

Az SI Nemzetközi Mértékegység-rendszer geofizikai bevezetése

S A L A M O N B A T U R*

A kétrészes cikk célja a Magyarországon is kötelezően elrendelt Nemzetközi Mértékegység-rendszer ismertetése, néhány, a geofizikai alkalmazásra vonatkozó adattal és gyakorlati útmutatással.

The aim of the two-part article is to describe the International System of Units having also been introduced as obligatory in Hungary, as well as to provide some data concerning the geophysical application and some practical instructions.

Bevezetés

A műszaki élet területén dolgozó szakemberek általában szélsőséges véleménnyel fogadják egy új egységrendszer bevezetését. Ez az álláspont épp oly érthető, mint nem. A rendszer alkotói és alkalmazói szükségszerű viszonyban vannak. Gondoljunk csak arra, hogy nekünk, európaiaknak természetesnek tűnt, hogy az angolszász műszaki területeken bevezették a metrikus rendszert. De képzeljük el, egy angol mérnöknek az 1 font milyen magától érthető, érzékelhető tömegegység és az 1 kg mennyire nem az. Vagy az amerikai technikuskak a 100 °F egy trópusi nyári nap hőmérsékletét jelentette, míg 100 °C-on forr a víz. Most mi is hasonló gondban vagyunk: az új egységrendszer néhány egysége első olvasásra idegen, de elkerülhetetlenül meg kell szoknunk.

A vonatkozó MT rendelet [1] 15. §-a értelmében 1978. január 1-től minden új műszer és kiadvány készítésénél az SI-egységeket kell használni.

Rövid történeti előzmények

Az első tudományos egységrendszert C. F. Gauss dolgozta ki 1832-ben a földmágnésséggel kapcsolatban. W. E. Weber 1861-ben történt hozzájárulása után kialakult a Gauss – Weber rendszer, amit gyakran CGS (centiméter, gramm, szekundum) egységrendszernek is neveztek.

Az elektrotechnika fejlődésének hatására a Tudományos Haladás Brit Egyesülete 1862-ben kibocsátotta az ún. gyakorlati elektromos rendszert, amelyben a másodperc, ohm és a volt voltak az alapegységek. Meg kell jegyeznünk, hogy már a metrikus egységeket használták az angolszász egységek helyett.

1901-ben G. Gorgi olasz elektromérnök javaslatot nyújtott be, amelyben elsőnek sikerült egyesítenie a fizika és a műszaki tudományok területén egyöntetűen alkalmazható egységrendszert. Ez volt a méter, kilogramm, szekundum és amper egységekre alapozott MKSA-rendszer, amely a Kelvin-fok és a kandela egységekkel kibővítve, a fizika egész területére kiterjeszhető lett. Kézenfekvően származtatható volt a newton (N), az erő egysége ($1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$), illetve a joule (J), az energia egysége ($1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$). Ennek a javaslatnak kb. 60 évet kellett várni a nemzetközi elismerésre és közel 80 évet a tényleges bevezetésre!

* M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest.

Mi az SI lényege?

Az Általános Súly- és Mértékügyi Értekezlet (CGPM) XI. ülésén, 1960-ban fogadta el az SI-t (Système International).

Az SI-egységek a fizika minden területére érvényes, egyetlen koherens rendszert alkotnak. Nem egészen újak (lásd az MKSA-rendszert), egyes egységeit már több évtizede sok helyen használják, csak most általánossá, tökéletesebbé tették érvényüket.

Az SI-egységeket három osztályba sorolják:

- a) alapegységek,
- b) kiegészítő egységek,
- c) származtatott egységek.

Az 1. táblázatban foglaltuk össze az alapegységeket és a kiegészítő egységeket.

1. táblázat – Table 1. – Таблица 1.

SI-egységek – SI-units – Единицы СИ

Alapegységek		
Mennyiség	Egység neve	Jele
Hosszúság	méter	m
Tömeg	kilogramm	kg
Idő	másodperc	s
Elektromos áramerősség	amper	A
Termodinamikai hőmérséklet	kelvin	K
Anyagmennyiség	mól	mol
Fényerősség	kandela	cd

Kiegészítő egységek		
Síkszög	radián	rad
Térszög	szteradián	sr

Az elvileg korlátlan számú származtatott egységeket a 7 alapegység és a 2 kiegészítő egység hatványainak szorzataiként lehet kifejezni. Az ez ideig meghatározott származtatott egységekben a hatványkitevők egész számok. Tizenöt származtatott egységnek önálló elnevezése van, bár ezek mindegyike természetesen kifejezhető az alapegységekkel, illetve a kiegészítő egységekkel. Használtuk a rövidebb írásmód miatt mindenesetre előnyös. Ezeket foglaltuk össze a 2. táblázatban.

A mértékegységek többszöröseit és törtrészeit az egység neve elé illesztett, egy-egy szorzót jelentő, a 3. táblázatban felsorolt prefixumok egyikével kell képezni. A félreértések elkerülésére előljáróban megjegyezzük, hogy a prefixumokkal képzett mértékegységek már nem SI-egységek (pl. SI-egység a méter, de a centiméter, vagy a kilométer annak század része, illetve ezerszerese).

A prefixumok használatára idézzük az MT rendelet [1] utasításait:

Önálló elnevezésű származtatott SI-egységek
Derived SI-units having their own denomination
Производные единицы СИ, имеющие самостоятельное название

Mennyiség	Egység neve	Jele	Kifejezése más egységekkel
Elektromos feszültség	volt	V	W/A
Elektromos töltés	coulomb	C	A · s
Elektromos vezetés	siemens	S	A/V
Ellenállás	ohm	Ω	V/A
Erő	newton	N	m · kg · s ⁻²
Fényáram	lumen	lm	cd · sr
Frekvencia	hertz	Hz	s ⁻¹
Induktivitás	henry	H	V · s/A
Kapacitás	farad	F	A · s/V
Mágneses fluxus	weber	Wb	V · s
Mágneses indukció	tesla	T	Wb/m ²
Megvilágítás	lux	lx	lm/m ²
Munka, energia, hőmennyiség	joule	J	N · m
Nyomás	pascal	Pa	N/m ²
Teljesítmény	watt	W	J/s

3. táblázat – Table 3. – Таблица 3.

SI-prefixumok – SI-prefixes – Префиксы СИ

Prefixum	Jele	Szorzó, amellyel a mértékegységet meg kell szorozni
exa	E	1 000 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁸
peta	P	1 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁵
tera	T	1 000 000 000 000 = 10 ¹²
giga	G	1 000 000 000 = 10 ⁹
mega	M	1 000 000 = 10 ⁶
kilo	k	1 000 = 10 ³
hecto	h	100 = 10 ²
deka	da	10 = 10 ¹
deci	d	0,1 = 10 ⁻¹
centi	c	0,01 = 10 ⁻²
milli	m	0,001 = 10 ⁻³
mikro	μ	0,000 001 = 10 ⁻⁶
nano	n	0,000 000 001 = 10 ⁻⁹
piko	p	0,000 000 000 001 = 10 ⁻¹²
femto	f	0,000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁵
atto	a	0,000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁸

Mértékegységek szorzata vagy hányadosa által alkotott származtatott mértékegységek többszöröseit és törtrészeit a megfelelő SI-prefixumoknak a szorzatban, ill. hányadosban levő egy vagy több mértékegység elé történő illesztésével kell képezni,

Összetett (két vagy több egymáshoz illesztett prefixumból álló) prefixumot használni nem szabad.

A prefixumot a mértékegység nevével, ill., a prefixum jelét a mértékegység jelével egybe kell írni.

Mértékegységek többszöröseinek és törtrészeinek – prefixumjeltől és mértékegységjeltől álló – jele utáni hatványkitevő azt jelenti, hogy az adott többszöröst vagy törtrészt kell a megfelelő hatványra emelni. Például: $1 \text{ km}^2 = 1 (\text{km})^2 = (10^3 \text{ m})^2 = 10^6 \text{ m}^2$.

A hekto, deka, deci és centi prefixumok csak az alábbi pontokban külön meghatározott esetekben használhatók. Lásd a méter, kilogramm és a liter mértékegységeknél.

Az SI-egységek

A következőkben ismertetjük a fizika egyes területeire az SI-egységeket a már említett MT rendelet [1] szerint. Mellőzzük a definíciókat, amelyeket a részletek után érdeklődők máshol megtalálhatnak (pl. az [2], [3] és [4] irodalomban). Közöljük az SI-n kívüli, törvényes egységeket is, amelyek korlátozás nélkül, illetve szakterületi vagy határidő korlátozással használhatók, valamint a geofizikai szempontból számbavehető, de hatályon kívüli egységek átszámítási adatait.

1. Mechanika

1.1. Hosszúság

SI:

A hosszúság mértékegysége a méter; jele: m. A méterrel kapcsolatban a deci és centi prefixumok is használhatók.

SI-n kívüli:

- (1) Csak a légi és tengeri hajózásban használható hosszúság-mértékegység a tengeri mérföld:
 $1 \text{ tengeri mérföld} = 1852 \text{ m}$.
- (2) Csak a csillagászatban használható hosszúság-mértékegység a csillagászati (asztronómiai) egység:
 $1 \text{ csillagászati egység} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$.
- (3) Csak a csillagászatban használható hosszúság-mértékegység a parsec (ki-ejtése: parszek); jele: pc;
 $1 \text{ pc} = 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$ (közelítő érték).
- (4) Csak a csillagászatban használható hosszúság-mértékegység a fényév:
 $1 \text{ fényév} = 9,460 \cdot 10^{15} \text{ m}$ (közelítő érték).
- (5) A tengeri mérfölddel, a csillagászati egységgel, a parsec-kal és a fényévvel kapcsolatban SI-prefixumok nem használhatók.

1980. január 1-ig használható:

Az angström – jele: Å – csak a spektroszkópiában és az anyagszerkezet-tanban használható hosszúság-mértékegység:

$$1 \text{ Å} = 0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$$

Néhány angolszász hosszúság-mértékegység átszámítását a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat – Table 4. – Таблица 4.

Hosszúság-mértékegységek átszámítása
Conversion of length-units Пересчет единиц длины

Régi egység	SI-egység: m
1 mil	$25,4 \cdot 10^{-6}$
1 in (1 hüvelyk)	$2,540 \cdot 10^{-2}$
1 ft (1 láb)	$3,048 \cdot 10^{-1}$
1 yd	$9,144 \cdot 10^{-1}$
1 mile (1 mérföld)	$1,609 \cdot 10^3$

1.2. Terület

SI:

A terület mértékegysége a négyzetméter; jele: m^2 . A négyzetméter többszöröse és törtrészei a méter törvényes többszöröseinek és törtrészeinek négyzetei.

SI-n kívüli:

- (1) Csak a földterület meghatározására használható terület-mértékegység a hektár; jele: ha,
 $1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ m}^2$.
- (2) A hektárral kapcsolatban SI-prefixumok nem használhatók.

1980. január 1-ig használható:

A barn – jelle: b – csak az atom- és magfizikában használható terület-mértékegység:

$$1 \text{ b} = 100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2.$$

Néhány egyéb terület-mértékegység átszámítását az 5. táblázatban foglaltuk össze.

5. táblázat – Table 5. – Таблица 5.

Terület-mértékegységek átszámítása
Conversion of area-units Пересчет единиц площ площади

Régi egység	SI-egység: m^2
1 in ²	$6,452 \cdot 10^{-4}$
1 ft ²	$9,290 \cdot 10^{-2}$
1 yd ²	$8,361 \cdot 10^{-1}$
1 ha	$1,000 \cdot 10^4$
1 mile ²	$2,590 \cdot 10^6$

1.3. Térfogat

SI:

A térfogat mértékegysége a köbméter, jele: m^3 . A köbméter többszörösei és törtrészei a méter törvényes többszöröseinek és törtrészeinek köbei.

SI-n kívüli:

- (1) Térfogat- (űrtartalom-) mértékegység a liter;
jele: l,
 $1\text{ l} = 1\text{ dm}^3 = 0,001\text{ m}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$.
- (2) A literrel kapcsolatban a hekto, deci és centi prefixumok is használhatók. Néhány eddig használatos – főleg angolszász – térfogat-mértékegység átszámítását a 6. táblázatban foglaltuk össze.

6. táblázat – Table 6. – Таблица 6.

Térfogat- és űrtartalom-mértékegységek átszámítása

Conversion of units of volume and cubic measures

Пересчет единиц объема

Régi egység	SI-egység: m^3
1 in ³	$1,639 \cdot 10^{-5}$
1 gal (U.S.A.)	$3,785 \cdot 10^{-3}$
1 gal (U.K.)	$4,546 \cdot 10^{-3}$
1 ft ³	$2,832 \cdot 10^{-2}$
1 bbl (kőolaj)	0,159
1 yd ³	$7,646 \cdot 10^{-1}$

1.4. Síkszög

SI:

A síkszög mértékegysége a radián; jele: rad. A síkszög név helyett, olyan esetekben, amikor ez félreértést nem okozhat, a szög név is használható.

SI-n kívüli:

- (1) Síkszög-mértékegységek:

a) a fok; jele: °

$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad,}$$

b) a perc (ívperc); jele: ′

$$1' = \frac{1^\circ}{60} = \frac{\pi}{10\,800} \text{ rad,}$$

c) a másodperc (ívmásodperc); jele: ''

$$1'' = \frac{1'}{60} = \frac{1^\circ}{3600} = \frac{\pi}{648\,000} \text{ rad.}$$

(2) A fokkal, az ívperccel és az ívmásodperccel kapcsolatban SI-prefixumok nem használhatók.

(3) Csak a geodéziában használható síkszög-mértékegység a gon – jele: gon – vagy újfok,

$$1 \text{ gon} = 1 \text{ újfok} = \frac{\pi}{200} \text{ rad.}$$

1.5. Térszög

SI:

A térszög mértékegysége a szteradián; jele: sr.

1.6. Tömeg

SI:

A tömeg mértékegysége a kilogramm; jele: kg. A kilogramm többszörösei és törtrészei: a gramm; jele: g,

$$1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ kg},$$

továbbá az SI-prefixumokban a gramm egység név elé történő illesztésével képzett többszörösök és törtrészek. A grammal kapcsolatban a deka és a centi prefixumok is használhatók; a dekagramm jele dkg is lehet.

SI-n kívüli:

(1) Tömegmértékegység a tonna; jele: t,

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 10^3 \text{ kg} = 1 \text{ Mg.}$$

(2) Csak az atom- és magfizikában használható tömegmértékegység az atomi tömegegység; jele: u,

$$1 \text{ u} = 1,660\,57 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \text{ (közelítő érték).}$$

1980. január 1-ig használható:

A karát (metrikus karát), csak drágakövek és igazgyöngyök tömegének meghatározására használható tömegmértékegység;

$$1 \text{ karát} = 0,2 \text{ g} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ kg.}$$

A mázsa (métermázsa) – jele: q – tömegmértékegység;

$$1 \text{ q} = 100 \text{ kg} = 10^2 \text{ kg.}$$

A törvényes tömegmértékegységre történő néhány átszámítást a 7. táblázatban foglaltuk össze.

Tömegmértékegységek átszámítása

Conversion of mass measures

Пересчет единиц массы

Régi egység	SI-egység: kg
1 grain	$6,480 \cdot 10^{-5}$
1 oz	$2,835 \cdot 10^{-2}$
1 lb	$4,536 \cdot 10^{-1}$

1.7. Sűrűség

SI:

A sűrűség mértékegysége a kilogramm per köbméter;
jele: kg/m^3 , vagy $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Az eddig használatos sűrűség mértékegységek közötti átszámításokat a 8. táblázatban foglaltuk össze. Megjegyezzük, hogy a sűrűség mértékegység reciprokja mint fajlagos térfogat ismeretes, jele: m^3/kg .

8. táblázat – Table 8. – Таблица 8.

Sűrűség-mértékegységek átszámítása

Conversion of density measuring units

Пересчет единиц плотности

Régi egység	SI-egység: kg/m^3
1 g/cm^3	$1 \cdot 10^3$
1 lb/in^3	$27,679 \cdot 10^3$
1 lb/gal (U.S.A.)	$1,198 \cdot 10^2$
1 lb/ft^3	16,0185
1 oz/ft^3	1,001 16

1.8. Idő

SI:

Az idő mértékegysége a másodperc (szekundum);
jele: s.

SI-n kívüli:

(1) Időmértékegységek:

a) a perc; jele: min

1 min = 60 s

b) az óra; jele: h

1 h = 60 min = 3600 s

- c) a nap; jele: d
 $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min} = 86\,400 \text{ s}$
- d) a naptári időegységek: a hét, a hónap, az év.
- (2) A fenti időmértékegységekkel kapcsolatban SI-prefixumok nem használhatóak.

1.9. Frekvencia

SI:

A frekvencia mértékegysége a hertz (kiejtése: here);
 jele: Hz,

$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}} = 1 \text{ s}^{-1}.$$

Jegyezzük meg, hogy főleg az angol és amerikai gyakorlatban használatos ciklus/s, vagy c/s, vagy cpm jelölés nem törvényes.

1.10. Sebesség

SI:

A sebesség mértékegysége a méter per másodperc;
 jele: m/s, vagy $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

SI-n kívüli:

Sebesség-mértékegység a kilométer per óra; jele: km/h,

$$1 \text{ km/h} = \frac{1}{3,6} \text{ m/s}.$$

1.11. Gyorsulás

SI:

A gyorsulás mértékegysége a méter per másodperc a négyzetten; jele: m/s^2 ,
 vagy $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

A nehézségi gyorsulás normális értéke: $9,806\,65 \text{ m/s}^2$.

1.12. Szögsebesség

SI:

A szögsebesség mértékegysége a radián per másodperc;
 jele: rad/s, vagy $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

1.13. Szöggyorsulás

SI:

A szöggyorsulás mértékegysége a radián per másodperc a négyzetten; jele:
 rad/s^2 , vagy $\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$.

1.14. Erő

SI:

Az erő mértékegysége a newton (kiejtése: nyúton);

jele: N,

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

1980. január 1-ig használható:

Az erőkilogramm (kilopond) – jele: kgf vagy kp – erőmértékegység:

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kp} = 9,806 \text{ 65 N}.$$

A törvényes erőmértékegységre történő átszámításokat a 9. táblázatban foglaltuk össze.

9. táblázat – Table 9. – Таблица 9.

Erőmértékegységek átszámítása	
Conversion of units of force	Пересчет единиц силы
Régi egység	SI-egység: N
1 din	$1 \cdot 10^{-5}$
1 ozf	$2,780 \cdot 10^{-1}$
1 lbf	4,448
1 kp	9,807

1.15. Nyomás

SI:

A nyomás mértékegysége a pascal (kiejtése: paszkal); jele: Pa,

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}.$$

A normális légköri nyomás (a fizikai atmoszféra) értéke 101 325 Pa.

SI-n kívüli:

Csak folyadékok és gázok nyomásának meghatározására használható nyomásmértékegység a bar; jele: bar,

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ 000 Pa} = 10^5 \text{ Pa}.$$

1980. január 1-ig használható:

A technikai atmoszféra – jele: kgf/cm² vagy kp/cm² vagy at – nyomásmértékegység,

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ at} = 98 \text{ 066,5 Pa}.$$

A torr – jele: Torr – nyomásmértékegység,

$$1 \text{ Torr} = \frac{101 \text{ 325}}{760} \text{ Pa}.$$

A higanyoszlop-milliméter (higanymilliméter) – jele: mmHg – nyomásmértékegység,

$$1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ Pa}.$$

(Folytatás a következő 5. számban)