

Kis Károly

---

# Általános geofizikai alapismeretek

Lektorálták:

**Györfy János  
Márton Péter  
Szeidovitz Győző**

Az ábrákat szerkesztették:

**Jesús Reyes Nunez  
Nemesi Szilvia**

© Kis Károly, 2002, 2007

Második, bővített kiadás

**ISBN 963 463 542 3**



---

Felelős kiadó: Hunyady András, igazgató

Nyomdai munkák: Danár Nyomda Kft.



# TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ AZ ELSŐ KIADÁSHOZ .....	11
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	12
ELŐSZÓ A MÁSODIK, BŐVÍTETT KIADÁSHOZ .....	13
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....	14
<b>1. A GEOFIZIKA FELADATA ÉS KAPCSOLATA A FÖLDTUDOMÁNYOKKAL .....</b>	<b>15</b>
1.1. A GEOFIZIKA DEFINÍCIÓJA ÉS SZAKTUDOMÁNYAI .....	15
1.2. NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS EGYÜTTMŰKÖDÉSEK .....	16
1.3. A NAPRENDSZER ÉS A FÖLD .....	19
1.4. A FÖLD ÉS A NAPRENDSZER BOLYGÓINAK KIALAKULÁSA .....	28
1.5. A GEOFIZIKA ÉS A PLANETOLÓGIA KÖLCÖNTHATÁSA .....	32
<b>2. SZEIZMOLÓGIA ÉS A FÖLD BELSŐ SZERKEZETE .....</b>	<b>35</b>
2.1. BEVEZETÉS .....	35
2.2. RUGALMAS DEFORMÁCIÓK ÉS FESZÜLTSÉGEK .....	39
2.2.1. Bevezetés .....	39
2.2.2. Rugalmas deformációk .....	40
2.2.3. Rugalmas feszültségek .....	42
2.2.4. Rugalmas állandók .....	43
2.3. RUGALMAS HULLÁMOK .....	47
2.3.1. Bevezetés .....	47
2.3.2. A hullámegyenlet megoldásai: longitudinális, transzverzális és felületi hullám .....	48
2.3.3. Energiaterjedés harmonikus síkhullám formájában .....	52
2.3.4. A rugalmas hullámok diszperziója .....	52
2.4. FÖLDRENGÉSHULLÁMOK TERJEDÉSE A FÖLDBEN .....	55
2.4.1. Bevezetés .....	55
2.4.2. Rugalmas hullámok törése .....	55

2.4.3.	Látszólagos sebesség .....	58
2.4.4.	A földrengéshullámok pályája .....	59
2.4.5.	A menetidőgörbe .....	61
2.4.5.1.	<i>A direkt hullám menetidőgörbéje</i> .....	61
2.4.5.2.	<i>A reflektált hullám menetidőgörbéje</i> .....	62
2.4.5.3.	<i>A refraktált hullám menetidőgörbéje</i> .....	63
2.4.6.	A földrengések térhullámainak menetidőgörbéje .....	65
2.5.	A FÖLDRENGÉSEK PARAMÉTEREINEK MEGHATÁROZÁSA .....	71
2.5.1.	Bevezetés .....	71
2.5.2.	A földrengés kipattanási idejének meghatározása .....	72
2.5.3.	Az epicentrum meghatározása .....	73
2.5.4.	A földrengések fészekmélységének meghatározása .....	74
2.5.5.	A földrengések intenzitása .....	75
2.5.5.1.	<i>A Mercalli–Cancani–Sieberg-skála</i> .....	76
2.5.5.2.	<i>MSK–64 földrengés-erősségi skála</i> .....	78
2.5.6.	A Kövesligethy-féle eljárás .....	80
2.5.7.	A földrengések magnitúdója .....	82
2.6.	A FÖLDRENGÉSEK EPICENTRUMÁMAK ÉS HIPOCENTRUMÁNAK ELOSZLÁSA, GYAKORISÁGA ÉS EREDETE .....	85
2.6.1.	Bevezetés .....	85
2.6.2.	A földrengések epicentrumának eloszlása .....	85
2.6.3.	A földrengések hipocentrumának eloszlása .....	91
2.6.4.	A földrengések gyakorisága .....	91
2.6.5.	A földrengések és a rugalmas hullámok eredete .....	93
2.6.5.1.	<i>Tektonikus eredetű földrengések</i> .....	93
2.6.5.2.	<i>Vulkáni tevékenység által okozott földrengések</i> .....	98
2.6.5.3.	<i>Meteorológiai eredetű rugalmas hullámok</i> .....	98
2.6.5.4.	<i>Bányászat által okozott rugalmas hullámok</i> ..	98
2.6.5.5.	<i>Ipari tevékenységből származó rugalmas hullámok</i> ..	99
2.6.5.6.	<i>Robbantásokkal keltett rugalmas hullámok</i> .....	99
2.7.	AZ ADAMS–WILLIAMSON-FÉLE EGYENLET .....	102
2.7.1.	Bevezetés .....	102
2.7.2.	A sűrűség–mélység eloszlás .....	102
2.8.	A SZEIZMOGRÁFOK MŰKÖDÉSI ELVE .....	106
2.8.1.	Bevezetés .....	106
2.8.2.	A szeizmográfok differenciálegyenlete .....	108
2.8.3.	Szeizmológiai obszervatóriumok .....	111
2.9.	A FÖLD SZERKEZETE .....	112
2.9.1.	Bevezetés .....	112
2.9.2.	A földkéreg .....	113
2.9.3.	<i>A földköpeny</i> .....	119
2.9.4.	<i>A földmag</i> .....	128

2.10.	A FÖLD TERMIKUS FOLYAMATAI .....	130
2.10.1.	Bevezetés .....	130
2.10.2.	Hőszugárzás .....	130
2.10.3.	Hővezetés .....	131
2.10.4.	A hőmérséklet eloszlása a kontinentális és az óceáni kéregben	136
2.10.5.	A hőmérséklet eloszlása a földköpenyben és a földmagban ...	136
2.11.	A HOLD SZEIZMOLÓGIAI VIZSGÁLATA .....	140
2.12.	A SZEIZMIKUS KUTATÓMÓDSZER .....	142
2.13.	A FÖLDRENGÉSEK ELŐREJELZÉSE .....	145
2.14.	A SZEIZMOLÓGIA TÖRTÉNETÉNEK VÁZLATOS ÖSSZEFOGLALÁSA .....	149
<b>3.</b>	<b>A FÖLD NEHÉZSÉGI ERŐTERE, ALAKJA ÉS FORGÁSA .....</b>	<b>155</b>
3.1.	BEVEZETÉS .....	155
3.2.	TÖMEGVONZÁSI POTENCIÁL ÉS TÉRERŐSSÉG .....	155
3.2.1.	A tömegvonzási potenciál és térerősség elemi bevezetése ....	156
3.2.2.	A tömegvonzási potenciál általános bevezetése .....	159
3.3.	CENTRIFUGÁLIS POTENCIÁL ÉS TÉRERŐSSÉG .....	161
3.4.	A FÖLD NEHÉZSÉGI POTENCIÁLJA .....	163
3.4.1.	Bevezetés .....	163
3.4.2.	A tömegvonzási potenciál specializálása .....	163
3.4.3.	A nehézségi potenciál szferoidális közelítése .....	165
3.4.4.	A Föld normál alakja .....	168
3.4.5.	A Föld normál nehézségi erőtere .....	170
3.4.6.	Az 1980-as Geodéziai Rendszer .....	171
3.5.	A NEHÉZSÉGI ERŐTÉR HELYTŐL FÜGGŐ VÁLTOZÁSAI .....	173
3.5.1.	A nehézségi gyorsulás változásának nagyságrendi becslése ..	173
3.5.2.	A nehézségi erőter horizontális gradiense .....	173
3.5.3.	A nehézségi erőter vertikális gradiense .....	174
3.6.	A NEHÉZSÉGI GYORSULÁS ABSZOLÚT ÉS RELATÍV MÉRÉSE, GRAVITÁCIÓS ANOMÁLIÁK .....	175
3.6.1.	A nehézségi gyorsulás abszolút mérése .....	175
3.6.2.	A nehézségi gyorsulás relatív mérése .....	178
3.6.3.	Gravitációs anomáliák .....	180
3.7.	GEOIDUNDULÁCIÓ .....	187
3.7.1.	Geoid .....	187
3.7.2.	Geoidunduláció .....	187
3.8.	IZOSZTÁZIA .....	194
3.8.1.	Magasságok és mélységek eloszlása .....	194

3.8.2.	A Pratt- és az Airy-féle izosztatikus modell .....	195
3.8.3.	Vening Meinesz-féle regionális izosztatikus modell .....	198
3.9.	AZ ŰRGEODÉZIA NÉHÁNY EREDMÉNYE .....	203
3.9.1.	Bevezetés .....	203
3.9.2.	Nagyon hosszú bázisvonalú interferometria .....	203
3.9.3.	Lézeres űrgeodézia .....	205
3.9.4.	Topex–Poseidon program .....	205
3.10.	ÁRAPÁLY .....	210
3.10.1.	Periodikus vízszintváltozás az óceáni partvidéken .....	210
3.10.2.	Az árapály-potenciál .....	211
3.10.3.	Az árapály vizsgálatából meghatározott periódusok .....	219
3.11.	A FÖLD FORGÁSI SZÖGSEBESSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA .....	221
3.11.1.	Az időmérés .....	221
3.11.2.	Árapállysúrlódás .....	222
3.11.3.	A nap hosszának változásai .....	224
3.12.	A FÖLD FORGÁSTENGELYÉNEK IRÁNYVÁLTOZÁSAI .....	225
3.12.1.	Luniszoláris precesszió .....	225
3.12.2.	A planetáris precesszió és a csillagászati nutáció .....	229
3.13.	A PÓLUSMOZGÁS .....	229
3.13.1.	A pólusingadozás .....	229
3.13.2.	Pólusvándorlás .....	232
3.14.	HASZNOSÍTHATÓ ÁSVÁNYI NYERSANYAGOK KUTATÁSA GRAVITÁCIÓS MÓDSZERREL .....	233
3.14.1.	<i>Bouguer-anomáliák</i> .....	233
3.15.	A HOLD, A VÉNUSZ ÉS A MARS GLOBÁLIS GRAVITÁCIÓS ANOMÁLIÁI .....	235
3.15.1.	A Hold globális gravitációs anomáliái .....	235
3.15.2.	A Vénusz globális gravitációs anomáliái .....	239
3.15.3.	A Mars globális gravitációs anomáliái .....	243
3.16.	A FÖLD ALAKJÁVAL ÉS GRAVITÁCIÓS TERÉVEL KAPCSOLA- TOS NÉHÁNY TUDOMÁNYTÖRTÉNETI ADAT .....	246
<b>4.</b>	<b>FÖLDMÁGNESSÉG</b> .....	<b>253</b>
4.1.	BEVEZETÉS .....	253
4.2.	A DIPÓLUS MÁGNESES TERE .....	253
4.3.	A FÖLDI MÁGNESES TÉR ELEMEI .....	257
4.4.	A FÖLDI MÁGNESES TÉR ANALITIKAI LEÍRÁSA .....	260
4.4.1.	A dipólustér momentumának és irányának meghatározása ...	263

4.5.	A FÖLDI MÁGNESES TÉR MÉRÉSE .....	266
4.5.1.	Mágneses obszervatóriumok .....	266
4.5.2.	Protonprecessziós magnetométer .....	268
4.6.	A FÖLD MÁGNESES TERÉNEK HELYTŐL FÜGGŐ VÁLTOZÁSAI .	270
4.7.	A FÖLDI MÁGNESES TÉR IDŐTŐL FÜGGŐ VÁLTOZÁSAI .....	271
4.7.1.	A földi mágneses tér paleoszekuláris variációja .....	273
4.7.1.1.	<i>Kőzetmágnesség</i> .....	273
4.7.1.2.	<i>A paleopólus helyzetének meghatározása</i> .....	276
4.7.2.	A földi mágneses tér évszázados változása .....	277
4.7.2.1.	<i>A földi mágneses tér évszázados változásának globális analízise</i> .....	281
4.7.3.	Nyugodt napi variációk ( <i>Sq variációk</i> ) .....	284
4.7.4.	Mágneses háborgások .....	284
4.7.5.	Pulzációk .....	287
4.8.	A BELSŐ EREDETŰ FÖLDI MÁGNESES TÉR .....	288
4.8.1.	Dinamómodellek .....	290
4.8.1.1.	<i>Korongdimanók</i> .....	290
4.8.1.2.	<i>Parker-féle dinamómodell</i> .....	294
4.8.2.	A nondipóltér nyugati driftje .....	297
4.8.3.	A földi mágneses tér szekuláris variációjának analízise .....	297
4.8.4.	<i>Glatzmaier–Roberts-féle dinamó</i> .....	300
4.9.	A KÜLSŐ EREDETŰ MÁGNESES TERET LÉTREHOZÓ FOLYAMATOK .....	306
4.9.1.	A légkör rétegződése, ionosféra, magnetosféra .....	306
4.9.2.	A földi mágneses tér és a napszél kölcsönhatása .....	310
4.9.3.	Töltött részecskék mozgása elektromágneses térben .....	312
4.9.4.	Vezetőképesség elektromágneses térben .....	314
4.9.5.	Nyugodt napi variációkat létrehozó folyamatok .....	316
4.9.6.	Mágneses háborgásokat létrehozó folyamatok .....	317
4.9.6.1.	<i>Magnetopauza-áram (Chapman–Ferraro-áram)</i> .....	317
4.9.6.2.	<i>Mágnesesuszály-áram</i> .....	317
4.9.6.3.	<i>Mágneses erővonal menti áram (Birkeland-áram)</i> ...	319
4.9.6.4.	<i>Poláris elektrojet</i> .....	322
4.9.6.5.	<i>Mágneses háborgás</i> .....	322
4.9.6.6.	<i>Mágneses pulzációk</i> .....	323
4.9.6.7.	<i>Sarki fény (aurora)</i> .....	324
4.10.	MAGYARORSZÁGI MÁGNESES ALAPHÁLÓZAT .....	326
4.11.	A MÁGNESES MÉRÉSEK ALKALMAZÁSA .....	330
4.12.	A NAPRENDSZER BOLYGÓINAK MÁGNESES TERE .....	334
4.13.	TUDOMÁNYTÖRTÉNETI ADATOK A FÖLDMÁGNESSEGRŐL .....	339

<b>5. GEODINAMIKA</b> .....	345
5.1. BEVEZETÉS .....	345
5.2. A LEMEZTEKTONIKA ELŐZMÉNYEI .....	345
5.3. LEMEZTEKTONIKA .....	352
5.4. SZEIZMIKUS TOMOGRÁFIA .....	362
5.5. HŐSZLOPOK .....	365
5.6. ÁRAMLÁSOK A FÖLDKÖPENYBEN .....	367
<b>FÜGGELÉK</b> .....	371
F.1. GÖMBI HARMONIKUS FÜGGVÉNYEK .....	371
F.2. FÖLDTÖRTÉNETI KOR SZERINTI OSZTÁLYOZÁS .....	376
<b>IRODALOMJEGYZÉK</b> .....	379
<b>TÁRGYMUTATÓ</b> .....	393
<b>NÉVMUTATÓ</b> .....	403
<b>SZÍNES KÉPMELLÉKLETEK</b> .....	413