs$)	8,38
bárium ($_{56}^{141}Ba$)	8	xenon ($_{54}^{140}Xe$)	8,29
kripton ($_{36}^{92}Kr$)	8,51	xenon ($_{54}^{144}Xe$)	8,176
kripton ($_{36}^{93}Kr$)	8,45	ólom ($_{82}^{206}Pb$)	7,88
vas ($_{26}^{56}Fe$)	8,79	polónium ($_{84}^{210}Po$)	7,83
rubídium ($_{37}^{90}Rb$)	8,63	urán ($_{92}^{235}U$)	7,59
stroncium ($_{38}^{90}Sr$)	8,69	urán ($_{92}^{238}U$)	7,57
stroncium ($_{38}^{94}Sr$)	8,59		

Becslés:

A fajlagos kötési energia változása: E(^{94}Sr) - E(^{235}U) =8,59-7,59 = 1 MeV
összesen 236 nukleon vett részt a reakcióban: 235 n+p, 1n
így 236×1 MeV = 236 MeV a felszabaduló energia.

Pontosabb becslés:

Ki kell számítani a termékek és a reakcióban résztvevő tagok össz fajlagos kötési energiájának különbségét:
$_{38}^{94}$Sr: 94×8,59 MeV = 807,46 MeV, $_{54}^{140}$Xe: 140×8,29 MeV = 1160,6 MeV (mivel a reakció-egyenlet alapján a másik hasadási termék a $_{54}^{140}$Xe lesz)
összesen: 807,46+1160,6 MeV = 1968,06 MeV
^{235}U: 235×7,59 MeV = 1783,65 MeV
1968,06 MeV – 1783,65 MeV = **184,41 MeV**

16. 1 mol Cs-137 izotópunk van. Megközelítőleg mennyi marad 120 év múlva? A Cs-137 felezési ideje 30 év.

120 év/30 év=4, azaz 4 felezési idő telik el, négyszer „feleződik le” a minta.
Körülbelül 1mol/2^4 = 1mol/16 = 0,0625 mol marad 120 év múlva.

17. N db radioaktív atommagból álló mintánk van, az izotóp felezési ideje $T_{1/2}$. (Átlagosan) Mennyi ilyen atommagunk lesz t idő múlva?

bomlástörvény:
$N(t) = N(t_0)\times e^{-\lambda t}$ ahol λ: bomlási állandó [1/s]

A λ bomlási állandó és a $T_{1/2}$ felezési idő közötti összefüggés:

$$\frac{N(t)}{N(t_0)} = \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

ebből

$2 = e^{\lambda T_{1/2}}$

$\ln 2 = \lambda \times T_{1/2}$

$\lambda = (\ln 2)/T_{1/2}$

Mennyi a minta kezdeti aktivitása Bequerelben?

Az aktivitás: $A = \lambda \times N$, tehát a kezdeti időpillanatban a minta aktivitása:

$A_0 = \lambda \times N(t_0)$ [Bq]

Mennyi lesz a minta aktivitása t idő elteltével?

$A(t) = \lambda \times N(t) = \lambda \times N(t_0) \times e^{-\lambda t}$

18. Egy 70 kg testsúlyú ember mellkasröntgen vizsgálaton esik át. Tüdejének tömege a testsúlyának 0,75%-a. A röntgenforrás egy átvilágítás során 3,5 mJ energiát ad le, a nyaláb 27%-a nyelődik el a tüdőben. Határozza meg az alábbi mennyiségeket, mértékegységekkel:
D: elnyelt dózis a tüdőben,
H_{egy}: a tüdőt érő egyenérték dózis,
H_{eff}: a tüdőt érő effektív dózis.
A további szükséges adatokat az alábbi táblázatból keresheti ki.

Sugárzási súlytényezők:	
alfa	20
béta	1
gamma, egyéb foton	1
neutron	2,5-20
proton	2
Szöveti súlytényezők:	
ivarszervek	0,08
csontvelő	0,12
vastagbél	0,12
tüdő	0,12
bőr	0,01

a tüdő tömege: $70\text{kg} \times 0{,}0075 = 0{,}525$ kg

a tüdő által elnyelt energia: $E = E_{nyaláb} \times$ elnyelődés$=3{,}5\text{mJ} \times 0{,}27 = 0{,}945$ mJ

(a tüdőben) elnyelt dózis: $D = 0{,}945\text{mJ}/0{,}525\text{kg} = 1{,}8$ mGy

egyenérték dózis $H_{egy} = D \times w_{gamma} = 1{,}8 \times 1 = 1{,}8$ mSv

(a tüdőt ért) effektív dózis: $H_{eff} = H_{egy} \times w_{tüdő} = 1{,}8 \times 0{,}12 = 0{,}216$ mSv

19. Egy kobaltágyúban a forrás kezdeti aktivitása A_0=20 TBq. Megközelítőleg mennyi lesz a forrás aktivitása 31,5 év elteltével? Az Co-60 felezési ideje 5,26 év. A kobaltágyút fertőtlenítésre alkalmazzák, 300 g tömegű egységekben sugároznak be fecskendőket. Egy besugárzáskor minimálisan 2 kGy elnyelt dózist kell elérni. Hány másodpercig kell egy egységet besugározni, ha egy gamma foton áltagos energiája 1252 keV, az összes bomlásból származó foton teljes energiája elnyelődik a céltárgyban, és a forrás kezdeti aktivitásával számolunk? 1 keV = $1{,}6\times10^{-16}$ J

31,5 év/5,26 év= 5,98≈6 → 31,5 év múlva $1/2^6$-od része lesz az aktivitás: $20/2^6$= 20/64=0,3125 TBq

m=0,3 kg, D=$2x10^3$ Gy
elnyelt dózis=elnyelt energia/elnyelő tömeg: $2x10^3$ Gy = E/0,3 kg → E= 600J
tehát az a kérdés, hogy 600 J energia hány Co-ból származó gamma fotonból adódik össze:
1 db gamma foton energiája: E_{gamma}=1252 keV×1,6×10^{-16} J=2x10^{-13} J
a forrás aktivitása: 20 TBq =20x10^{12} bomlás/s=20x10^{12} foton/s
1 s alatt a kobaltágyúból ennyi energia lép ki: 20x10^{12} foton/s x 2x10^{-13} J = 40 x10^{-1} J=4 J.
Tehát 600J /4J/s=150s a szükséges besugárzási idő.

20. Az atomerőművek szerkezeti anyagaiban lévő szennyezők az üzemidő alatt felaktiválódnak, ezért az erőműveket leszerelés előtt pihentetni kell a leállítás után. Az aktivitás egy jelentős részéért a Co-60 izotóp felelős, aminek $T_{1/2}$=5,27 év a felezési ideje.

a) Ha az m_{rt}=215 t tömegű reaktortartály anyagának 0,01 m/m%-át a Co-60 izotóp adja, akkor hány Co-60 atommag van a tartályban?

A kobalt-izotópok tömege:
$m_{Co\text{-}60}=m_{rt}\times(0,01/100)$=215 000 000[g] ×(0,01/100)=21 500[g]
Az anyagmennyisége:
$n_{Co\text{-}60}=m_{Co\text{-}60}/M_{Co\text{-}60}$=21 500[g]/60[g/mol]=358,33[mol]
A magok száma:
$N_{Co\text{-}60}=n_{Co\text{-}60}\times N_A$=358,33[mol] ×6×$10^{23}$[db/mol]=2,15×$10^{26}$[db]

b) Mekkora a tartály kobaltból származó aktivitása?

$A_{0,Co\text{-}60}=N_{Co\text{-}60}\times\lambda=N_{Co\text{-}60}[db]\times(\ln 2/T_{1/2})[1/s]$=
2,15×10^{26}[db]×(ln2/(5,27×8760×3600))=
8,97×10^{17}[Bq(=bomlás/másodperc)]=897 000[TBq]

c) Mennyi idő alatt csökken az aktivitás az 1/40-ed részére?

Exponenciális bomlástörvény értelmében:
$A(t)=A_0\times\exp(-\lambda t)$ ebből átrendezéssel, a keresett t_1 időpontban:
$A(t_1)/A_0=\exp(-\lambda t_1)$
$1/40=\exp(-\lambda t_1)$
t_1=28,04 év

21. Egy fúziós reaktorban egy deutérium (D-2) és egy trícium (T-3) atommag fúziója játszódik le, miközben $E_{1reakció}$=2,65×10^{-12}[J] energia szabadul fel. A tríciumot lítiumból állítjuk elő, a világ konvencionális lítium-készlete $m_{Li,konv}$=10^{11} kg.

a) Mennyi időre elegendő ez a készlet, ha a világ jelenlegi energiafelhasználása mellett a teljes primerenergia-igényt (E_{primer}=504[EJ/év]=5,04×10^{20}[J/év]) fúziós reaktorokkal szeretnénk kielégíteni? (Tegyük fel, hogy a deutérium korlátlanul rendelkezésünkre áll)

A Li magok száma:
$N_{Li,konv}=(m_{Li,konv}/M_{Li})\times N_A=(10^{14}[g]/7[g/mol])\times 6\times 10^{23}[db/mol]=8,57\times 10^{36}[db]$
A termelhető energia:
$E=N_{reakció}\times E_{1reakció}=N_{Li,konv}\times E_{1reakció}=8,57\times 10^{36}[db]\times 2,65\times 10^{-12}[J]=2,27\times 10^{25}[J]$
A rendelkezésre állás ideje:
$t=E/Eprimer=2,27\times 10^{25}[J]/5,04\times 10^{20}[J/év]=45\ 068[év]$

Energia-hatékonyság

22. Épületek hővesztesége

Hőveszteség egy falfelületen (ablakon, tetőn) keresztül a hővezetés és a falak (felületek) hőátadásának eredményeként:
Felületi hőveszteség = felület [m^2] × (transzmissziós) hőátbocsátási tényező [W/m^2K] × hőmérséklet-különbség [K] = $Q_v = A \times U \times \Delta T$

	U hőátbocsátási tényező [W/m^2K]		
	öreg épületek	korszerű épületek	jelenlegi legjobb értékek
Falak		0,45-0,6	0,12
kőfal	2,4		
9” téglafal	2,2		
11” tégla	1		
11” szigetelt tégla	0,6		
Padló		0,45	0,14
(fa) hajópadló	0,7		
beton	0,8		
Tető		0,25	0,12
lapostető 25 mm szigeteléssel	0,9		
nyeregtető 100 mm szigeteléssel	0,3		
Ablakok			1,5
szimpla üvegű	5,0		
dupla üvegű	2,9		
dupla, 20 mm légréssel	1,7		
tripla	0,7-0,9		

Határozza meg egy hagyományos téglaépület egy helyiségének egy falon (és az adott felületen elhelyezett ablakon) keresztüli hőveszteséget, ha a szoba és az ablak méretei a következőek:
szoba alapterület: 4×4 m^2, belmagasság: 3,8 m; falak: 9” téglafal
ablakfelület: 1,7×2 m^2; ablakok: szimpla üvegű
A szobában állandó 20 °C-ot tartunk, a külső átlaghőmérséklet fűtési időszakban: 6 °C.

$Q_v = A \times U \times \Delta T = (A_{fal} \times U_{fal} \times + A_{ablak} \times U_{ablak}) \times \Delta T = ([4\times3{,}8-1{,}7\times2]\times2{,}2\times + 1{,}7\times2\times5)\times(20-6)°C$ $=(11{,}8\times2{,}2 + 3{,}4\times5)\times14=601{,}44$ W

Hogyan változik ez az érték, ha korszerű hőszigetelt ablakra cseréljük a nyílászárót (U=1,5)?
Hogyan változik, ha a falat is leszigeteljük kívülről (U=0,9)?
$Q_{v'} = A \times U \times \Delta T = (A_{fal} \times U_{fal} \times + A_{ablak} \times U_{ablak,szig}) \times \Delta T = ([4\times3{,}8-1{,}7\times2]\times2{,}2\times + 1{,}7\times2\times1{,}5)\times(20-6)°C$ $=(11{,}8\times2{,}2 + 3{,}4\times1{,}5)\times14=434{,}8$ W
$Q_{v''} = A \times U \times \Delta T = (A_{fal} \times U_{fal,szig} \times + A_{ablak} \times U_{ablak,szig}) \times \Delta T = ([4\times3{,}8-1{,}7\times2]\times0{,}9\times + 1{,}7\times2\times1{,}5)\times(20-6)°C$ $=(11{,}8\times0{,}9 + 3{,}4\times1{,}5)\times14=220$ W

23. Mennyi idő alatt térül meg egy B=2 millió Ft értékű napkollektor fűtési rendszerbe illesztése, ha vele naponta 50[kWh] energiát tudunk előállítani. (A napkollektor hiányában az energiát egy 90%-os hatásfokú gáztüzelésű kazánnal állítanánk elő.) A gáz fűtőértéke $H_ü$=34[MJ/Nm³], ára p=120[Ft/Nm³].

Az egy nap alatt megtakarított energia:
$E_{megt,1nap}$=50[kWh]=50×3,6=180[MJ]
Ezt a kazánnal
$E_{gáz,1nap}$=$E_{megt,1nap}$/0,9=180[MJ]/0,9=200[MJ]
energiájú gázból tudnánk előállítani, a 90% hatásfok miatt.
Az így megtakarított gáz mennyisége:
$V_{gáz,1nap}$=$E_{gáz,1nap}$/$H_ü$=200[MJ]/34[MJ/Nm³]=5,88[Nm³]
Az 1 nap alatt megtakarított gáz költsége:
$D_{megt,1nap}$=$V_{gáz,1nap}$×p=5,88[Nm³] ×120[Ft/Nm³]=705,88[Ft]
Az 1 év alatt megtakarított költség:
$D_{1év}$=365[nap] × $D_{megt,1nap}$=705,88[Ft] ×365=257 647[Ft]
A megtérülés ideje:
τ=B/ $D_{1év}$=2 000 000[Ft]/257 647[Ft]=7,762[év]

24. a) Mennyivel csökkenthető a fűtési költségünk, ha a téli fűtési időszakban a lakás belső hőmérsékletét t_{b1}=22°C-ról t_{b2}=19°C-ra csökkentjük? A fűtési szezon alatti külső (átlagos) léghőmérséklet t_k=4°C.

a) Q_1[W]=U×A×(t_{b1}-t_k)
Q_2[W]=U×A×(t_{b2}-t_k)

A két fűtési hőmennyiség-felhasználás aránya:
Q_2/Q_1=(t_{b2}-t_k)/(t_{b1}-t_k)=5/6=0,833
A csökkentés mértéke:
1-0,833=0,166=16,6%

b) Mekkora költség-megtakarítást jelent ez éves viszonylatban, ha a lakás eredő hőátbocsátási tényezője U=0,6 [W/m²K], a felülete A=300[m²]? A fűtési szezon hossza τ=180[nap], a gáz fűtőértéke $H_ü$=34[MJ/Nm³], az egységára p=120[Ft/Nm³].

A megtakarítás mértéke az a) feladatból számítva:
ΔQ=Q_1-Q_2=U×A×((t_{b1}-t_k)-(t_{b2}-t_k))=U×A×(t_{b1}-t_{b2})=
=0,6[W/m²K]×300[m²]×(22[°C]-19[°C])=540[W]
Ebből a megtakarított energia:
ΔE=ΔQ×τ=540[W]×180[nap]=540[W]×180×24×3600=8 400 000 000[J]=8400[MJ]
A megtakarított gázmennyiség:
$\Delta V_{gáz}$=ΔE/$H_ü$=8400[MJ]/34[MJ/Nm³]=247[Nm³]
Az évente megtakarított költség:
ΔD=$\Delta V_{gáz}$×p=247[Nm³]×120[Ft/Nm³]=<u>29 647[Ft]</u>