

# „MINDENNEK VAN MÉRTÉKE” – A MÉRÉSEK ÉS MÉRTÉKRENDSZEREK HISTÓRIÁJÁBÓL

RESZLER GÁBOR

A római költő, Horatius szatírájában olvasható a címbeli idézet. A római költőnél négy évszázaddal korábban élt Prótagorasz, a szofista gondolkodó híres tételével azt állította, hogy minden dolog mértéke az ember. Évezredekkel később József Attila ars poeticájában arra bátorított, hogy a mindenséggel mérjük magunkat, Ancsel Éva filozófus egyik esszéjében pedig az ember mértékéről vagy mérték-hiányáról foglalta össze gondolatait.<sup>1</sup> Ezek a kiragadott példák mutatják, hogy a mértékekről és a mérésekről nem csupán a hétköznapi vagy természettudományos igényből születtek felismerések, de a világmindenséghez képest mikroporszemnyi ember önmeghatározásra törekvése is számtalan bölcsességgel gazdagította a kultúrát. Jelen írásunkkal nem ezeknek a gondolatoknak az elemzése, értelmezése a célunk, inkább a mérések és mértékrendszerek történetéből idézünk fel néhány fontosnak ítélt mozzanatot. A színek jelentéstartalom-változásainak nyomon követésénél<sup>2</sup> jóval nehezebb a mértékek és mérőeszközök históriájának tömör áttekintése. Az őskori kezdetekkel kapcsolatban inkább csak gyaníthatjuk, hogy a szerszámkészítő embernek már szüksége volt bizonyos ismeretekre ahhoz, hogy az ökölkövet vagy hajító lándzsát, később az íjat és nyilat kellően megformálja. Természetesen az obszidián nyílhegy súlyát nem mérte le, mielőtt a tollvégű vesszőhöz erősítette, csak becsléssel válogatta ki a legalkalmasabbnak vélt vulkáni üvegdarabkákat. A termelő életmódra áttért faluközösségek, majd városállamok vezetői ugyanakkor már elvárták a raktárakba behordott termés nyilvántartását, a beszolgáltatót adók mennyiségének ellenőrzését. Ezek az igények az ókori keleti társadalmakban fejlett mérésügyet teremtettek. Létrejöttek az első mértékrendszerek, és rögtön megjelent a törekvés a mértékek egységesítésére. Az első termelő közösségek falvaiban, majd városaiban, később a hatékonyabb termelés-szervezés igényével kialakított régiókban és birodalmakban használt mértékeknél közös jellemző volt, hogy a mértékegységeket az emberi testrészek, illetve a megtermelt javak tárolására alkalmazott eszközök nagyságához viszonyították. Ebből a gyakorlatból azután sokszínű és nehezen áttekinthető mérési rendszerek születtek egymástól függetlenül a világ különböző részein. A közvetítő kereskedelemmel jutottak el a mértékek az egymástól távol élő társadalmakhoz. Egészen a 18. századig nem az egységesülés figyelhető meg, hanem újabb mértékváltozatok jöttek létre. Az ókori források, forrástörédek tanulmányozói a megmondható, hogy az átváltás, átszámítás esetenként újabb anomáliákat és megoldhatatlannak tetsző feladványokat szült.

Mit mér az ember? A tömör válasz, hogy mindent. Mindent, ami őt a természetben körülveszi, ami nyersanyagként munkájának alapjául szolgál, ezen kívül méri a megter-

<sup>1</sup> Ancsel Éva: Az ember mértéke vagy mérték-hiánya. Budapest, 1992.

<sup>2</sup> Reszler Gábor: Színek a történelemben. In A színek és színnevek világa. Szerk. Székely Gábor. Budapest, 2018. 32–39.

melt javak mennyiségét, forgalmi értékét. A hosszúságot, a súlyt vagy tömeget, a térfogatot vagy űrtartalmat, a távolságot, a darabszámot, a sebességet szárazföldön, tengereken, majd a levegőben, a szélerősséget, a hőmérsékletet, a légnyomást, az időt, a nyomdapapír méretét, a rányomtatott szöveg nagyságát, a látás élességét, a képalkotó berendezések felbontóképességét, a számítógépen tárolt adatmennyiséget, és még hosszan sorolhatnánk.

## 1. Ókori és középkori mértékegységek

A Tigris és az Eufrátesz vidékén kialakult korai városállamok romjait feltáró régészek hozták felszínre a legrégebbi súlyokat és mérlegeket, amelyek egyben a mérés 5 ezer évvel ezelőtti kezdeteinek tárgyi emlékei. A súly- és térfogatomértékek összehangolt rendszerét többek között a korai magaskultúrák tartalékolásra épülő gazdálkodásmódja és az előkelők raktárainak nyilvántartása teremtette meg. A legkorábbi feljegyzett egységek a sumer papkirályok írnokainak havi mérlegkimutatásaiban maradtak fenn. A gazdasági naplókban rendszeresen agyagtáblákra írták az árukészletet, a pénzként szolgáló ezüst vagy réz mennyiségét és a kereskedelmi jellegű számításokat. Ekkortájt alakultak ki az első számrendszerek. Az Indus mentén élt tudósok a nulla betagolásával megalkották a decimális rendszert, amelyet azután az egyiptomiak is használtak. A sumerok a tízes mellett kifejlesztették a 60-as számrendszert.

Mezopotámiában a templomgazdaságok raktáraiba behordott gabona mérésére űrmérték szolgált, és ezek a mértékegységek – edény és gabonaszem – jelentek meg a természetbeli fizetség egységeként. A Kr. e. 2600-ig tartott Suruppak-korszakban a fém volt a csereeszköz, de értékét gabona-űrmértékben fejezték ki: 180 gabonaszem (átszámítva 8,4 gramm) volt egy sékel. A gabonaszem súlyegységet is jelentett, amit a rendkívül érzékeny kétkarú mérlegen lemérhettek. A Kr. e. 3. évezred első felében formálódott ki a földmérés mestersége. Mivel a nagy áradások eltörölték a mezsgyehatárokat, a földeket újra ki kellett mérni. A városállamokban egységes hosszúságú mértékek nem jöttek létre, a mértékegységek területenként változtak a helyben elfogadott lépéstáv, talpalat (egy talpnyi hossz) és tenyér tényleges méretétől függően.

A hüvelyk, a tenyér, a könyök és az öl mértékegységként a későbbi korokban tovább élt, de kultúránként más-más mennyiséget jelöltek. Az ókori egyiptomi hüvelyk például kb. 1,9 centiméter volt, és 28 hüvelyk adott ki egy rőföt, amely bő fél méternek felelt meg. Az ókori görögöknél a hüvelyk (daktülosz) hasonlóan nem egészen 2 centiméternyi volt. Négy daktülosz egyenlő volt egy tenyérrel (palaiszté), 16 daktülosz pedig egy lábbal (pusz), vagyis 30,88 centiméterrel. Hat pusz tett ki egy ölt (orgüa), azaz átszámítva 1,8 métert. Az ókori görög hosszúságértékek között egyedi a sztadion, amely 600 lábbal egyenlő. A láb mértéke poliszonként eltért: Athénban egy sztadion 177,6 méternyi volt, míg Olümpiában 212,14 méter. Az első olimpiai versenyszámot, a futást egy sztadion hossznyi pályán rendezték meg, erről kapta a versenyek színhelye a stadion elnevezést.<sup>3</sup> A rómaiak jórészt a görög mértékegységeket követték, de egy hüvelyk (digitus) náluk csak 18,5 milliméter volt, a láb (pes) pedig 16 digitusból állt (29,6 cm). 24 digitus tett ki

<sup>3</sup> A különböző sztadionok hosszához lásd Rubicon 2008. 6. szám 14. Olümpiában a rajt-cél távolság 192,27 méternyi volt, Delphoiban a sztadion 177,35 métert tett ki, az iszthmoszi játékok stadionja 181,15 és az athéni Panathénaia 184,3 méter hosszú volt.

egy könyököt (cubitus, 44,4 cm). A legnagyobb egység, a milium (mille passuum, azaz mérföld) ötezer lábbal, vagyis 1480 méterrel volt egyenlő.<sup>4</sup>

A hosszmértékek mellett idővel a területi és a tömegmértékegységek is kialakultak. Területi mérésre szolgált a görögöknél a plethron, amely kb. 950 m<sup>2</sup>-rel feleltethető meg.<sup>5</sup> A rómaiak a iugerum-ot használták, ezzel negyed hektárnyi földet jelöltek. Csereérték kifejezésére is alkalmazták a tömegmértékegységeket. Kevesebb volt egy grammnál a görög obolosz, és 6 obolosz tett ki egy attikai drakhmát. A római súlyok kevésbé voltak változatosak, mint a görög városállamoké. Jellemzően gömbszerűre formálták azokat, és fémből vagy kőből készültek. Felül, valamint alul laposak voltak, a súly nagyságát a felső részen jelölték. Az alapegységnek tekinthető a 327,45 grammos római font (libra vagy as), amelyet 12 unciára osztottak (27,288 gr).<sup>6</sup> A nagyobb mennyiségek mérésénél a 25,5 kilogrammos talentumot vették igénybe. Ūrmértékként a bő fél liternyi sextarius és az amfora volt forgalomban. Utóbbi 48 sextarius-szal egyenlő, azaz bő 25 literrel.

## 2. Ókori hosszmértékek

egyiptomi		görög		római	
<i>mértékegység neve</i>	<i>modern megfelelője</i>	<i>mértékegység neve</i>	<i>modern megfelelője</i>	<i>mértékegység neve</i>	<i>modern megfelelője</i>
hüvelyk	1,9 cm	daktülosz (hüvelyk)	1,93 cm	digitus (hüvelyk)	1,85 cm
rőf = 28 hüvelyk	53,2 cm	palaiszté (tenyér) = 4 daktülosz	7,72 cm		
		pusz (láb) = 16 daktülosz	30,88 cm	pes (láb) = 16 digitus	29,6 cm
				cubitus (könyök) = 24 digitus	44,4 cm
		orgüa (öl) = 6 pusz	185,28 cm		
		sztadion = 600 pusz	157 métertől 209 méterig	milium (mértöld) = 5000 pes	1480 m

A Római Birodalom bukása után a korábban ismert mértékegységek többsége fennmaradt a Bizánci Császárságban, illetve tovább élt a Nyugat-Európában megalakult államokban. A gazdasági széttagoltság miatt az egymástól távolabb eső vidékeken honos mértékegységek nehezen voltak megfeleltethetők egymásnak. A legelterjedtebb Karoling-kori Ūrmérték, a véka 20 és 70 liter között ingadozott. Súlymértékként a font súlyát 408 és 491 gramm közé becsülik a kutatók. A Frank Birodalom egységét megteremtő

<sup>4</sup> Római történeti kézikönyv. Szerk. Németh György. Budapest, 2001. 254–255.

<sup>5</sup> A plethront hosszmértékként is használták. 100 lábnak, azaz a sztadion hatodrészének felelt meg (25 és 35 méter között). Koronként és területenként eltért, az attikai plethron például 29,6 méternyi volt.

<sup>6</sup> Római történeti kézikönyv, 2001. 414.

Nagy Károly átmenetileg ugyan szabályozta a mértékeket és a súlyokat, de azok tartós egységesítését nem érte el.

Az átfogó szabályozás, rendteremtés igénye nem a frank császárnál jelent meg először a mérések történetében. Az országot egyesítő, a kínai nagy falat emeltető Si Huang-ti császár, a Csin-dinasztia uralkodója Kr. e. 220 körül Kínában egységes mérték-, súly-, fém pénz- és írásrendszert vezetett be. A kiépült úthálózattal együtt ettől a reformtól a belső kereskedelem fellendülését és a birodalom egységének megerősítését remélte az uralkodó. A súlymérésnél az alapegység az 1 lei (10 köles szem) volt a legkisebb mértékegység, 10 lei tett ki egy csout. A legfontosabb egység a hangzócsőnek nevezett fuvola lett, amelybe 1200 szem köles fért, és 12 csout nyomott. Az áruk pénzértékei megegyeztek a súlymértékekkel.

A középkorban Európa szerte hosszsmértékként a rőf terjedt el. A görög–római előzményekre visszatekintő mértékegységet elsősorban a szövetekkel, kelmékkal, szalagokkal kereskedők használták. Eredetileg a kinyújtott alsókar, illetve a kifeszített kar mellkas közepétől a hüvelykujj végéig mért hossza volt egyenlő egy rőffel. A mérete vidékenként, országonként 60 és 78 centiméter között váltakozott. Angliában a rőf helyett I. Henrik király 1101-ben bevezette a yardot, ami a távolság alapmértékegysége is lett, és ezzel megkezdődött az angol mértékrendszer elválása az európai kontinensétől.

A honfoglaló magyarok a letelepedést, államalapítást követően a régi mértékeiket összekapcsolták a Nyugat-Európában használatosakkal, elsősorban a bajorországiakkal. A bizonyítottan ősi magyar hosszsmérték az erdőöl volt, amelyik a testmagasságot felémelt kézzel tetézett 2,3 méternyi hosszúságot jelölt. Földmértékként ősi a fűkötél-nyíl és honfoglalás előttinek ítéltető az eke-, kapa- és a kaszaalja.<sup>7</sup> Ezek egészültek ki az újabb mértékekkel, például a királyi lábbal (31,26 cm) és alapegységként a királyi öllel, amely 10 lábnyi volt (3,126 méter).<sup>8</sup> A középkorban mind Európában, mind Magyarországon eltérő nagyságú mértékek léteztek a mindennapokban. A régi mértékek eredete, sokfélesége tükrözi a magyar történelem sorsfordulóit. Ezer esztendő mértékkészletét összesítve Bogdán István arra az eredményre jutott, hogy 30 hossz-, 88 föld-, 30 híg és 37 száraz ür-, 48 térfogat-, 23 súly- és 21 darabmértéket, összesen 277 mértéket használtak eleink az idők folyamán.<sup>9</sup> A gazdaság belső szerkezetéből adódóan ezek szűk háromnegyedét a mezőgazdaságban alkalmazták, 27 százalékát pedig az iparban és a kereskedelemben. Az összes mértékből 121 tekinthető hazai eredetűnek. A külföldről átvett mértékek több mint fele osztrák–német származású, negyede szerbhorvát és mintegy tizede török. Az arányok híven tükrözik, milyen irányból érték döntő politikai-gazdasági hatások a magyarságot.

### 3. Tudományos gondolkodás és a mértékrendszerek

A reneszánsz által átformált világszemlélet, gondolkodásmód és a földrajzi felfedezések nyomán megszülető világpiac igényei mozdították elő a pontatlan, egymással nehezen megfeleltethető mértékek, mértékegységek átfogó rendszerbe foglalását, egységesítését. A 15–16. században felvirágzó természettudományos-technikai gondolkodás ösztönző-

<sup>7</sup> Bogdán István: Magyarországi hossz- és földmértékek a XVI. század végéig. Budapest, 1978. 20.

<sup>8</sup> Bogdán, 1978. 22.

<sup>9</sup> Bogdán István: Régi magyar mértékek. Budapest, 1987. 14.

leg hatott a kísérletező és feltalálókedvre. Galilei arra bátorította tudós kortársait, hogy mindent mérjenek meg, ami nem mérhető, azt pedig próbálják mérhetővé tenni. A következő századokban a polihistorok fokozatosan átadták helyüket az egyes tudományterületek specialistáinak. A szakosodás együtt járt a minőségiről a mennyiségi szemléltre való áttéréssel. A gépipari fejlődés a finommechanika előtt nyitott utat, amelyik a korábnál jóval pontosabb mérőeszközöket adott a fizikusok, kémikusok kezébe. Míg korábban főleg a térbeli mennyiségeket és erőket mérték jórészt az emberi test arányait alapul véve, addig a 17. századtól olyan fizikai mennyiségek méréséhez születtek mérőműszerek és megfelelő skálák, mint amilyen a hőmérséklet vagy a nyomás. A korábnál jóval pontosabbá vált az időmérés, amiről még külön szólunk.

A tudomány és a technika fejlődése napirendre tűzte a mértékegységek nemzetközi szintű szabályozását, szakmák szerinti harmonizálását. Az átfogó mértékegységrendszer lehetőségére Bolyai Farkas ifjúkori barátja, Karl Friedrich Gauss német matematikus hívta fel a tudóstársadalom figyelmét. Három alapegységre – hosszúság, tömeg és idő – épülő rendszer kidolgozását javasolta. Ennek nyomán kezdte meg a francia nemzetgyűlés az 1790-es évek elején a Föld méretén alapuló hossz mértékegység meghatározását. Ez nem volt teljesen új gondolat, hiszen Gabriel Mouton francia teológus már 1670-ben természetes hossz mértéknek javasolta egy meridiánfok (hosszúsági kör vagy délkör) egy percét. Mások a másodpercinga hosszát javasolták alapegységnek. Végül a Francia Tudományos Akadémia javaslatára mégis a Föld párizsi délkörének felmérése mellett döntöttek a nemzetgyűlésben. A határozat után fokmérések következtek, amelyeket Méchain és Delambre földmérők Dunkerque és Barcelona között kezdtek meg. A nagy francia forradalom zaklatott légkörében végrehajtott méréseknek köszönhetően sárgarézből elkészítették az első méteretalont, amelyet a Konvent 1795. augusztus elsején elfogadott. Azután Pierre Simon Laplace matematikus vezetésével bizottság definiálta az új hossz mértéket, a métert, és annak használatát Franciaországban 1800. november 29-étől már törvény írta elő. A platinából készült méterrúd hossza egyenlő a Párizson keresztülhúzó hosszúsági fok 40 milliommód részével. A párizsi levéltárban helyezték letétbe az új mértékrendszer másik etalonját, az ugyancsak platinából előállított 1 kilogrammos tömeg-etalon.

A forradalmi, majd a napóleoni háborúk miatt az angolok hallani sem akartak az új mértékrendszerről, amely Franciaországban is csak 1812-ig volt kizárólagosan érvényben, mert Napóleon császár újból engedélyezte a régi mértékegységeket. 1837-től azután ismét hatályos lett a méter és a kilogramm Franciaországban. A méteretalon világméretű elterjedésében az 1867-es párizsi világkiállítás hozott áttörést. Az összegyűlt tudósok a Szentpétervári Tudományos Akadémia és a Nemzetközi Geodéziai Szövetség támogatásával pár évvel később, 1872-ben létrehozták a Nemzetközi Méterbizottságot, amelynek már három brit tagjai is volt.<sup>10</sup> A méterkonferencia résztvevői elhatározták, hogy új etalonokat készíttetnek méterre és kilogrammra platina-irídium ötvözetből, valamint a Párizs melletti Sèvres-ben nemzetközi mérték- és súlyügyi hivatalt állítanak fel. Az új méteretalon keresztmetszete X formájú lett, hogy elgörbülését megakadályozzák. A hen-

<sup>10</sup> A bizottságba az alábbi országokat hívták meg: Amerikai Egyesült Államok, Bajorország, Belgium, Chile, Ecuador, El Salvador, Északnémet Szövetség, Görögország, Hollandia, Kolumbia, Nagy-Britannia, Nicaragua, Olaszország, Oroszország, Osztrák–Magyar Monarchia, Peru, Poroszország, Portugália, Spanyolország, Svájc, Svédország, Törökország, Vatikán és Venezuela.

ger alakú őskilogramm ugyanebből a platina-irídium ötvözetből készült, amelynek magassága és átmérője egyaránt 39 milliméter. Három évvel később, 1875. május 20-án 17 állam képviselői írták alá a Nemzetközi Méteregyezményt.<sup>11</sup> Magyarországon az Osztrák–Magyar Monarchia keretében már az előző esztendőben, 1874-ben bevezették a méterrendszert a VIII. törvény elfogadásával.

A külön utas britek továbbra sem igazodtak a méterrendszerhez. Az 1870-es években a Brit Tudományos Egyesület megbízott néhány angol fizikust, köztük James Clerk Maxwellt és William Thomsont, hogy dolgozzanak ki egy új, abszolút mértékrendszert, amely a centiméter, gramm és másodperc alapegységekre épül, és a korábrinál jobban alkalmazható olyan fizikai egységek mérésére, mint az erő, a nyomás és a munka. A megalkotott CGS-rendszer (centiméter, gramm, secundum) mellett azonban hiába érveltek a tudósok azzal, hogy a tervezés-gyártás folyamatában inkább van értelme ezeknek a kis alapegységeknek mint a nagyobbaknak, a CGS nem szorította ki a méterrendszert. Néhány tudományág kivételével a hétköznapi életben és a mérnöki munkában használhatóbbnak bizonyultak a nagyobb mértékegységek, ezért a méteren, kilogrammon és másodpercen alapuló MKS rendszer terjedt el. Az 1875-ben aláírt Nemzetközi Méteregyezmény tagországainak képviselőiből álló Általános Súly- és Mértékügyi Értekezlet (CGPM) 1954-ben tartott tizedik, általános súlymérési konferenciáján úgy határozott, hogy alapegységenként továbbra is elfogadják a métert, a kilogrammot, a másodpercet, az amper, a Kelvin fokot és a kandelát. Ezzel a döntéssel előkészítették a hat évvel később, 1960-ban összehívott újabb konferenciát, amelyen megalkották a napjainkban is érvényes Nemzetközi Mértékegységrendszert (SI). Ez a rendszer hét alapmennyiséget és azok mértékegységeit foglalja magába. A hosszúság egysége a méter, a tömegé a kilogramm, az idő a másodperc, az elektromos áramerőssége az amper, a termodinamikai hőmérsékleté a kelvin, az anyagmennyisége a mól és a fényerőssége a kandela. A mértékegységek alapjául fizikai mérések eredményei szolgálnak.

A hosszúság mértékegysége már nem a Föld délkörének valahányad része, hanem egy méter annak az útnak a hosszúságával egyenlő, amelyet a fény vákuumban a másodperc törtrésze alatt megtesz.<sup>12</sup> Ezt a definíciót a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal Bay Zoltán magyar kísérleti fizikus javaslata alapján 1983-ban fogadta el. A tömeg mértékegysége ugyanakkor továbbra is az a platina-irídium henger, amelyet a franciaországi Sèvres-ben, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban őriznek.

A SI-rendszer sem szorította ki a többi mértékrendszert. A fizikai és részecskefizikai kutatásoknál például a Planck-egységeket használják. 1960 óta is tovább él a brit mértékegységrendszer a Brit Nemzetközösség államaiban és az Amerikai Egyesült Államokban. Ennek a rendszernek tömegegysége a font, hosszegysége a láb, energiaegysége a brit hőegység. Bár a Közös Piacba belépett Nagy-Britannia az 1970-es évek elején hivatalosan bevezette a SI-rendszert, de a mindennapokban megmaradtak a hagyományos mértékegységek. Az USA Szövetségi Törvénye felmentést ad a méterrendszer kö-

<sup>11</sup> Az aláíró országok számát eltérően jelzi a szakirodalom. Ennek egyik oka, hogy Norvégiát önálló alapító országnak tekintik, holott 1905-ig Svédországgal uniót alkotott. A Nemzetközi Méteregyezmény első aláírójának tekinthető a Német Császárság, az Osztrák–Magyar Monarchia, az Orosz Birodalom, továbbá Belgium, Dánia, Franciaország, Olaszország, Spanyolország, Svájc és a Török Birodalom.

<sup>12</sup> Egészen pontosan 1/299 792 458 másodpercről van szó, azaz háromszáz-milliomod másodpercről.