

Virpi Korpelainen
virpi.korpelainen@vtt.fi
VTT MIKES

SI-järjestelmä uudistuu

Tiivistelmä

Kansainvälisen mittayksikköjärjestelmän eli SI-järjestelmän seitsemästä perussuureesta neljän määritelmät muuttuvat vuonna 2019. Kilogramma, ampeeri, kelvin ja mooli määritellään uudestaan luonnonvakioiden avulla. Metrin, sekunnin ja kandelan määritelmät pysyvät muuten ennallaan, mutta määritelmän sanamuoto muuttuu. Muutoksen jälkeen kaikki SI-yksiköt on määritelty luonnonvakioiden avulla. Mitä se tarkoittaa? Miksi yksiköiden määritelmiä pitää muuttaa? Mihin se vaikuttaa? Yksiköiden uusien määritelmien lisäksi esityksessä perehdyttiin SI-yksikköjärjestelmän merkitykseen ja historialliseen taustaan. Mihin yhtenäistä yksikköjärjestelmää oikeastaan tarvitaan? Oletteko koskaan ajatelleet, mistä mittanauhan asteikko tulee?

Johdanto

Mittaukset ovat kaiken päätökseen teon pohjana. Luotettavia mittauksia tarvitaan teollisuudessa ja tutkimuksessa, mutta myös kaupankäynnissä, terveydenhuollossa, ympäristönseurannassa, energiaverkkojen toiminnassa, palveluissa jne. Miettikääpä hetki, millaista elämä olisi, jos metri ei olisikaan aina saman mittainen tai joka kaupungissa olisi oma paikallinen kellonaika? SI-järjestelmä on kaiken mittaamisen perusta ja se takaa samat mitat meillä ja muualla.

SI-järjestelmä koostuu

- Seitsemästä perusyksiköstä: metri (m), kilogramma (kg), sekunti (s), ampeeri (A), kelvin (K), mooli (mol) ja kandela (cd).
- Perusyksiköistä johdetuista johdannaisyksiköistä, jotka ilmaistaan perusyksiköiden avulla; esim. nopeuden yksikkö on m/s. Joillakin näistä on erityisnimi ja -tunnus, esim. tehon yksikkö on watti, W ($\text{kg m}^2/\text{s}^3$).
- Etuliitteillä muodostettavista kerrannaisyksiköistä, jotka ilmoittavat perusyksiköiden monikertoja; esim. yksi kilometri (1 km) on tuhat metriä.

SI-järjestelmä ei ole staattinen vaan se kehittyy jatkuvasti vastaamaan yhä tarkempien mittausten vaatimuksia.

SI-järjestelmän historiaa

SI järjestelmän historia alkaa Ranskan vallankumouksesta 1799. Silloin saatiin ajatus, että koko maailman pitäisi käyttää samoja yksiköitä ja niiden pitäisi olla sidoksissa luonnonilmiöihin. Metrisopimus allekirjoitettiin 1875 ja metrin, kilogramman ja sekunnin ensimmäiset määritelmät hyväksyttiin 1889. Myöhemmin lisättiin kandela, ampeeri, kelvin ja mooli.

Mitä?

Uudessa SI-järjestelmässä yksiköt määritellään viiden luonnonvakion ja kahden atomien ominaisuuksiin perustuvan vakion avulla, joiden tarkat lukuarvot kiinnitetään. Järjestelmästä tulee yksinkertaisempi ja perustavanlaatuisempi. SI-järjestelmän suurin muutos sen käyttöönoton jälkeen. Yksiköiden määritelmän lisäksi listataan suositellut menetelmät yksiköiden toteuttamiselle.

Taulukko. SI-yksikköjärjestelmän määrittelevät vakiot uudistuksen jälkeen.

Vakio*	Symboli	Lukuarvo	Yksikkö
Cesiumin perustilan tietty ylihienorakenteen siirtymä	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770	Hz = s ⁻¹
Valon nopeus tyhjiössä	c	299 792 458	m s ⁻¹
Planckin vakio	h	6,626 070 15 × 10 ⁻³⁴	J s = kg m ² s ⁻¹
Alkeisvaraus	e	1,602 176 634 × 10 ⁻¹⁹	C = A s
Boltzmannin vakio	k	1,380 649 × 10 ⁻²³	J K ⁻¹ = kg m ² s ⁻² K ⁻¹
Avogadron vakio	N_{a}	6,022 140 76 × 10 ²³	mol ⁻¹
Valovoima	K_{cd}	683	cd sr W ⁻¹ = cd sr kg ⁻¹ m ⁻²

* Viisi näistä on luonnonvakioita: c , h , e , k ja N_{a} ja kaksi perustuu atomien ominaisuuksiin: $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ ja K_{cd} .

Miksi?

SI-järjestelmän on jatkuvasti kehityttävä, jotta se voi vastata uusien tuotteiden ja palvelujen mittaamista koskeviin vaatimuksiin nyt ja tulevaisuudessa. SI-järjestelmästä ja yksiköiden määritelmistä tulee paljon nykyistä yksinkertaisempia ja perustavanlaatuisempia. Päästään lopultakin eroon viimeisestä fyysiseen kappaleeseen – kilogramman prototyyppiin – perustuvasta määritelmästä sekä joidenkin yksiköiden epäkäytännöllisistä määritelmistä.

Milloin?

Muodollinen päätös: Yleisen paino- ja mittakonferenssin (CGPM) kokous Versaillesissa 13.–16.11.2018.

Uusi SI otetaan käyttöön: Maailman Metrologiapäivänä 20.5.2019

Uuden järjestelmän etuja?

Kun kilogramma määritellään Planckin vakion avulla, niin se ei enää ole riippuvainen prototyyppistä, jonka massa luonnostaan vaihtelee. Kilogramma voidaan toteuttaa kaikkialla maailmassa riippumattomasti. Sähkösuureiden epävarmuudet pienenevät. Kandelan epävarmuus pienenee. Kun ampeerin määritelmä liitetään alkeisvarauksen arvoon, sen käytännön toteuttaminen helpottuu ja epävarmuus pienenee. Kun kelvinin määritelmä liitetään Boltzmannin vakion arvoon, se ei enää riipu veden ominaisuuksista (puhtaudesta ja isotooppijakaumasta). Kun mooli määritellään Avogadron vakion avulla, se ei enää riipu kilogrammasta, mikä selventää ”ainemäärän” ja ”massan” eroa.

Yhteenveto

Yksiköiden sitominen luonnonvakioihin ja atomitason ilmiöihin mahdollistaa yksiköiden toteuttamisen aina tarkimmalla mahdollisella tavalla. Muutokset tarjoavat ponnahduslaudan tulevalle innovoinnille. Uuden SI:n odotetaan ajan mittaan mahdollistavan tekniikoita, joita emme vielä osaa edes kuvitella, esimerkiksi:

- sekunnin määritelmä (1960) mahdollisti myöhemmin tarkan GPS-navigoinnin
- metrin määritelmä (1983) osoittautui aikaansa edellä olleeksi, kun taajuuskampa 20 vuotta myöhemmin mahdollisti ensin metrin tarkan ja helpon realisoinnin, minkä jälkeen se on löytänyt lukuisia sovelluksia eri aloilta.

Lisätietoja

VTT MIKES

www.mikes.fi<https://www.facebook.com/MIKES.fi/>

Englanniksi:

Kansainvälisen paino- ja mittatoimiston BIPM:n sivut:

<https://www.bipm.org/en/measurement-units/rev-si/>

NISTin sivut:

<https://www.nist.gov/si-redefinition>

Kuva. SI-yksiköt ja ne määrittelevät vakiot uudistuksen jälkeen