

Temperatuuri riigietaloni mõõte- ja abivahendeid ning etalone iseloomustavate metrooloogiliste parameetrite, laboriruumi ja personali kirjeldus

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	2
2. Mõisted.....	2
3. Mõõte- ja abivahendid	3
4. Jälgitavusahel.....	4
5. Mõõtevõime.....	4
6. Etaloni metrooloogilisi omadusi tõendavad dokumendid.....	4
7. Temperatuuri riigietaloni laboriruum	5
8. Riigietaloni säilitamisega ja kasutamisega seotud personal	5
9. Temperatuuri riigietaloni ulatuse laiendamise vajadus- ja tasuvusanalüüs	6

1. Sissejuhatus

Temperatuuri riigietalon koosneb kinnispunktidest, interpoleerivatest termomeetritest, termostaatidest, takistuse mõõtesildadest, takistuspoolidest. Riigi- ja tugietalonide nimistu kehtestab valdkonna eest vastutav minister määrusega. Hetkel kehtiva määruse kohaselt on temperatuuri riigietalon ulatusega (-80...+400) °C.

Temperatuuri riigietaloni mõõtevõime laienduse eesmärk on läbi indiumi kinnispunkti (156,5985 °C) lisamise kindlustada etaloni usaldusväärsus ja parem mõõtevõime. Vedela lämmastiku keemistemperatuuri (-196 °C) lisandumine temperatuuri riigietaloni mõõtevõime hulka tagab mõõtevõime laienemise väga madalate temperatuuride juurde, mis võimaldab pakkuda tuge ettevõtetele ja asutustele, kellel on tarvis kalibreerida väga madalatel temperatuuridel toimivaid seadmeid (näiteks ravimi- või vaktsiinikülmikud) või madalaid temperatuure mõõtvaid seadmeid (näiteks termomeetrid ning temperatuurimeerikud temperatuuritundlike ravimite ning vaktsiinide tootmisel, transpordil, ladustamisel või levitamisel). Temperatuuri riigietalon tervikuna ja seeläbi täpsed jälgitavad mõõtmised Eestis temperatuuri valdkonnas on olulised elutähtsatele valdkondadele nagu toiduaine- ja ravimitööstus, meditsiinasutused, kütuseterminalid ja kaugkütte süsteemid.

Tabel 1. Temperatuuri riigietaloni laienduse objektid

Mõõdetav suurus/Objekt	Mõõteväärtus/piirkond	Kalibreerimis- või mõõtevõime (laiendmääramatus, $k = 2$)
Temperatuur, platinatakestustermomeeter indiumi sulamispunktis	156,5985 °C	0,0030 °C
Temperatuur, termomeeter võrdlusmeetodil	-196 °C	0,080 °C

2. Mõisted

Kinnispunkt – temperatuuriskaala reeperpunkt, tasakaaluline suletud süsteem, mille temperatuur on määratud mingi füüsikalise protsessi (faasisiire) poolt. Seetõttu on kinnispunktid universaalsed ja taasesitatavad.

Takistuse mõõtesild – sildlülitusel põhinev takistuse mõõtmise seade.

Interpoleeriv termomeeter – defineerib temperatuuriskaala kinnispunktide vahelises piirkonnas.

Dewari anum - anum, millel on kahekordne sein (seinavahelises õõnsuses on tekitatud vaakum), et tõkestada soojusvahetust ümbritseva keskkonnaga.

3. Mõõte- ja abivahendid

Tabelites 2 ja 3 on esitatud vajalikud mõõte- ja abivahendid temperatuuri ühiku hoidmise ja edasiandmise laienduseks, kusjuures (*) tähistatud mõõte- või abivahendid on riskasutatavad teiste juba kinnitatud temperatuuri riigietalonidega.

Laienduse teostamiseks on liht- või riigihankega hangitud vaid:

- indiumi kinnispunkt
- ühtlustusplokiga vedela lämmastiku dewari anum

Tabel 2. Mõõtevahendid temperatuuri ühiku säilitamise laienduseks (1 mK = 0,001 °C)

Mõõtevahend	Tüüp	Number	Mõõtepiirkond	Laiendmääramatus
Indiumi kinnispunkt	Isotech 490	411033/1	156,5985 °C	0,7 mK
Takistuse mõõtesild*	microK 70	421181/2	takistuse suhe kuni 13:1	0,5 ppm
Takistuse mõõtesild*	MI 6010T	1102105	takistuse suhe kuni 13:1	0,1 ppm
Interpoleeriv termomeeter*	Isotech 670SQ	052	(-40...+420) °C	(1...6) mK
Interpoleeriv termomeeter*	Isotech 670SQ	579	(-196...+420) °C	(0,1...1,2) mK
Interpoleeriv termomeeter*	Isotech 670SQ	580	(-196...+420) °C	(0,1...1,2) mK
Interpoleeriv termomeeter*	Fluke 5626	4783	(-189...+420) °C	(1...2) mK
Etalontakistid*	5685A	280083	10 Ω	1,0 ppm
		274862	25 Ω	3,0 ppm
		274521	100 Ω	1,0 ppm
		474924	100 Ω	1,0 ppm
Etalontakistid*	CER6000	052702-01	10 Ω	0,40 ppm
		054359-09	25 Ω	0,40 ppm
		067527-01	100 Ω	0,10 ppm
		085828-01	300 Ω	0,21 ppm
		075827-01	400 Ω	0,21 ppm
		085827-02	400 Ω	0,21 ppm

Tabel 3. Abivahendid temperatuuri ühiku säilitamise laienduseks

Mõõtevahend	Tüüp	Number	Mõõtepiirkond	Gradiendid või muu iseloomustus
Ühtlustusplokiga vedela lämmastiku dewari anum	Fluke 7196B-13	10120	-196 °C (vedela lämmastiku keemistemperatuur)	Radiaalne gr. 3,6 mK Aksiaalne gr. 33,4 mK Homogeensus 33,5 mK
Etalontakistite termostaat*	Isotech 455	431128/1	(10...30) °C	Stabiilsus ja gradiendid kokku <0,005 °C

Temperatuuri mõõtesilla ümberlüüti*	microsKanner	421181/1	takistuse suhe kuni 13:1	0,1 ppm
---	--------------	----------	-----------------------------	---------

4. Jälgitavusahel

Mõõtevahendid, mis on vajalikud mõõtmise jälgitavuse tagamiseks, on kalibreeritud Eesti elektriliste suuruste etalonlaboris (AS Metrosert), Soome metroloogia keskasutuses VTT/Mikes ja N.T.PL Isothermal Tehnology LTD-s (Ühendkuningriik).

5. Mõõtevõime

Temperatuuri riigietalon on väljatoodud mõõtepiirkonnas tõendatult kõrgeima mõõtevõimega Eestis. Mõõtevõime tõestamiseks on teostatud positiivse tulemusega võrdluskatseid Soome metroloogia keskasutuses VTT/Mikes ja rahvusvaheline võrdluspõõtmise Sloveenia metroloogia keskasutuse LMK juhtimisel.

Temperatuuri riigietaloni aparatuur võimaldab osutada kalibreerimisteenust tabelis 4 esitatud mõõteulatustes. Riigietaloni kalibreerimis- ja mõõtevõime on akrediteeritud Eesti Akrediteerimiskeskuse poolt (akrediteerimistunnistus nr [K001](#)). Kalibreerimisel kasutatakse juhendit KJ/ET-1.2 „Takistustermomeetrite kalibreerimine“. Osaliselt on mõõtevõime ka kantud rahvusvahelisse andmebaasi KCDB. KCDB andmebaasis kajastub riigi kõrgeim tõendatud mõõtevõime, mida regulaarselt rahvusvaheliselt hinnatakse. See tagab teenuse usaldusväärsuse ja teeb selle rahvusvahelistele klientidele paremini ülesleitavaks.

Tabel 4. Temperatuuri riigietalon labori kalibreerimis- ja mõõtevõime

Mõõdetav suurus	Nimiväärtus või mõõtepiirkond	Laiendmääramatus	Riigietalon	Sisse kantud KCDB-sse
Etalonplaatina takistustermomeetrid ja tööstuslikud plaatina takistustermomeetrid	-196 °C	0,080 °C	Laiendus	ei
	(-80...-40) °C	0,040 °C	Olemasolev	töös
	(-40...+200) °C	0,0080 °C	Olemasolev	töös
	(+200...+400) °C	0,040 °C	Olemasolev	töös
	-38,8344 °C (Hg)	0,0035 °C	Olemasolev	jah
	0,01 °C (H ₂ O)	0,0010 °C	Olemasolev	ootel
	29,7646 °C (Ga)	0,0020 °C	Olemasolev	jah
	156,5985 °C (In)	0,0030 °C	Laiendus	ei
	231,928 °C (Sn)	0,0049 °C	Olemasolev	jah
	419,527 °C (Zn)	0,0066 °C	Olemasolev	jah

6. Etaloni metrooloogilisi omadusi tõendavad dokumendid

Metrooloogilisi omadusi tõendavad dokumendid on:

1. Eesti Akrediteerimiskeskuse akrediteerimistunnistus nr [K001](#)
2. Plaatina takistustermomeetri rahvusvaheline võrdluspõõtmise number AG_2024_R_0014 EN (Metrosert AS tunnuscode on LAB03)

Tõendusdokumentatsioon on taotlusele lisatud.

7. Temperatuuri riigietaloni laboriruum

Temperatuuri riigietalone säilitatakse ja kasutatakse ASi Metrosert poolt renditavas laboris aadressiga Teaduspargi 8, Tallinn. Tabelis 5 on kirjeldatud Teaduspargi 8 temperatuuri riigietaloni laboriruumi tingimusi.

Tabel 5. Temperatuuri riigietaloni laboriruumi kirjeldus

Üldkirjeldus	Laboriruum külgneb koridoriga, ühelt poolt optika laboriga ja teiselt poolt füüsika-keemia laboriga. Laboril on ainult üks sissepääs, selle uks on lukustatav ja juurdepääs on piiratud arvul ASi Metroserdi töötajatel. Labor on varustatud piisava elektrivõimsusega, ventilatsiooniga, veega, konditsioneeriga. Laboriruumi kõik seinad on siseseinad.
Aknad: Ruumi kõrgus: Juurdepääs laborile:	Laboril aknad puuduvad Laboriruumi kõrgus on 2,95 m Juurdepääsu koridoride laius kitsaimas kohas on 1,6 m. Ukseava laius on 0,9 m.
Paiknemine:	2. korrus
Konditsioneerimine	Üldine
Temperatuuri seadepunkt/stabiilsus:	Vahemik: 19,0 °C...23,0 °C (töö ajal) Stabiilsus: $\Delta T \leq 1,0$ °C/h (töö ajal)
Ohutusnõuete täitmine tööl kuumade ja erivedelikega	Eriventilatsioon kuumade ja erivedelikega töötamiseks rakendatud, labor varustatud suitsuandurite, tulekustutustekiga ja tulekustutiga. Üks roostevaba kraanikauss külma ja sooja veega.
Labori kogupindala:	34 m ²

8. Riigietaloni säilitamisega ja kasutamisega seotud personal

Temperatuuri riigietaloni säilitamisega ja kasutamisega tegeleb Kristjan Tammik, kes on ASi Metrosert töötaja olnud aastast 2004 ning tegelenud peale temperatuuri mõõtmiste ka optiliste, rõhu, kulu, suhtelise niiskuse ning füüsikalise-keemiliste mõõtmistega (*Curriculum Vitae* vt https://www.etis.ee/CV/Kristjan_Tammik/est/). K. Tammik on lõpetanud Tallinna Tehnikaülikooli tehnilise füüsika eriala 2005 aastal.

K. Tammik töötab ASis Metrosert temperatuuri riigietaloni teadur-etalonihoidjana. K. Tammik on läbi katsetanud ja töösse juurutanud kõik temperatuuri mõõtmise etaloni koosseisu kuuluvad mõõte- ja

abivahendid. K. Tammik on osalenud lektorina temperatuuri mõõtmiste alal mitmel siseriiklikul seminaril ja koolitusel ning osaleb auditorina ettevõtte siseaudititel. K. Tammik on Eesti esindaja EURAMETi temperatuuri tehnilises komitees.

9. Temperatuuri riigietaloni ulatuse laiendamise vajadus- ja tasuvusanalüüs

Aastatel 2022-2025 on Metrosert investeerinud temperatuuri riigietaloni arendamiseks põhivara ehk seadmete soetamisele 102 424 eurot, investeerimiseks vajalikud vahendid pärinevad peamiselt majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi teadus- ja arendusrahastusest, millest laiendusega seotud kulud moodustavad väiksema osa. Suuremas osas on investeeritud peamiselt 2004. aastast pärit kogu temperatuuri riigietaloni taristu uuendamisesse, et tagada riigietaloni pikaaegne toimepidevus.

Temperatuuri riigietaloni teenitav tulu koosneb kahest komponendist. Müügitulu hõlmab teenuseid nagu kalibreerimine ja mõõtmine, samuti temperatuuri valdkonnaga seotud konsultatsiooniteenuseid ja ettevõtetele teostatavaid TA-projekte. Tulu teadus- ja arendusprojektidest on rahvusvahelistest taotlusvoorudest laekuv granditulu teadus- ja arendustegevusteks. Prognoosid on tehtud 2025. aasta reaalsete andmete alusel. Temperatuuri valdkonna kalibreerimisteenuse peamised kliendid on keskkonna valdkonnas tegutsevad riigiasutused, toiduainetööstus ja Eesti ning rahvusvahelised kalibreerimislaborid. Temperatuuri valdkonna teadus- ja arendusprojektid käsitlevad uuenduslikke temperatuuriandmete töötlemise ja jälgitavuse tagamise meetodeid.

Temperatuuri riigietaloni kulude peamise osa moodustavad tööjõukulud, arvestatud on ühe teaduri palgakuluga, võttes arvesse iga-aastast võimalikku korrektuuri. Teise kulukomponendi moodustavad investeeringud, mis on vajalikud valdkonna edasiseks arendustegevuseks. Ilma püsivate investeeringuteta amortiseerub taristu ja ei ole võimalik pakkuda sama kvaliteediga teenuseid ja osaleda TA-projektides. Otsekulude hulgas on erinevad väikevahendid ja materjalid igapäevase töö elluviimiseks. Üldkuludes on lisaks pindade ja administratiivkuludele ka kõik muud kulud, nt tarkvara, side, laborite koristus, elekter ja soojus jne. Üldkulude määraks on arvestatud 25% kuludest, mis on tavapärane EL grandimeetmetes kasutatav üldkulu määr. Kulude ja tulude prognoos on esitatud tabelis 6.

Temperatuuri riigietaloni laiendusega ei kaasne olulisi lisanduvaid tegevuskulusid, sest seadmete maksumus on kaetud. Laienduse tulemusena ei ole vaja investeerida lisatööjõudu või -labori ruumi. Küll aga võimaldab laiendus osutada senisest täpsemat kalibreerimisteenust, mille vastu tuntakse huvi ka naaberriikidest. Samuti võimaldab temperatuuri riigietaloni laiendus pakkuda senisest laiemal ulatusega kalibreerimisteenust Eesti kalibreerimislaboritele, mille tulemusena on võimalik paremini tagada kogu valdkonna mõõtmiste jälgitavus Eestis.

Kulude ja tulude prognoos puudutab ainult otseselt ASi Metrosert tegevusega seotud kulusid ja tulusid, kuid ei hõlma tulu, mida saavad ASi Metrosert teenuseid kasutavad ettevõtted paranenud täpsusega kalibreerimisteenuse, TA-nõustamise vms teenuse osutamise tulemusena. See tulu ületab tõenäoliselt oluliselt ASi Metrosert poolt teenitavat otsest tulu teenustest. EURAMETi 2025. aastal läbiviidud uuringu¹ kohaselt toob iga Euroopa Liidu metroloogiavaldkonna teadus- ja arendustegevusse investeeritud euro tagasi neli eurot tulu, sest läbi metroloogia toetatakse ettevõtete teenuste kvaliteeti ja arendust.

Tabelis 6 on esitatud kogu temperatuuri riigietaloni valdkonna tasuvusanalüüs, millest taotletav laiendus moodustab väikese osa, mida ei ole võimalik ülejäänud teenuse tuludest ja kuludest eristada.

¹ Quantifying the economic benefit resulting from EURAMET's metrology research programmes, EURAMET, 2025

Suurem osa aastatel 2022-2025 tehtud investeeringutest puudutab kogu temperatuuri riigietaloni taristu uuendamist, et tagada valdkonna pikaajaline toimepidevus.

Tabel 6. Temperatuuri riigietaloni valdkonna tasuvusanalüüs

	2026	2027	2028	2029	2030
Tulud	25000	32000	37000	40000	44000
Temperatuuri riigietaloni teenuste otsene müügitulu (konsultatsioon ja mõõteteeused)	20000	22000	25000	28000	30000
Tulu TA-projektidest	5000	10000	12000	12000	14000
Kulud	-109250	-114088	-119229	-124697	-130514
Valdkonna otsekulud	-10000	-11000	-12100	-13310	-14641
Personaliga seotud kulud	-57400	-60270	-63284	-66448	-69770
Valdkonna arendamiseks vajalikud investeeringud	-25000	-25000	-25000	-25000	-25000
Üldkulud 25% (sh pindadega seotud kulud, admin kulud)	-16850	-17818	-18846	-19939	-21103
Kokku	-84250	-82088	-82229	-84697	-86514