

SUSTAVI MJERNIH JEDINICA RELEVANTNIH ZA GEOGRAFIJU I KARTOGRAFIJU

1. Mjerne jedinice za duljinu

Tijekom prošlosti koristile su se različite mjerne jedinice za pojedine veličine u znanostima, ali i u svakodnevnom životu. Gotovo svaki grad, pokrajina i država imali su svoje mjerne sustave pa je bilo poteškoća u međusobnoj suradnji i razmjeni podataka u različitim sferama života. Primjenu istoga mjernog sustava nije bilo moguće provesti u svim državama iz različitih političkih, strateških, gospodarskih i kulturnih razloga. Primjerice, u Francuskoj je krajem 18. st. uveden metarski sustav mjernih jedinica, koji na početku druge države nisu htjele prihvatiti jer je taj sustav usvojen sukladno temeljnim društveno-gospodarskim promjenama u vrijeme građanske revolucije koja je bila neprihvatljiva europskim monarhijama. Međutim, s vremenom su brojne europske države prihvale metarski sustav, ali to nije učinila Velika Britanija čiji je anglosaksonski sustav mjernih jedinica bio jedan od sredstava iskaza globalne političke i ekonomske snage te neovisnosti o europskim kontinentalnim znanstvenim i tehničkim postignućima. Uz Ujedinjeno Kraljevstvo brojne druge države, nekadašnje britanske kolonije, i danas koriste anglosaksonski sustav mjernih jedinica (SAD, Australija, Novi Zeland i dr.).

Među različitim mjernim jedinicama u geografiji su najvažnije mjerne jedinice za duljinu, te s njima povezane mjerne jedinice za površinu. Prve su mjerne jedinice za duljinu bile opisne, a zadržale su se dugo i nakon uvođenja pojedinih brojčanih vrijednosti. Takve su jedinice bile vezane uz neke aktivnosti (npr. 1 dan plovidbe, 1 dan jahanja, 1 sat jahanja, 1 dan hoda, 1 sat hoda) ili su bile povezane uz duljinu pojedinih dijelova ljudskog tijela (palac, stopa, lakat, hvat). Koristeći se izvorima u kojima se navode takve vrijednosti mjernih jedinica, a da bi ih se moglo barem okvirno preračunati u metarski sustav, treba poznavati njihov međusoban odnos, utvrditi standard antropometrijskih jedinica ili poznavati prosječne brzine kretanja uz koje su vezane neke od tih mjernih jedinica. Primjerice, danas znanstvenici pretpostavljaju da su antički trgovački brodovi prosječno plovili brzinom od 4 do 5 čvora (od 4 do 5 NM/h), što znači da je 1 sat plovidbe (bio) jednak duljini od 4 do 5 NM, odnosno od 7,4 do 9,2 km i sl. Približno je ista vrijednost 1 sata hoda. Međutim, problemi se javljaju pri praktičnom računanju jer, primjerice, nije moguće prijeći istu udaljenost tijekom 1 sata plovidbe po mirnom vremenu i po nepovoljnim vremenskim prilikama (snažan vjetar, valovi i sl.), a postoje razlike i kada se hoda na ravnom terenu i na padinama velikog kuta nagiba. Poseban je problem bilo mjerenje većih udaljenosti. Za mjerenje udaljenosti u nekim se zemljama (Pruskoj i dr.) koristio pedometar, „brojač” koraka. Ponekad su primjenjivane i druge metode, npr. utvrđivanje broja okretaja kotača kočije kojem je poznat opseg. Veće duljine na površini Zemlje mogle su se preciznije mjeriti tek primjenom trigonometrijske metode te primjenom metoda preciznog određivanja geografskog položaja.

Oznaka fizikalne veličine duljine je obično „l” i „d”, a za valnu duljinu koristi se oznaka „λ” (grč. lambda).

1. 1. Antičke mjerne jedinice za duljinu

U staroj Grčkoj, a zatim i u zemljama helenističkoga kulturnog kruga ponajviše se koristio stadij (grč. *stadion*, lat. *stadium*) koji je, čini se, imao funkciju osnovne mjerne jedinice.

1 atička stopa = 0,3083 m (30,83 cm); ime te mjerne jedinice vezano je uz poluotok Atiku
1 atički stadij (stadion) = 600 atičkih stopa = 185 m
1 egipatski stadij = 157,5 m

U Rimskom Carstvu važna mjerna jedinica bila je rimska milja, a činilo ju je 8 atičkih stadija ili 1 000 dvostrukih koraka.

1 rimska milja = 1000 dvostrukih koraka = 8 atičkih stadija
1 rimska milja = 1478,5 m (ili, zaokruženo, 1480 m)
1 dvostruki korak = 1,4785 m
1 rimski korak = 73,54 cm
1 galska liga (*leuca gallica*) = 2222 m

1. 2. Osnovne mjerne jedinice za duljinu u srednjem i novom vijeku

U srednjem vijeku, ali i kasnije, sve do standardizacije mjernih sustava, u upotrebi je bilo mnoštvo različitih mjernih jedinica. Gotovo svaki grad imao je svoj sustav jedinica, među kojima su bile i one za duljinu.

Evo pregleda nekih važnijih jedinica za duljinu:

1 arapska stopa = 0,3266 m (32,66 cm)
1 arapska milja = 6000 arapskih stopa = 1960 m
1 talijanska milja = 1855,4 m
1 mletačka milja = 1738,23 m
1 mletački korak ili hvat (*passo*) = 5 mletačkih stopa = tisućiti dio mletačke milje = 1,73823 m (1738,23 mm)
1 mletačka stopa (*pie*) = 0,34764 m (347,64 mm)
1 mletački palac (*pollice*) = 0,02897 m (28,97 mm)
1 pruski korak = 80 cm
1 pruska stopa = 0,316 m
1 pruska milja = 24 000 pruskih stopa = 7 585,9 m
1 njemačka (geografska) milja = 7,420.54 m (1/15 duljine luka ekvatora koji odgovara jednom stupnju geografske dužine)
1 ruska milja = 7 vrsta
1 ruska milja = 7467,6 m
1 vrsta = 1066,8 m
1 bečka stopa = 0,31608 m
1 bečki hvat (klafter) = 6 bečkih stopa = 1,896 m
1 austrijska milja = 24000 bečkih stopa = 7585,9 m
1 palac (*zoll*) = 1/72 klaftera = 2,634 cm (u praksi hrvatski radnici koji se bave tehničkim zanimanjima često vrijednosti profila cijevi izražavaju u „colima“, premda je njihova veličina zapravo standardno izvedena u *inchima*).
1 liga (bez obzira na zemlju u kojoj se primjenjuje) = 3 (nautičke) milje
1 francuska morska liga (*leauge maritime*) = 3 nautičke milje
1 francuska liga (*lieue*; do uvođenja standardne nautičke milje) = 4445 m

1 francuska liga (nakon uvođenja standardne nautičke milje) = 5556,63 m

1 francuska poštanska liga (*lieue de poste*) = 2000 hvata (toise) = 3898 m

1 toise (hvat) = 1,949 m

1 portugalska liga (*legoa*) = 6174,1 m

1 španjolska liga (*legua*) = 4179,4 m (kasnije je prihvaćena vrijednost od 5556,63 m)

1 nautička milja (NM) je srednja vrijednost duljine luka minute meridijana na Zemlji kao rotacijskom elipsoidu. Tu vrijednost predložio je *International Hydrographic Bureau* (IHB) 1929., a međunarodno je prihvaćena 1954. kao nautička milja.

1 NM = 1852 m; primjenjuje se u pomorstvu (kratice M, nM, NM)

1 kabel = 1/10 NM = 185 m (jednak atičkom stadiju!)

1. 3. Hrvatska milja

U literaturi se navode različiti podaci o vrijednosti hrvatske milje. Z. Jakobović navodi podatak o duljini hrvatske milje koja iznosi 2.226 m (Z. Jakobović, *Leksikon mjernih jedinica*, Školska knjiga, Zagreb, 1991.), dok M. Lapaine i N. Frančula navode podatak da je vrijednost hrvatske milje približno iznosila 11.130 m (M. Lapaine, N. Frančula, Stjepan Glavač i njegova karta Hrvatske, *Ekscentar*, 1998., 23-27). Isti podatak navodi i P. Žic Novosel (P. Novosel, O Stjepanu Glavaču i njegovoj karti Hrvatske iz 1673. godine, *Hrvatski geografski glasnik*, 35 (1), 1973., 195-203).

Hrvatska se milja navodi u kartušama s grafičkim mjerilima karte na kartama Hrvatske koje su izradili Stjepan Glavač 1673. i Giacomo Cantelli 1690. Na tim kartama hrvatska milja navodi se u korelaciji s talijanskom i germanskom miljom. Dakle, te milje treba postaviti u odnos iz kojeg se može dobiti vrijednost hrvatske milje. Problem je što u literaturi postoje različite vrijednosti talijanske milje, a još je složenije s njemačkom (germanskom) miljom jer su njezine vrijednosti različite u različitim razdobljima, ali i u različitim dijelovima današnje Njemačke.

Willem Blaeu je u Uvodu (*Indroduction*) VII. poglavlja (*De la division du Globe en 360 parties: du circuit de la terre, de sa longueur & largeur*) Atlasa objavljenog u Amsterdamu, oko 1640. objavio kartu zapadne hemisfere oko koje kruži natpis: *Circumferentia terrae continet miliaria germanica 5400, italica vero 21600*. Iz toga proizlazi da je 1 germanska milja duga 4 talijanske milje.

Ako je talijanska milja duga 1855,4 m (*Enciclopedia italiana*, Treccani, 2014), onda je germanska milja, po Bleauovom odnosu, duga $1855,4 \text{ m} \times 4 = 7421,6 \text{ m}$ (što je pak približno 7.420.54 m što se navodi kao iznos germanske geografske milje koji odgovara 1/15 luka ekvatora koji odgovara jednom stupnju geografske dužine (*German obsolete units of measurement*, en.wikipedia.org))

A) Na karti dijela Hrvatske (*Nova hactenus editarum mendis expugatis ac multis quae omissa erant additis accurate concinnata partium Regni Slavoniae et Croatiae a Christianitate etiamnum possessarum confiniumque descriptio*) Stjepana Glavača iz 1673. izmjerio sam da je 5 hrvatskih milja dugo 144 mm, a 7 njemačkih milja dugo 139 mm.

$7 \times 7421,6 \text{ m} = 51.951,2 \text{ m}$; dakle, $51.951,2 \text{ m} = 139 \text{ mm}$ na karti, a to znači da je 1 mm na karti = 373,75 m

Po tome, 5 hrvatskih milja = $373,75 \text{ m} \times 144 = 53.820 \text{ m}$, iz čega proizlazi da je 1 hrvatska milja = 10.764 m

1 hrvatska milja = 10.764 m

B) Na karti Hrvatske (*La Croatia e Contea di Zara*) Giacoma Cantellija iz 1690. izmjerio sam da je 5 hrvatskih milja dugo 141 mm, a 30 talijanskih milja dugo 138 mm.

$30 \times 1855,4 \text{ m} = 55.662 \text{ m}$; dakle, $55.662 \text{ m} = 138 \text{ mm}$, a to znači da je 1 mm na karti = 403,35 m

Po tome, 5 hrvatskih milja = $403,35 \text{ m} \times 141 = 56.872,35 \text{ m}$, iz čega proizlazi da je 1 hrvatska milja = 11.374,47 m

1 hrvatska milja = 11.347,47 m

Ostaje, dakle, nepoznanica koja je precizna vrijednost hrvatske milje, ali – sudeći po grafičkim mjerilima na starim kartama – vjerodostojniji su podatci koje su dali M. Lapaine, N. Frančula i P. Žic Novosel od onih koje daje Z. Jakobović i koji se preuzimaju u pojedinim hrvatskim leksikografskim izdanjima.

1. 4. Anglosaksonski sustav mjera za duljinu

Osnovna je anglosaksonska mjerna jedinica za duljinu *yard* (yd). Ostale su jedinice tog sustava *inch* (*inch*; in), stopa (*foot, feet*; ft), hvat (*fathom*; fm) i milja (*mile*; M)

Odnosi su sljedeći:

1 yd = 3 ft = 36 in

1 fm = 2 yd

1 M = 1760 yd

1 yd = 0,9144 m (do standardizacije anglosaksonskog sustava mjera duljina *yarda* je bila određena udaljenošću palca ispružene lijeve ruke od nosa engleskog kralja Henrika I.)

1 ft = 0,3048 m

1 in = 2,54 cm (*inch* je do standardizacije, po tradiciji, bio jednak ukupnoj duljini triju zrna ječma, koje je iz sredine ječmenog klasa izvadio engleski kralj Eduard II.).

1 fm = 1,8288 m

1 M = 1609,344 m (ozakonjena je u engleskom Parlamentu 1593. kao *statute mile*)

U upotrebi je i britanska nautička milja (*UK nautical mile*), koja odgovara duljini luka minute meridijana na geografskoj širini Londona:

1 UK NM = 1853,184 m

1. 5. Metar

Prema prijedlogu J. Ch. de Borde, francuski parlament ustanovio je metar (od grč. *metron* = mjera) kao osnovnu mjernu jedinicu za duljinu 1799. Metar je tada definiran kao 10.000.000-ti dio meridijanskog luka koji je jednak $\frac{1}{4}$ opsega Zemljine velike kružnice, i to na relaciji između sjevernoga pola i ekvatora. Prauzorak (etalon) izrađen je od platine i na temperaturi od 0 °C predstavlja prototip, tzv. *metre des Archives*. Međutim, prošlo je još dosta vremena dok metar nije usvojen i u drugim zemljama svijeta kao osnovna mjerna jedinica za duljinu.

Godine 1870. i 1872. sastajale su se konferencije koje su dijelom preinačile prauzorak, da bi on bio što manje podložan termičkim utjecajima (90% platine + 10% iridija). Godine 1875. održana je Metarska konferencija u Parizu, na kojoj je 18 zemalja potpisalo *Convention du Metre* i s time prihvatilo metar kao osnovnu jedinicu za duljinu. Prototip je pohranjen u Međunarodnom uredu za mjere i utege u Sevresu kraj Pariza.

Godine 1983. promijenjena je definicija metra prema kojoj je 1 metar jednak duljini puta što ga svjetlost prijeđe za vrijeme jednog 299.792.458-og dijela sekunde (vrijednost je izvedena iz konstante za brzinu svjetlosti koja iznosi 299.792.458 m/s).

2. Sustavi mjernih jedinica

Sve intenzivnija međunarodna suradnja potakla je potrebu standardizacije mjernih jedinica. Godine 1881. uveden je CGS sustav (centimetar, gram i sekunda), a 1948. MKSA sustav (metar, kilogram, sekunda i amper).

Godine 1960. usvojen je cjelovit i jedinstven Međunarodni sustav mjernih jedinica, čija je kratica SI prema franc. *Systeme International d'Unites*.

Osnovne SI mjerne jedinice

Mjerna jedinica	Oznaka mjerne jedinice	Mjerna veličina
metar	m	duljina
kilogram ^a	kg	masa
sekunda ^b	s	vrijeme
kelvin ^c	K	termodinamička temperatura
amper ^d	A	jakost stalne električne struje
kandela ^e	cd	jakost svjetlosti
mol ^f	mol	množina (količina) tvari

^a 1 gram definiran je kao masa 1 cm³ vode pri temperaturi od 4 °C (na toj temperaturi voda ima najveću gustoću); budući da je to premala jedinica za pramjeru je uzeta mjerna jedinica 1 000 puta veće mase, koja je nazvana kilogram, čiji se etalon čuva u Sevresu;

^b naziv dolazi od lat. *pars minuta secunda* = drugi mali dio, za usporedbu naziv minute od lat. *pars minuta* = mali dio;

^c jedinica je nazvana po britanskom fizičaru Williamu Thompsonu lordu Kelvinu;

^d jedinica je nazvana prema francuskom fizičaru Andre Marie Amperu;

^e naziv dolazi od lat. *candela* = svijeća;

^f naziv dolazi (kraćenjem) od novolat. *molecula* = čestica.

U različitim znanostima pa i u geografiji, koriste se dopunske i izvedene mjerne jedinice (na temelju osnovnih SI mjernih jedinica).

Neke dopunske SI jedinice

radijan (rad) – mjerna jedinica za kut

steradian (sr) – mjerna jedinica za ugao (prostorni kut)

Neke izvedene SI jedinice

m/s ili km/h – mjerna jedinica za brzinu

newton (N; njutn) – mjerna jedinica za silu ($\text{kg} \times \text{m} / \text{s}^2$)

pascal (Pa; paskal) – mjerna jedinica za tlak ($1 \text{ N} / \text{m}^2$)

joul (J; džul) – mjerna jedinica za energiju ($1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$)
 wat (W; vat) – mjerna jedinica za snagu ($1 \text{ J} / \text{s}$)
 tesla (T) – mjerna jedinica za magnetsku indukciju (N / Am)
 volt (V) – električni potencijal, napon (W/A)

...

Od mjernih jedinica za duljinu, koje nisu u SI sustavu, ali su prihvaćene u svijetu (npr. za potrebe iskazivanja vrijednosti duljine u fizici i astronomiji) treba spomenuti sljedeće:

1 mikron (μ) = 1 mikrometar (μm) = $1 \times 10^{-6} \text{ m}$
 1 ångström (Å) = 0,1 nm (0,1 nanometar) = $1 \times 10^{-10} \text{ m}$
 1 astronomska jedinica (aj; engl. *astronomic unit* AU) – srednja udaljenost između Zemlje i Sunca = 149 597 870 km = $1,469 \times 10^{11} \text{ m}$
 1 godina svjetlosti (urania) – udaljenost koju u vakuumu prijeđe svjetlost u jednoj tropskoj godini (gs ili ly) = $9,460515 \times 10^{15} \text{ m}$
 1 parsec (pc) = definira se kutom pod kojim se vidi jedna astronomska jedinica (aj)
 1 pc = $\text{aj}/\sin 1'' = 206\,264,8 \text{ AJ} = 3,08572 \times 10^{16} \text{ m}$
 1 sirijus = 5 parseca = $1,54286 \times 10^{17} \text{ m}$

U različitim geografskim i geografiji srodnim disciplinama upotrebljavaju se i neke druge mjerne jedinice izvan SI sustava, i to najčešće:

stupanj ($^{\circ}$) – mjerna jedinica za kut ($1^{\circ} = \pi/180 \times \text{rad}$)
 stupanj Celzijev ($^{\circ}\text{C}$) – mjerna jedinica za temperaturu
 litra (l, L) – mjerna jedinica za obujam ($1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$)
 kvintal (metrička centa) – mjerna jedinica za masu ($1 \text{ q} = 100 \text{ kg}$)
 kalorija (cal) – mjerna jedinica za energiju ($1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$)
 čvor (čv, kt, 1 NM/h) – mjerna jedinica za brzinu ($1 \text{ čv} = 1,852 \text{ km/h} = 0,512 \text{ m/s}$)
 bar (bar) i atmosfera (atm) – mjerna jedinica za tlak ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$)
 milimetar stupca žive (mmHG) – mjerna jedinica za tlak zraka (133,322 Pa)
 konjska snaga (KS) – mjerna jedinica za snagu ($1 \text{ KS} = 735,498 \text{ W}$, odnosno 0,735 kW)
 registarska tona (RT) – mjerna jedinica za obujam brodskog prostora ($1 \text{ RT} = 2,832 \text{ m}^3$)

Metarski je sustav dekadski, dok se razredba brojnih mjernih jedinica po vrijednosti veličine ne može obaviti dekadski (npr. vrijeme, čija je razredba heksadska, osnova je broj „6“). U najčešćoj su uporabi sljedeći osnovni predmetci za tvorbu decimalnih jedinica:

Predmetak	Oznaka	Vrijednost
ato	a	10^{-18}
femto	f	10^{-15}
piko	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
mikro	μ	10^{-6}
mili	m	10^{-3}
centi	c	10^{-2}
deci	d	10^{-1}
deka	da	10^1
hekto	h	10^2
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9

Predmetak	Oznaka	Vrijednost
tera	T	10^{12}
peta	P	10^{15}
eksa	E	10^{18}

Kada se koriste podatci o dimenzijama Zemlje i svemira često se koriste veliki brojevi, oni s vrijednostima preko milijun. Evo nekih naziva na hrvatskom i engleskom jeziku:

Broj	Naziv	
	hrvatski	engleski
10^6	milijun	million
10^9	milijarda	billion
10^{12}	bilijun	trillion
10^{15}	bilijarda	quadrillion
10^{18}	trilijun	quintillion
10^{21}	-	sextillion
10^{24}	kvadrilijun	septillion
10^{27}	-	octillion
10^{30}	kvintilijun	nonillion

3. Mjere za površinu

Slično kao i kod mjernih jedinica za duljinu u prošlosti je bilo mnogo različitih jedinica za površinu. Prve su bile općenite (npr. sat oranja, dan oranja i sl.). Druge su izvedene iz mjernih jedinica za duljinu, primjerice bečki četvorni hvat (čhv) jednak je $3,596652 \text{ m}^2$ i bečko jutro ili ral, koje odgovara vrijednosti od 1600 čhv ($5754,64 \text{ m}^2$). Danas su uglavnom u uporabi mjerne jedinice za površinu na osnovi dekadске razredbe:

metar kvadratni (m^2) – osnovna je mjerna jedinica za površinu; $1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$.

Uvriježeni su i sljedeći nazivi za pojedine vrijednosti površina:

$$1 \text{ ar} = 10 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 100 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ dunum} = 10 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 1\,000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ hektar (ha)} = 100 \text{ ara} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10\,000 \text{ m}^2 = 0,01 \text{ km}^2$$

$$1 \text{ kilometar kvadratni (četvorni)} (1 \text{ km}^2) = 1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 1\,000\,000 \text{ m}^2$$

Anglosaksonske mjere za površinu:

$$1 \text{ square inch (in}^2) = 6,4516 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ square foot (ft}^2) = 9,29030 \text{ dm}^2$$

$$1 \text{ square yard (yd}^2) = 0,83612736 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ square mile} = 2,58999 \text{ km}^2$$

Izbor iz literature

Cardarelli, F. (2006.): *Encyclopaedia of Scientific Units, Weights and Measures – Their SI Equivalences and Origins*, Prijevod na engleski jezik M. J. Shields, Springer-Verlag London, London.

Herkov, Z. (1973.): *Naše stare mjere i utezi*, Školska knjiga, Zagreb.

Jakobović, Z. (1991.): *Leksikon mjernih jedinica*, Školska knjiga, Zagreb.

Simović, A. I. (1981.): Nautička milja, *Pomorska enciklopedija*, sv. 5, Zagreb, 260-261.

Škiljan, M. (1975.): *Stare mjere*, Povijesni muzej Hrvatske, Zagreb.

Ungarov, B. (1951.): Stare mjere u Dalmaciji, *Geodetski list*, 5 (10-12), 226-232.

Zaninović-Rumora, M. (1992.): Zadarske i šibenske mjere za dužinu kroz stoljeća, *Radovi Zavoda za povijesne znanosti HAZU*, 34, 109-122.