



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Ekspertarvamus maagaasikoguste mõõtmise kohta

Kinnitan:

Aadu Paist

direktor

TTÜ soojustehnika instituut

Tallinn

2014

Töö eesmärk

Viimasel ajal on üles kerkinud probleemid gaasikoguste mõõtmise, mõõtmistulemuste korrigeerimise ning gaasis sisalduva energiahulga väljendamisel energiaühikutes. Lisaks kehtib alates 01.02.2013 majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 8 „Gaasikoguste energiaühikutesse teisendamise meetodika“, mille rakendamine on nii gaasiettevõtjate kui ka Konkurentsiameti hinnangul suurt segadust tekitanud.

Konkurentsiamet on pöördunud TTÜ Soojustehnika Instituudi (STI) poole ekspertarvamuse saamiseks küsimuses, mis puudutab maagaasi koguste mõõtmist ning gaasis sisalduva energiakoguse määramist.

Allpool on koostatud ekspertarvamus stiilis, kus saadetud küsimuste järele on paigutatud STI vastused.

Vastused esitatud küsimustele gaasikoguste mõõtmise kohta

1. Kas ja kuidas maagaasi ja/või ümbritseva keskkonna temperatuur ning rõhk (k.a. õhurõhk) avaldavad mõju maagaasi mahu muutustele?

Maagaas, nagu mistahes teine gaas (näit. õhk, lämmastik jms) on kokkusurutav, s.t. teatud gaasikoguse (massiühikutes väljendatud koguse) maht sõltub nii temperatuurist kui ka rõhust. Gaasi voolamisel torustikus tema rõhk väheneb, (ka vee rõhk väheneb rõhukao tõttu tema voolamisel torustikus, kuid vee maht rõhu muutumisel praktiliselt ei muutu). Gaasi rõhu vähenemisel tema maht suureneb. Gaasi kokkusurumisel (näit gaasikompressorjaamades) gaasi rõhk suureneb, gaasi maht aga väheneb. Gaasi komprimeerimine gaasikompressorjaamades tagab vajaliku ülerõhu gaasi transportimiseks torustikus - mida kaugemale ta liigub mööda torustikku, seda madalamaks jääb gaasi rõhk ja seda suuremaks osutub transporditava gaasi maht - gaasi mass kilogrammides jääb aga sealjuures samaks.

Baromeetiline rõhk (atmosfääri õhu rõhk) otseselt ei mõjuta maagaasi olekut, kaudne mõju on olemas selletõttu, et tavaliselt on maagaasi torustikul enne tarbijaid rõhuregulaatorid, mis hoiavad konstantset ülerõhku ja nii muutub maagaasi absoluutne rõhk (see on ülerõhu ja baromeetrilise rõhu summa) baromeetrilise rõhu muutudes.

Maagaasi kohta kasutatakse nn. ideaalse gaasi olekuvõrrandit, mis seob valemiga gaasi 3 olulist parameetrit: gaasi rõhk P (absoluutse rõhuna), määrtühik Pa;

gaasi erimaht v , määrtühik m^3/kg ;

gaasi temperatuur absoluutse skaala järgi T , määrtühik K (kelvin).

Need 3 parameetrit on seotud valemiga $P \cdot v = R \cdot T$,

kus P – gaasi rõhk, Pa;

v - gaasi erimaht, m^3/kg ;

T – gaasi temperatuur absoluutse skaala järgi ; $T = t + 273,15$

t – gaasi temperatuur, $^{\circ}C$.

R – gaasikonstant, $J/(kg \cdot K)$; $R = \frac{8314}{\mu}$

Siin $8314 J/(kmol/K)$ on nn. universaalne gaasikonstant;

μ - gaasi moolmass, metaani CH_4 (maagaasi põhikomponent) $\mu = 16 kg/kmol$.

Maagaasi omadused ei vasta ideaalselt täpselt ideaalgaasi omadustele. Seepärast viiakse valemisse täiendav tegur Z , mis on praktiliselt võrdne arvuga 1, täpsem väärtus 0,998.... Seega valemi, mis kajastab maagaasi olekumuutusi, saab kirjutada kujul:

$$P \cdot v = Z \cdot R \cdot T$$

Tegur Z on mõnevõrra häirivalt nimetatud maagaasi kokkusurutavuse teguriks (ingl keeles *imcompressivity factor*), see arvestab tegelikult ainult maagaasi vähest kõrvalekallet ideaalgaasi omadustest.

Kui kasutada seda valemit mõõtetitingimuste ja leppetingimuste kohta, saame

$$P_m \cdot v_m = Z_m \cdot R \cdot T_m \text{ ja}$$

$$P_{lt} \cdot v_{lt} = Z_{lt} \cdot R \cdot T_{lt}$$

Siin indeks m vastab mõõtetitingimustele, indeks lt leppetingimustele. Kui korrutada ülaltoodud valemite mõlemat poolt massi tähistava tähega M , saame valemite vasakul poolel erimahu m^3/kg asemel lihtsalt mahu (m^3), valemite paremale poolele jääb kordajaks M (mass, kg) ja nii saame:

$$P_m \cdot V_m = M \cdot Z_m \cdot R \cdot T_m \text{ ja}$$

$$P_{lt} \cdot V_{lt} = M \cdot Z_{lt} \cdot R \cdot T_{lt}.$$

Siin V_m ja V_{lt} tähistavad mahtu (m^3) vastavalt mõõtetitingimustel ja leppetingimustel. M tähistab massi (kg) – sellele ei ole lisatud indeksit, kuna see on muutumatu, nagu ka gaasikonstant. Kui jagada liikmeti leppetingimuste kohta kirjutatud avaldise mõõtetitingimuste kohta kirjutatud avaldisega, saame:

$$\frac{P_{lt} \cdot V_{lt}}{P_m \cdot V_m} = \frac{M \cdot Z_{lt} \cdot R \cdot T_{lt}}{M \cdot Z_m \cdot R \cdot T_m} = \frac{Z_{lt} \cdot T_{lt}}{Z_m \cdot T_m} \approx \frac{T_{lt}}{T_m}$$

Siin on teisenduse käigus välja jäetud suhtearv $\frac{Z_{lt}}{Z_m}$, kuna see on see on praktiliselt võrdne arvuga 1.

Ülaltoodud valemist saame lõpliku valemi mõõdetud gaasimahu teisendamiseks nn. leppetingimustele, see on rõhule 101,325 kPa ja temperatuurile $+ 20^\circ C$.

Lõplik valem mõõdetud gaasimahu ümberarvestamiseks nn. leppemahule (arvestuslikule mahule, mille kohta antakse maagaasi kütteväärtus):

$$V_{lt} = V_m \cdot \frac{P_m \cdot T_{lt}}{P_{lt} \cdot T_m} = C \cdot V_m. \text{ Teisendustegur } C = \frac{P_m \cdot T_{lt}}{P_{lt} \cdot T_m}.$$

Vastates küsimusele 6, on näiteid arvutuste kohta, kasutades ülaltoodud teisendusvalemit.

2. Kas maagaasi on võimalik kokku suruda?

Maagaas nagu mistahes teine gaas on kokkusurutav. Maagaasi maht tema kokkusurumisel väheneb, maagaasi rõhu vähenemisel tema maht suureneb. Maagaas on veeldatav. Maagaasi sügaval allajahutamisel kuni temperatuurini $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ suhteliselt väikese ülerõhu juures saadakse veeldatud maagaas (LNG), mille maht on ca 1/600 esialgsest maagaasi mahust. Gaasi allajahutamine selle temperatuurini tingib ca 2,6 kordse mahu vähenemise, see näitab temperatuuri muutuse mõju mahule. (Põhiline mahu vähenemine seejuures tuleneb gaasi muutmisest vedelikuks (vedelgaasiks) temperatuuril $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$).

3. Kuidas, kas ja milliste parameetrite (leppetingimuste) juures väljendatakse maagaasi kütteväärtust? Millised on levinumad ja Eestis kasutatavad parameetrid (leppetingimused)?

Eestis tehakse maagaasi arveldused kõikjal, arvestades tarnitud maagaasi mahtu temperatuurile $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja rõhule $101,325\text{ kPa}$. Terminid maagaasi leppeparameetrid (need on sisuliselt arvestusparameetrid) ei tohi ära segada kahepoolses tarnelepingus kokkulepitavate tingimustega maagaasi rõhu ja kulu kohta.

4. Miks väljendatakse maagaasi iseloomustavaid näitajaid (s.h. kütteväärtust) kindlate parameetrite (leppetingimuste) juures?

Kuna maagaas on kokkusurutav ja ka vastupidi - on paisuv (see tähendab - mahu muutus maagaasi torustranspordis on reaalselt olemas), siis juhul, kui arveldused viiakse läbi mahu järgi, on vaja teada, millise temperatuuri ja millise rõhu juures on vastav näitav saadud. Maagaasi kütteväärtus jääb muutumatuks (sõltumatuna rõhust ja temperatuurist), kui see väljendada mitte mahuhühiku (m^3) kohta, vaid massihühiku (kg) kohta. Üleminek mahuhühiku (m^3) kohta väljendatud kütteväärtuselt massihühiku kohta on lihtne. Kui on teada ülemine kütteväärtus, näit. $10,45\text{ kWh/m}^3$ leppetingimuste juures, siis massihühiku kohta saame kütteväärtuse, jagades selle arvu maagaasi tihedusega samade leppetingimuste juures. Kui tihedus on $0,691\text{ kg/m}^3$, saame maagaasi kütteväärtuseks $15,12\text{ kWh/kg}$. Sellisel viisil väljendatud maagaasi kütteväärtus on sõltumatu rõhust ja temperatuurist – kui maagaas voolamisel torustikus paisub (maagaasi ülerõhk väheneb ja maht suureneb, jääb tema mass muutumatuks. Ülemineku valem on lihtne, paraku on aga maagaasi tihedus sõltuv rõhust ja temperatuurist.

Põhjus, miks arveldused viiakse läbi leppetingimustele (101,325 kPa ja + 20°C) taandatud mahu järgi, mitte massi järgi, peitub mõõtmistehnoloogias. Mahukulu mõõteriistad on oluliselt odavamad ja lihtsamad, kui massikulu mõõteriistad. Massikulu mõõteriistad on tehnoloogias üldse suhteliselt vähe levinud.

- 5. Kas maagaasi energiasisaldus ühes mahuühikus (m^3) on ühesugune igasuguse rõhu ja temperatuuri (leppetingimuste) juures või on temperatuuri ja rõhu muutusel seos energiasisalduse (kütteväärtuse) muutusega?**

Maagaasi energiasisaldus mahu kohta arvatuna sõltub temperatuurist ja rõhust. Lihtne näide. Kui maagaasi ülemine kütteväärtus rõhul 101,325 kPa (s.o. nn. normaalne baromeetriline rõhk) ja temperatuuril +20 °C on 10,45 kWh/m³, siis - kui tõsta rõhku täpselt 2 korda (komprimeerida e. kokku suruda), siis maht väheneb 2 korda ja uus kütteväärtus m³ kohta on esialgsest 2 korda suurem, kuna energia ju ei kao, mahtu on aga 2 korda vähem (selles näites ei arvestanud komprimeerimisel tekkiva temperatuuri tõusuga). Tegelikult tekib maagaasi voolamisel torustikus alati maagaasi rõhu langus, see suurendab gaasi mahtu, gaas paisub, paisumine aga energiat juurde ei too ja seetõttu on uue mahu m³ energiasisaldus mahu suurenemise tõttu väiksem, kui oli esialgu vaadeldavasse torustikku sisenemisel.

- 6. Kui temperatuur ja rõhk avaldavad mõju maagaasi mahuühikus sisalduvale energiasisaldusele (kütteväärtusele), siis kas on võimalik arvutuslikul teel (protsentides) väljendada mõju energiasisalduse muutusele temperatuuride vahemikus -10⁰ kuni +20 °C ning väliskeskkonna rõhkude vahemikus 740 mm Hg kuni 770 mm Hg.**

Ümberarvutused on võimalikud, kasutades punkti 1 all toodud mahu teisendamise valemit.

Olgu maagaasi mõõtekohas ülerõhk 20 mbar ja väliskeskkonna rõhk (baromeetriline rõhk) 740 mm Hg, maagaasi temperatuur aga +10 °C. Punkt 1 all toodud teguri K arvutamiseks on vaja leida maagaasi absoluutne rõhk ja maagaasi temperatuur absoluutse termodünaamilise skaala järgi.

$$\text{Arvutame } P_m = 740 \cdot 133,322 + 20 \cdot 100 = 100665 \text{ Pa} = 100,66 \text{ kPa.}$$

Arvutamiseks on baromeetriline rõhk ja maagaasi ülerõhk teisendatud Pa-deks, kasutades seoseid 1mm Hg = 133,322 Pa ja 1 bar = 10⁵ Pa; 1 mbar = 100 Pa

$$P_{it} = 101,325 \text{ kPa}; T_{it} = 273,15 + 20 = 293,15 \text{ K}; T_m = 273,15 + 10 = 283,15 \text{ K} .$$

Maagaasi mahu ümberarvestamiseks leppetingimustele saame leida teguri saame teguri C:

$$C = \frac{P_m \cdot T_{lt}}{P_{lt} \cdot T_m} = \frac{100,66 \cdot 293,15}{101,325 \cdot 283,15} = 1,0285$$

Kui maagaasi ülerõhk mõõtekohas on 20 mbar, baromeetiline rõhk aga 770 mm Hg ja maagaasi temperatuur +15 °C, annab arvutus tulemuseks:

$$P_m = 770 \cdot 133,322 + 20 \cdot 100 = 104658 \text{ Pa} = 104,658 \text{ kPa.}$$

$$P_{lt} = 101,325 \text{ kPa}; T_{lt} = 273,15 + 20 = 293,15 \text{ K}; T_m = 273,15 + 15 = 288,15 \text{ K.}$$

Maagaasi mahu ümberarvestamiseks leppetingimustele saame leida teguri

$$C = \frac{P_m \cdot T_{lt}}{P_{lt} \cdot T_m} = \frac{104,658 \cdot 293,15}{101,325 \cdot 288,15} = 1,0508$$

Nii saame arvutada teisendusteguri C mistahes rõhu ja temperatuuri kohta mõõtekohas. Mõlemas näites on teisendusstegurid väärtusega üle 1,0, mõõdetud mahulise kulu peame arvutatud teisendusteguriga C läbi korrutama. Leppetingimustele ümberarvutus antud juhul annab tulemuseks mõõdetust mõnevõrra suurema, nn leppetingimustele vastava mahu. Tulemus on loogiline, kuna arvestuslik rõhk mõõtekohas oli üle leppetingimuste rõhu ja temperatuur mõõtekohas väiksem leppetemperatuuri väärtusest.

7. Kas gaasivõrgu puhul on tegemist olukorraga, kus (jaotus-) võrku siseneva maagaasi arvesti ja tarbijate arvestid mõõdavad gaasi erineva temperatuuri ja mahu juures?

Üldiselt on tegemist olukorraga, et jaotusvõrku siseneva ja jaotusvõrgust tarbijatele müüitava gaasikoguse mõõtmised võivad toimuda erineva rõhu ja temperatuuri juures. Sealjuures gaasi voolamisel tekkiva rõhukao tõttu on ilmselt gaasi rõhk müümisel tarbijatele mõnevõrra väiksem, kui gaasi rõhk jaotusvõrku sisenemisel. Maagaasi torustik Eestis paikneb põhiliselt pinnases ja seetõttu olulisi gaasi temperatuuri muutusi ei toimu torustiku selles osas. Maagaasi temperatuur muutub seal, kus jaotustorustik paikneb näit. köetava kortermaja trepikojas – see temperatuurimuutus (temperatuuri tõus) toimub soojusülekande tõttu. Suurem gaasi temperatuuri tõus tekib siis, kui gaasimõõtur paikneb korteris. Maagaasi paiknemise tõttu pinnases ei lange ka talvekuudel maagaasi temperatuur miinustesse. Maagaasi temperatuur võib talvisel ajal langeda miinuskraadidesse ainult erandjuhtudel, kui on olemas teatud pikkusega toruosa, mis paikneb lausa välisõhus.

Arvestades maagaasi rõhu mõju maagaasi mahule on vaja silmas pidada, et arvestused tuleb teha maagaasi absoluutse rõhu järgi, kasutatavad rõhu mõõteriistad on aga ülerõhu mõõteriistad, s.o. - need mõõdavad seda osa maagaasi absoluutsest rõhust, mis on kõrgem baromeetrisest rõhust. Niisiis,

maagaasi absoluutse rõhu arvutamiseks on vaja ülerõhku mõõtva mõõteriista näidule lisada baromeetiline rõhk antud ajahetkel.

8. Maagaasi ruumala (kogust m^3) mõõdetakse (jaotus-) võrku sisenemisel ja tarbijate juures võrgust väljumisel. Võrku siseneva gaasi mõõtmiseks kasutatakse seadmeid, mis arvestavad gaasi temperatuuri ja rõhku tarnimisel ning gaasikogused korrigeeritakse leppetingimustele. Tarbijate mõõtepunktides seejuures ei kasutata seadmeid, mis mõõtmisel arvestaks gaasi temperatuuri ja rõhku tarnimisel ning selle järgi mõõtetulemust korrigeeriksid leppetingimustele. Kas niisuguses olukorras võrku siseneva ja võrgust väljuva gaasi mass (kg) on sama? Ehk analoogne küsimus, kas sellises olukorras võrku siseneva gaasi kütteväärtus kuupmeetri kohta kWh/m^3 on sama, mis võrgust väljunud gaasi puhul?

Maagaasi kütteväärtus kuupmeetri mahu kohta on sõltuv maagaasi rõhust ja temperatuurist, kuna maht on sõltuv rõhust ja temperatuurist. See ongi põhjus, miks kõik arvestused tuleb teha, teisendades maagaasi mahu nn. leppetingimustele (sobivam termin oleks arvestustingimustele) 101,325 kPa ja +20 °C.

9. Kui kasutada maagaasi mahuühikutest energiaühikutesse teisendamiseks järgmist valemit $E = H_s \times V$,

kus

E - gaasi kogus energiaühikutes (kWh);

H_S - gaasi ülemine kütteväärtus arvestusperioodil (kWh/m^3); **V**- mõõdetud gaasi kogus arvestusperioodil (m^3)

siis kas ja kuidas avaldab lõpptulemusele (kogusele energiaühikutes kWh) mõju see, kui võrku siseneva gaasi kogus on mõõdetud temperatuuri ja rõhku arvestava seadmega leppetingimustel, kuid tarbija juures mõõdetava arvestiga konkreetset rõhku ja temperatuuri ning leppetingimusi ei arvestata. Ehk teisiti - kui jätta teisendamise valemis temperatuuriga ja rõhuga arvestamata, siis kas on erinevus tulemuses, mis leitakse -10 °C, 0 °C, +10 °C, +20 °C ning erinevate (õhu) rõhkude (näiteks 740, 750, 760 või 770 mm Hg) juures.

Vt ka vastust punkt 6 all. Miinuskraadidesse maagaasi temperatuur mõõtuuri juures üldreeglina ei lange, kuna maagaasi juurdevoolutorustik on pinnases sügavuses, kus ka talvel on plusskraadid. Arveldused tuleb teha kuukeskmiste baromeetriliste rõhkude juures, need ei muutu Eestis nii laias piiris nagu küsimuses näidatud, kõige tavapärasemalt jäävad kuukeskmised õhurõhud Tallinnas vahemikku 750...760 mm Hg. Siinkohal veel mõned teisendamisteguri C väärtused tabeli kujul. Need tegurid ei ole seotud mitte ühegi konkreetse

objektiga ja on siinkohal esitatud ainult selleks, et selgitada meetodikat nende tegurite arvutamiseks.

$$t_m = 5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t_m = 10 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t_m = 15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t_m = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{barom.}} = 750 \text{ mm Hg} \quad 1,060938 \quad 1,042204 \quad 1,024119 \quad 1,006652$$

$$P_{\text{barom.}} = 755 \text{ mm Hg} \quad 1,067873 \quad 1,049016 \quad 1,030813 \quad 1,013231$$

$$P_{\text{barom.}} = 760 \text{ mm Hg} \quad 1,074807 \quad 1,055827 \quad 1,037507 \quad 1,019811$$

Kui maagaasi temperatuur mõõtmiskohas on $t_m = 10^\circ\text{C}$ ja baromeetriline rõhk $p_{\text{barom.}} = 760 \text{ mm Hg}$, on ülaltoodud tabelikohane mahu leppetingimuste teisendamise tegur $C = 1,05582$. Sisuliselt see tähendab, et mõõdetud mahu 1000 m^3 taandamisel nn. leppetingimustele oleks mahuks $1000 \cdot 1,055827 = 1055,8 \text{ m}^3$. Vahe mõõdetud ja leppetingimustele teisendatud mahu on sellisel juhul $1055,8 - 1000 = 55,8 \text{ m}^3$. Kuna ülemine kütteväärtus antakse leppetingimustele vastava mahu m^3 kohta, on erinevus valemi kohaselt arvestatava ja tegelikult tarbijale läinud energiahulga vahe $55,8 \cdot 10,45 = 583 \text{ kWh}$. Kes maksab selle kinni? (**Maagaasi ülemine kütteväärtus leppetingimustele vastava mahu kohta on ca $10,45 \text{ kWh/m}^3$**).

Teadmiseks. Aastal 2009 valmis TTÜ Soojustehnika instituudis Eesti Gaasiliidu ja Eesti Gaasi poolt tellitud uurimistöo aruanne (maht 62 lk, koostanud dots. K. Ingermann,) „Membraanarvestiga mõõdetud maagaasikoguste leppetingimustele teisendamise meetodika“, milles on detailselt vaadeldud arvestuste meetodikat, tehtud palju arvutusi ja antud arvulised soovitusel teisendustegurite kohta kuude kaupa paljude reaalselt esinevate tarbimisjuhtude kohta. Töö tellijaga kokkulepitud tingimuste kohaselt TTÜ-l ei ole õigust seda kellelegi edasi anda.

10. Kas Majanduse ja Kommunikatsiooniministeriumi määruses „Gaasikoguste energiaühikutesse teisendamise meetodika“ §3 toodud valem $E = H_s \times V$ on puudulik füüsika seadustest lähtudes, kui algandmetena kasutatavad gaasikogused on mõõdetud erinevate temperatuuride ja rõhkude juures?

Esitatud valem on puudulik, kuna ei arvesta seda, et maagaasi mahulised kogused on mõõdetud erinevate rõhkude ja temperatuuri juures, maagaasi ülemine kütteväärtus on esitatud aga ühe konkreetse mahu, nn. leppetingimustele ($101,325 \text{ kPa}$, $+ 20^\circ\text{C}$) vastava mahu kohta. Üldreeglina gaasi mahu mõõtmisel on gaasi rõhk kõrgem nn. leppetingimuste rõhust

(101,325 kPa), gaasi temperatuur aga on madalam nn. leppetemperatuurist (+ 20 °C), seetõttu teisendusteguri väärtused on üle 1,0.

Määruses esitatud valem oleks aktsepteeritav, kui oleks olnud ära toodud märkus, et mõlemad suurused (maagaasi ülemine kütteväärtus ja maagaasi kulu) on välja toodud ühesuguste tingimuste kohta, nn. leppetingimuste kohta, mis Eestis on gaasi rõhuna 101,325 kPa ja temperatuurina +20 °C. Maagaasi ülemine kütteväärtus määrataksegi nende parameetrite (lepperõhu ja leppetemperatuuri) mahu kohta, kahjuks ei ole määruses üheselt määratletud, et ka maagaasi kulu (m³) tuleb ümber arvutada nn. leppetingimustele, see on rõhule 101,325 kPa ja 20 °C. Kuna aga määruses ei ole sõnaselgelt väljaöeldud, et mõlemad arvud (maagaasi kütteväärtus ja maagaasi kulu) peavad vastama ühesugustele nn leppetingimustele, on lahti jäänud üks, mis võib viia segadustele rahalistel arveldamistel gaasitarinja ja tarbijate vahel.

- 11. Milline peaks olema gaasikoguste energiaühikutesse teisendamise valem, et saavutada võimalikud täpsed gaasikoguste energiaühikutesse teisendamise tulemused võttes seejuures arvesse, et gaasikogused on mõõdetud erinevate temperatuuride ja rõhkude juures?**

Vastus on sisuliselt esitatud eelmise küsimuse vastusena – kõik kuluandmed tuleb teisendada nn leppetingimustele, mis kogu Eesti jaoks on ühesugused, s.o. 101,325 kPa rõhule ja + 20 °C temperatuurile. Leppetingimustele vastav näitearv peab olema saadud ka maagaasi ülemise kütteväärtusena. Valemi $E = H_s \times V$, asemel tuleks kasutada valemit $E = H_s \cdot V \cdot C$, kus C on teisendamistegur reaalselt mõõdetud mahult nn leppetingimustele vastavale mahule ümberarvestuseks. Asi oleks korras ka siis, kui määruses oleks seal näidatud valemi juures selgelt välja öeldud, et tegemist on leppetingimustele ümberarvutatud mahuga V .

Vastused töö tellija poolt esitatud küsimustele koostasid:

Karl Ingermann, TTÜ STI emeriitdotsent ja Ülo Kask, TTÜ STI teasdur

Tallinnas, 19. veebruaril 2014.