

Vingugaasiandurist argumenteeritult

Autor: Kaarel Siimut

Joonised: Kätlin Teern

KVARK ja G4S

13. märtsil 2017. aastal võeti vastu Vabariigi Valitsuse määrus, mis muutis kohustuslikuks vingugaasianduri olemasolu eluruumides, kuhu on paigaldatud korstnaga ühendatud gaasiseade. [1] Erinevate vingugaasiandurite paigaldusjuhistes ning ekspertide soovitustes on tihti peale lahkkelid. Nimelt soovitatakse vingugaasiandur paigaldada erinevatesse kohtadesse lakke, silmade või isegi voodi kõrgusele. Eristamaks õigeid juhiseid valedest, on vaja mõista vingugaasi ning õhu omadusi.

Alustame ABC-st. Rahvasuus vingugaasiks kutsutava gaasi teaduslik nimetus on süsinikmonoksiid või ka süsinikoksiid. Nagu nimigi vihjab, koosneb ta ühest süsiniku- ja ühest hapnikuaatomist, mistõttu on ta valemiks CO. Vingugaasi füüsikalised omadused sarnanevad väga õhu omadustega – nimelt on ta lõhnatu, värvitu ja maitsetu, kuid erinevalt õhust on tegemist inimestele ja paljudele teistele elusolenditele väga mürgise gaasiga. CO molaarmass on 28,01 g/mol. Süsinikmonoksiid tekib mis tahes süsinikku sisaldavate ainete põlemisel hapnikuvaeses keskkonnas ehk mittetäielikul põlemisel. Selliseid aineid on väga palju, kuid levinuimateks on näiteks puit, majapidamisgaas (propaan) ja erinevad õlid. [2–4]

Teadagi põhjustab vingugaasi sissehingamine vingumürgistuse. Selle diagnoosimine on aga keeruline, sest sümptomid on sõltuvalt mürgistuse tõsidusest väga erinevad. Kerge mürgistus põhjustab iiveldust, peavalu ja muid kergele gripile viitavaid sümptomeid. Seega võib inimestel eriti just talvel tihedama kütteperioodi ajal kergem vingumürgistus märkamata jääda, pidades sümptomite põhjustajaks külmetushaigust. Raskem mürgistus võib tekitada südame rütmihäireid, koomat, teadvusekaotust ja isegi surma. Mürgistuse aste sõltub kahest tegurist – vingugaasi kontsentratsioonist õhus ning vingugaasiga saastunud õhus viibimise ajast. Mürgistuse põhjuseks on vingugaasi hapnikust eelistatum seostumine hemoglobiiniga. See on valk, millel on tähtis roll keha varustamisel hapnikuga. Hemoglobiini leidub veres, täpsemalt

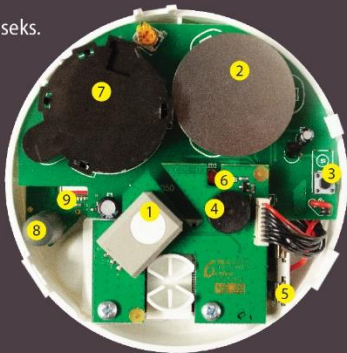
punastes vererakkudes ning ta seob oma pinnale hapnikumolekule, mis punaliblede koosseisus vereringe abil kehasse laiali transporditakse. Kui hemoglobiin puutub kokku vingugaasiga, tekib kompleksühend nimega karboksühemoglobiin, mille tekkimine võrreldes oksühemoglobiini (hemoglobiini ja hapniku kompleksühend) tekkega on ligi 250 korda eelistatum. Just see muudabki vingugaasi niivõrd ohtlikuks. Mürgistusest taastumine on suhteliselt aeglane protsess. Täielikuks taastumiseks peab viibima pikalt värske õhu käes, raskematel juhtudel manustatakse patsientidele puhast hapnikku. [3,5–9] Vingugaasimürgistuse vältimiseks ja diagnoosimise lihtsustamiseks ongi vingugaasiandurid kohustuslikuks muudetud.

Andurile parima asukoha valimiseks peab arvestama ka selle eripäradega. Laiemalt kasutatakse kolme erineva tööpõhimõttega sensorit – biomimeetiline, pooljuhtidel põhinev ning elektrokeemilisel elemendil põhinev. Enamik Eestis müüdavatest vingugaasianduritest töötavad elektrokeemilise elemendiga, mille tööpõhimõte on toodud joonisel 1. [10–12]

Parematel sensoritel on lisaks töö- ja vastaselektroodile ka kolmas, võrdluselektrood, mille ülesanne on vähendada mõõteseadme näidu triivimist aja jooksul, parandades seeläbi täpsust ja seadme usaldusväärsust. Väga tähtis roll on sensoris ka tööelektroodi katval gaasifiltril, mis koosneb tavaliselt aktiivsöest. Filter seob enda pinnale peaaegu kõik segavad gaasid, mistõttu on teiste gaaside poolt tekitatava müra intensiivsus vähemalt 10 korda madalam kui vingugaasi tekitatav signaal. Tegelikult ei seo aktiivsüsi ka vesinikku (H_2), kuid seda Maa atmosfääri madalamates kihtides peaaegu ei leidu. [13] Seega tasuks vingugaasiandur paigaldada sellisesse paika, kuhu on saab vabalt ligi nii värske kui ka vingugaasiga saastunud õhk. Kindlasti ei tohiks anduri lähedal olla suuri gaasi liikumist oluliselt mõjutavaid asju, kuna nagu joonisel 1 näeme, peab sensorini vingugaasi tuvastamiseks hõlpsasti pääsema õhuniiskus ja hapnik. Samuti ei tasu andurit paigaldada nurka, sest nurkades on õhuringlus kehv. Üks tähtis tegur vingugaasiandurite kasutamisel on nende eluiga, mis tavaliselt on 5-10 aastat. [10,11,14] Andurite eluiga piirab enim just gaasisensori vastupidavus, mis sõltub palju anduri töökeskkonna tingimustest. Ajaga muutuvad ebasobivaks eelkõige gaasifiltri, kuid ka elektroodide ja ioonjuhtiva membraani omadused, mistõttu peab anduri pärast tema eluea lõppu välja vahetama. Paljud andurid annavad oma eluea lõppemisest ka helisignaaliga märku. [15]

Tähtsamad komponendid vingugaasianduri sees:

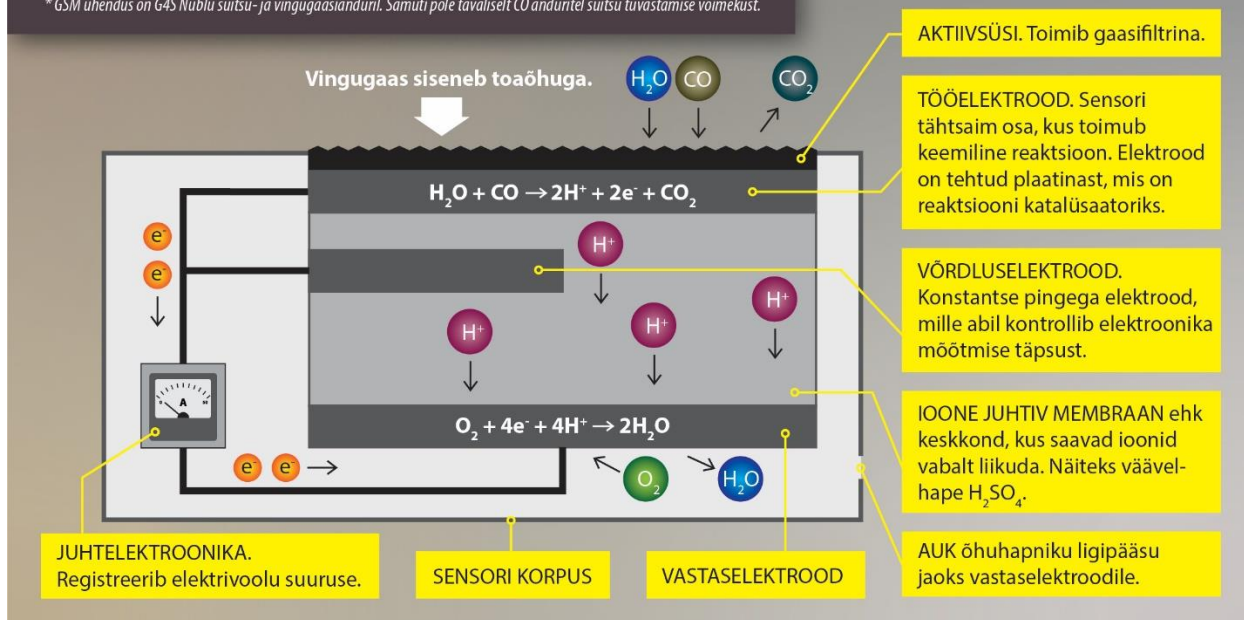
1. SÜSINIKMONOKSIIDI SENSOR CO tuvastamiseks.
2. ANDURI SIREEN, mis käivitub häire korral.
3. ANDURI TEST-NUPP, mille abil kontrollitakse anduri korrasolekut.
4. ANDURI SUMISTI, mis teeb häält näiteks patarei tühjenemise korral.
5. PATAREIKLEMMID
6. VALGUSDIOOD häireolekust teavitamiseks.
7. OPTILINE KAMBER*, selle sees toimub suitsuosakeste tuvastamine.
8. GSM-ANTENN*
9. GSM MOODUL* infoedastuse tagamiseks.



* GSM ühendus on G4S Nublu suitsu- ja vingugaasianduril. Samuti pole tavaliselt CO anduritel suitsu tuvastamise võimekust.

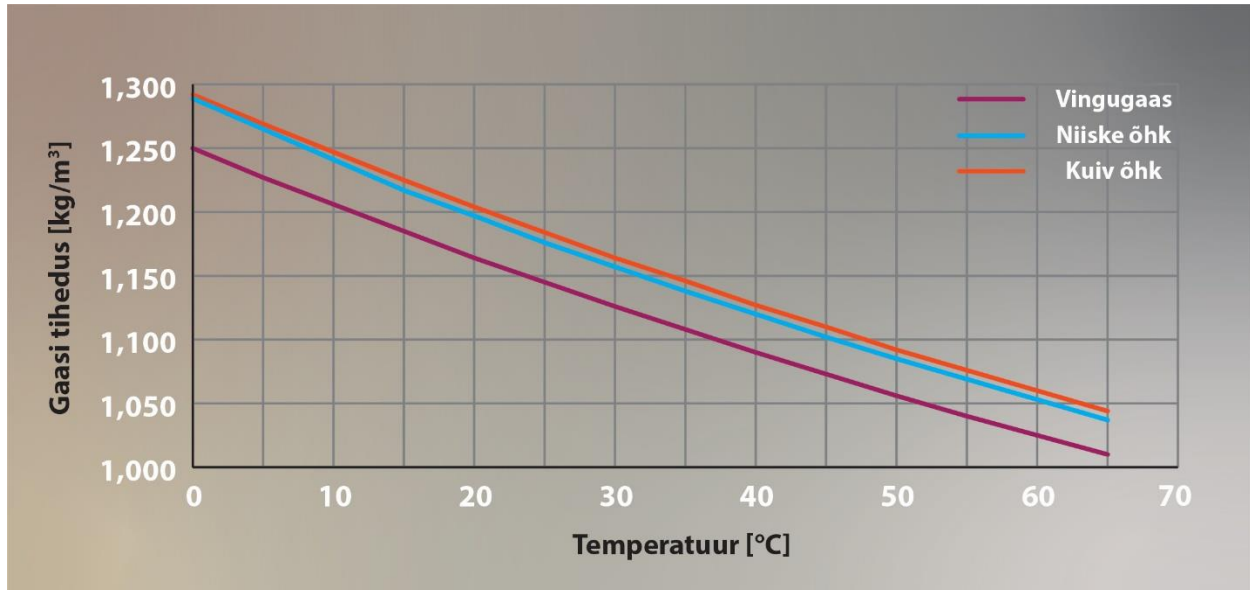
Kuidas töötab vingugaasianduri sensor?

SENSOR: Tegemist on elektrokeemilise rakuga, mille ehitus on sarnane kütuseelemendi ehitusele.



Joonis 1. Vingugaasianduri komponendid ja sensori tööpõhimõte.

Õhk on gaaside segu, mis koosneb umbes 78% ulatuses lämmastikust (N_2), 21% hapnikust (O_2) ja umbes 1% argoonist (Ar). Tegelikult on õhus veel näiteks 0,04% süsinikdioksiidi (CO_2) ja üliväikeses koguses muidki gaase. Teades õhu keemilist koostist, saame arvutada kuiva õhu keskmise molaarmassi, mis on $28,96 \text{ g/mol}$. Jah, justnimelt kuiva õhu molaarmass, sest ka õhu niiskusesisaldus mõjutab selle tihedust vähesel määral. Nimelt võib tunduda veidi vastuolulisena, et niiske õhu tihedus on madalam kui kuiva õhu tihedus. Selle põhjuseks on molaarmassi ja tiheduse seos – mida suurem on molaarmass seda suurem on ka tihedus. Kui suurendada vee hulka õhus, siis õhu keskmine molaarmass langeb, sest vee molaarmass on 18 g/mol ehk väiksem kui kuiva õhu oma. Joonisel 2 on toodud niiske ja kuiva õhu tiheduste võrdlus. [16,17]



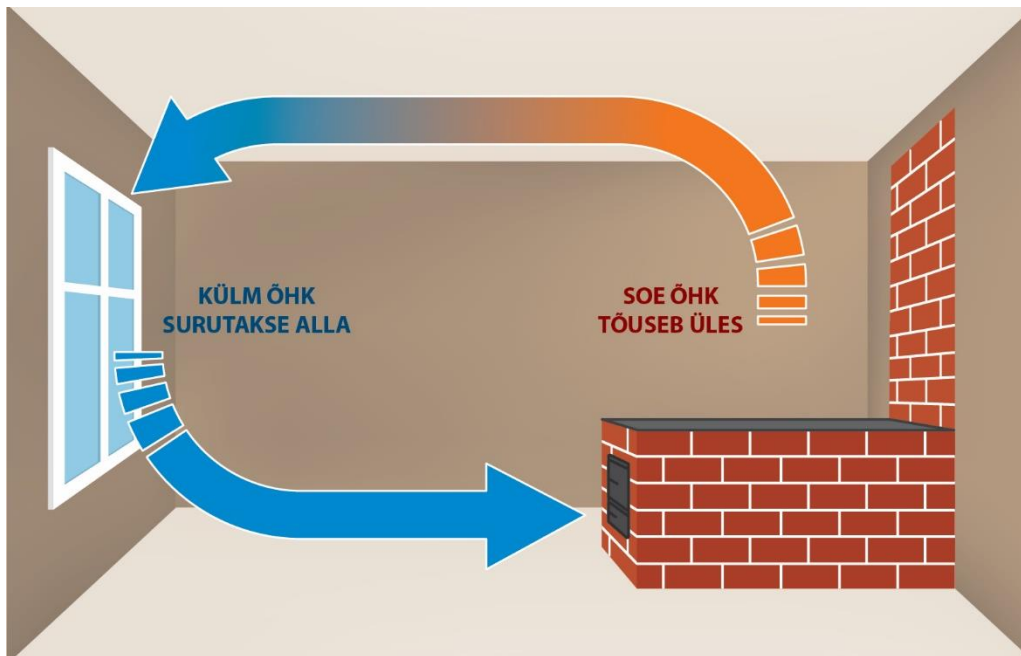
Joonis 2. Kuiva õhu, niiske õhu ja vingugaasi tiheduste sõltuvus temperatuurist. Niiske õhu graafikul kujutatakse 15°C juures veeauruga küllastunud õhku, mille temperatuuri ülejäänud punktide saamiseks vastavalt muudeti.

Gaaside liikumises mängib olulist rolli gaasi tihedus, mis sõltub peamiselt temperatuurist. Nagu näeme jooniselt 2, on kõikide gaaside tihedus kõrgemal temperatuuril madalam, kuna soojusliikumise tõttu vajavad gaasimolekulid rohkem ruumi ja nendevaheline kaugus suureneb. Jooniselt näeme ka, et vingugaasi ja niiske õhu tiheduste vahe on väga väike, jäädes alla 3%. See erinevus ei ole piisavalt suur, et gaasid ajapikku kihtidesse jaotuksid, kuna soojusliikumine ületab muud gaasile mõjuvad jõud ja segab gaase pidevalt. Seega on ühtlase temperatuuriga ruumis vingugaas õhuga ühtlaselt segunenud ning peame anduri asukoha valimisel arvestama ka temperatuurierinevuste poolt tekitatud õhu liikumisega.

Enamiku vingugaasiga seotud õnnetusjuhtumitest põhjustavad seadmed, mida kasutatakse mingil moel õhu või vee soojendamiseks. Seadme riknemisel toimuva mittetäieliku põlemise tulemusel tekib vingugaas, mis seguneb kütteseadme läheduses oleva õhuga. Soojusvahetus voolistes¹ toimub peamiselt konvektsiooni teel. See tähendab, et soojem gaas liigub väiksema tiheduse tõttu ülespoole ning külmem gaas surutakse allapoole. [18] Näiteks ahjuküttega taas liigub soe õhk üles, surub külmema õhu alla ja tekitab ringprotsessi (joonis 3).

¹ Voolisteks nimetatakse kõiki gaase ja vedelikke.

Vingugaasiga saastatud õhk on tavaliselt esmalt kuum, mistõttu tõuseb ta ruumis võimalikult kõrgele. Seega saastuvad vingugaasiga esmalt toa kõrgemad ja soojemad õhukihid ning ajapikku liigub vingugaasiga segunenud õhu front järjest allapoole. Kui toas leidub ka muid õhuringlust tekitavaid seadmeid nagu näiteks laeventilaator, võib vingugaasi segunemine õhuga toimuda kiiremini. Saame järeldada, et mida parem on toas õhuringlus, seda ühtlasem on vingugaasi kontsentratsioon erinevatel kõrgustel ja seda kiiremini jõuab vingugaas madalamatesse õhukihtidesse.



Joonis 3. Õhu soojenemise mehhanism kütteseadmega toas.

Eelnevatele teadmistele tuginedes saame väita, et vingugaasiandur tuleks igal juhul paigaldada lakke, eemale õhuringlust takistavatest objektidest ja nurkadest, sest:

1. Tavaliselt tekib vingugaas sellistes ruumides, kus on kuumi gaase eritavad kütte- või gaasiseadmed. Vingugaas seguneb sellises olukorras kuuma õhuga ja liigub lae alla. Oluline on andurit mitte paigaldada otse seadme kohale, kuna vastasel juhul lüheneb anduri eluiga ja suureneb valehäirete oht.
2. Ilma gaasi- või kütteseadmeteta ruumis on vingugaas toaõhuga ühtlaselt segunenud, mistõttu ei oma vingugaasianduri paigaldamine seinale eeliseid lakke kinnitamise ees.

Kasutatud kirjandus:

- [1] Riigi teataja (2015). Küttegaasi kasutavale gaasipaigaldisele, selle ehitamisele ja gaasiseadme paigaldamisele ning gaasiballooni ladustamisele ja gaasianuma täitmisele esitatavad nõuded. Saadaval aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/110032017009>.
- [2] Windholz, M., Budavari, S., Blumetti, R.F., ja Otterbein, E.S. toim (1983). The Merck Index 10th tr (New Jersey: MERCK & CO., INC.).
- [3] Atkins, P., ja Jones, L. (2012). Keemia alused: Teekond teadmiste juurde 4th tr J. Fiorillo ja P. Burk, toim (New York: Craig Bleyer).
- [4] Iqbal, S., Law, H.-Z., Clower, J.H., Yip, F.Y., ja Elixhauser, A. (2012). Hospital burden of unintentional carbon monoxide poisoning in the United States, 2007. Am. J. Emerg. Med. 30, 657–664. Saadaval aadressil: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735675711001057>.
- [5] Hemoglobin Wikipedia. Saadaval aadressil: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin#Competitive> (Külastatud: 18. detsember 2018).
- [6] De Villota, E.D., Carmona, M. t. G., Rubio, J.J., ja De Andres, S.R. (1981). Equality of the In Vivo and In Vitro Oxygen-Binding Capacity of Haemoglobin in Patients with Severe Respiratory Disease. Br. J. Anaesth. 53, 1325–1328. Saadaval aadressil: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007091217418794>.
- [7] Kaevats, Ü. toim (1998). Eesti Entsüklopeedia 10 (Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus).
- [8] Kaevats, Ü. toim (1996). Eesti Entsüklopeedia 9 (Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus).
- [9] Zilmer, M., Karelson, E., ja Vihalemm, T. (2001). Meditsiiniline biokeemia I M. Zilmer ja K. Zilmer, toim (Tartu: Tartu Ülikool).
- [10] Honeywell SF340 User manual.
- [11] Honeywell X-Series CO Alarm Manual.
- [12] The Silent Killer: Selecting an Effective Carbon Monoxide Detector that can Save Lives Saadaval aadressil: <http://www.carbon-monoxide-poisoning.com/silent-killer.html>.
- [13] International Sensor Technology Electrochemical Sensors. 29–33.
- [14] G4S Suitsu- ja vinguandur Nublu kasutusjuhend.

- [15] Carbon-Monoxide Detector Wikipedia. Saadaval aadressil:
https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_monoxide_detector (Külastatud: 17. jaanuar 2019).
- [16] Density of Air Wikipedia. Saadaval aadressil:
https://en.wikipedia.org/wiki/Density_of_air (Külastatud: 18. detsember 2018).
- [17] Atmosphere of Earth Wikipedia. Saadaval aadressil:
https://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth (Külastatud: 18. detsember 2018).
- [18] Heat Transfer Wikipedia. Saadaval aadressil: https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_transfer (Külastatud: 18. detsember 2018).