

PRILOGA 4

PRESKUSNI POSTOPEK ZA MOTORJE NA PRISILNI VŽIG

1. UVOD

Ta priloga opisuje način ugotavljanja emisij plinastih onesnaževal iz preskušanih motorjev.

Preskus se izvaja na motorju, ki je pritrjen na preskusno napravo in priključen na dinamometer.

2. PRESKUSNI POGOJI

2.1. Pogoji za preskus motorja

Izmeri se absolutna temperatura T_a zraka pri vstopu v motor in suh atmosferski tlak P_s ter izračuna parameter f_a v skladu z naslednjimi pogoji:

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s} \right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,6}$$

2.1.1. Veljavnost preskusa

Da se preskus prizna kot veljaven, mora biti: $0,93 \leq f_a \leq 1,07$.

2.1.2. Motorji s hlajenjem polnilnega (stisnjenega) zraka

Temperaturo hladilnega sredstva in polnilnega zraka je treba zabeležiti.

2.2. Sesalni sistem motorja

Preskusni motor se opremi s sesalnim sistemom, katerega pretočni upor je znotraj 10 % od zgornje meje, ki jo proizvajalec opredeli za nov čistilnik zraka pri pogojih delovanja motorja, kot jih opredeli proizvajalec, kar omogoča največji pretok zraka pri vsakokratni uporabi motorja.

Za majhne motorje na prisilni vžig (z gibno prostornino $< 1000 \text{ cm}^3$) se uporabi sistem, ki je za vgrajeni motor tipičen.

2.3. Izpušni sistem motorja

Preskusni motor se opremi z izpušnim sistemom, ki ima protitlak izpušnih plinov znotraj 10 % od zgornje meje, ki jo opredeli proizvajalec, pri pogojih delovanja motorja, kar omogoča največjo deklarirano moč pri vsakokratni uporabi motorja.

Za majhne motorje na prisilni vžig (z gibno prostornino $< 1000 \text{ cm}^3$) se uporabi sistem, ki je za vgrajeni motor tipičen.

2.4. Hladilni sistem

Uporabi se hladilni sistem z zadostno zmogljivostjo, da vzdrži motor pri normalni delovni temperaturi, ki jo predpiše proizvajalec. Ta pogoj se uporablja pri enotah, ki jih je zaradi merjenja moči treba sneti z motorja, kot npr. puhalo, če je treba za dostop do ročične gredi razstaviti hladilno puhalo.

2.5. Mazalno olje

Uporabi se mazalno olje, ki ustreza specifikacijam proizvajalca za določeni motor ter predvideni uporabi. Proizvajalci morajo uporabiti taka maziva za motorje, ki so tipični predstavniki maziv in so na voljo na tržišču.

Za motorje na prisilni vžig se značilni podatki mazalnega olja, uporabljenega za preskus, zapišejo v točki 1.2. dodatka 2 priloge 7 in podajo skupaj z rezultati preskusa.

2.6. Nastavljivi uplinjači

Motorji z omejenim nastavljivim uplinjačem se preskušajo pri obeh skrajnih nastavitvah.

2.7. Preskusno gorivo

Gorivo je referenčno gorivo, določeno v prilogi 5.

Oktansko število in gostota referenčnega goriva, uporabljenega za preskus, se za motorje na prisilni vžig zapišeta v točki 1.1.1. dodatka 2 priloge 7.

Pri dvotaktnih motorjih mora biti razmerje mešanice goriva in olja takšno, kot ga priporoča proizvajalec. Odstotek olja v mešanici goriva in maziva, ki napaja dvotaktne motorje, ter nastalo gostoto goriva je treba za motorje na prisilni vžig zapisati v točki 1.1.3. dodatka 2 priloge 7.

2.8. Določanje nastavitve dinamometra

Meritve emisij temeljijo na nekorrigirani zavorni moči. Dodatna oprema, ki je potrebna samo za delovanje stroja in jo je mogoče namestiti na motor, se pri preskusu odstrani. Če dodatna oprema ni odstranjena, je treba ugotoviti moč, ki jo absorbira, šele nato pa izračunati nastavitve dinamometra, razen pri motorjih, pri katerih je taka dodatna oprema sestavni del motorja (npr. hladilna puhalna pri motorjih z zračnim hlajenjem).

Nastavitve zračnega upora na vstopu in protitlaka v izpušni cevi se pri motorjih, pri katerih je to mogoče, v skladu s točkama 2.2. in 2.3 te priloge, prilagodijo proizvajalčevim zgornjim mejam. Največje vrednosti navora pri posameznih preskusnih vrtilnih frekvencah se ugotovijo z eksperimentiranjem, da se tako izračunajo vrednosti navora za posamezne faze preskusa. Za motorje, ki niso konstruirani za delovanje v posameznem razponu vrtilnih frekvenc pri krivulji navora ob polni obremenitvi, opredeli največji navor pri preskusnih vrtilnih frekvencah proizvajalec. Nastavitve motorja S (kW) se za posamezno fazo preskusa izračuna z enačbo:

$$S = \left((P_M + P_{AE}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{AE}$$

Če je razmerje

$$\frac{P_{AE}}{P_M} \geq 0,03$$

lahko vrednost P_{AE} preveri ministrstvo ali na njegovo zahtevo tehnična služba.

3. POTEK PRESKUSA

3.1. Namestitev merilne opreme

Instrumenti in sonde za vzorčenje se namestijo v skladu z zahtevami. Če se za redčenje izpušnih plinov uporablja sistem redčenja s celotnim tokom, se na sistem priključi izstopni del izpušne cevi.

3.2. Zagon sistema redčenja in motorja

Sistem redčenja in motor se zažene in ogrevata, dokler se vse temperature in tlaki ne stabilizirajo pri polni obremenitvi in nazivni vrtilni frekvenci (točka 3.5.2. te priloge).

3.3. Prilagoditev razmerja redčenja

Skupno razmerje redčenja ne sme biti manj kot štiri.

Pri sistemih, ki za nadzor razmerja redčenja uporabljajo merjenje koncentracije CO₂ ali NO_x, je treba vsebnost CO₂ ali NO_x v zraku za redčenje izmeriti na začetku in na koncu vsakega preskusa. Meritve koncentracije CO₂ ali NO_x ozadja v zraku za redčenje pred in po preskusu morajo biti v medsebojnem razmerju 100 ppm oziroma 5 ppm.

Pri uporabi analitičnega sistema redčenja izpušnih plinov, se ustrezne koncentracije ozadja ugotovijo z vzorčenjem zraka za redčenje v vrečo za vzorčenje skozi ves preskusni niz.

Zvezno merjenje koncentracija ozadja (ne v vreči) se lahko opravi z najmanj tremi meritvami v trajanju cikla (na začetku, na koncu in na točki blizu sredine cikla), nakar se izračunajo povprečne vrednosti. Na proizvajalčevo zahtevo se lahko meritve ozadja izpustijo.

3.4. Preverjanje analizatorjev

Analizatorji emisij se nastavijo na ničlo, nakar se jim nastavi še obseg.

3.5. Preskusni cikel

3.5.1. Specifikacija za stroje in naprave v skladu s 3. točko prvega odstavka 2. člena tega pravilnika.

Motorje je treba preskušati na dinamometru v skladu z danim tipom stroja ali naprave po naslednjih preskusnih ciklih:

- D, motorji s stalno vrtilno frekvenco in spremenljivo obremenitvijo, npr. agregati;
- G1, stroji in naprave, ki se jih med uporabo ne drži v roki, za uporabo pri vmesnih vrtilnih frekvencah;
- G2, stroji in naprave, ki se jih med uporabo ne drži v roki, za uporabo pri nazivni vrtilni frekvenci in
- G3, ročni stroji in naprave.

3.5.1.1. Preskusne faze in utežni faktorji

Cikel D											
Št. faze	1	2	3	4	5						
Vrtilna frekvenca motorja	Nazivna					Vmesna					Nizka (prosti tek)
Obremenitev (%) ⁽¹⁾	100	75	50	25	10						
Utežni faktor	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1						

Cikel G1											
Št. faze						1	2	3	4	5	6
Vrtilna frekvenca motorja	Nazivna					Vmesna					Nizka (prosti tek)
Obremenitev (%)						100	75	50	25	10	0
Utežni faktor						0,09	0,2	0,29	0,3	0,07	0,05

Cikel G2											
Št. faze	1	2	3	4	5						6
Vrtilna frekvenca motorja	Nazivna					Vmesna					Nizka (prosti tek)
Obremenitev (%)	100	75	50	25	10						0
Utežni faktor	0,09	0,2	0,29	0,3	0,07						0,05

Cikel G3											
Št. faze	1										2
Vrtilna frekvenca motorja	Nazivna					Vmesna					Nizka (prosti tek)
Obremenitev (%)	100										0
Utežni faktor	0,85										0,15

3.5.1.2. Izбира ustreznega preskusnega cikla

Če je prvenstvena končna uporaba modela motorja znana, se lahko preskusni cikel izbere na podlagi primerov, navedenih v točki 3.5.1.3. te priloge. Če prvenstvene končne uporabe motorja ni mogoče z gotovostjo ugotoviti, se ustrezni preskusni cikel izbere na podlagi specifikacije motorja.

3.5.1.3. Primeri

Tipični primeri za cikel D:

- agregati s spremenljivo obremenitvijo, vključno z agregati na ladjah in vlakih (ne za pogon), hladilne enote in varilni kompleti in
- plinski kompresorji.

Tipični primeri za cikel G1:

- kosilnice s sedežem, ki imajo motor spredaj ali zadaj;
- vozički za golf;
- motorne kosilnice;
- ročno vodene motorne kosilnice;
- oprema za čiščenje snega in
- naprave za drobljenje odpadkov.

Tipični primeri za cikel G2:

- prenosni generatorji, črpalke, varilni aparati in zračni kompresorji in
- lahko vključuje tudi opremo za nego vrta in trate, ki deluje pri nazivni vrtilni frekvenci motorja.

Tipični primeri za cikel G3:

- puhala;
- verižne žage;
- motorne škarje za živo mejo

- prenosne žage;
- rotacijski motokultivatorji;
- škropilnice;
- kosilnice z nitko in
- vakuumsko oprema.

3.5.2. Kondicioniranje motorja

Ogrevanje motorja in sistema poteka pri največji vrtilni frekvenci in največjem navoru, da se parametri motorja stabilizirajo v skladu s priporočili proizvajalca.

Opomba: s kondicioniranjem se tudi prepreči vpliv ostankov iz prejšnjega preskusa v izpušnem sistemu. Zahtevan je tudi čas stabilizacije med preskusnimi fazami, da se medsebojni učinki med posameznimi fazami preskušanja zmanjšajo na najmanjšo vrednost.

3.5.3. Zaporedje preskusov

Preskusni cikli G1, G2 ali G3 se izvajajo po naraščajočem vrstnem redu številke faz trenutnega preskusnega cikla. Čas vzorčenja je v vsaki fazi vsaj 180 s. Vrednosti koncentracij emisij izpušnih plinov se merijo in zapišejo za zadnjih 120 s ustreznega časa vzorčenja. V vsaki merilni točki mora faza preskusa trajati dovolj dolgo, da se doseže toplotna stabilnost motorja pred začetkom vzorčenja. Trajanje faze preskusa se zabeleži in vključi v poročilo.

Za motorje, ki se preskušajo z dinamometrom s krmiljenjem vrtilne frekvence, se v vsaki fazi preskusnega cikla po začetnem prehodnem obdobju vzdržuje določena vrtilna frekvenca znotraj ± 1 % vrednosti nazivne vrtilne frekvence ali $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, katerakoli je večja, razen pri nizkem prostem teku, kjer mora biti znotraj toleranc, ki jih deklarira proizvajalec. Posamezni navor se vzdržuje tako, da je povprečje v obdobju, v katerem se opravljajo meritve, znotraj ± 2 % od največjega navora pri preskusni vrtilni frekvenci.

Za motorje, ki se preskušajo z dinamometrom s krmiljenjem obremenitve, se v vsaki fazi preskusnega cikla po začetnem prehodnem obdobju vzdržuje določena vrtilna frekvenca znotraj ± 2 % vrednosti nazivne vrtilne frekvence ali $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, katerakoli je večja. V vsakem primeru se mora vzdrževati znotraj ± 5 %, razen pri nizkem prostem teku, kjer mora biti znotraj toleranc, ki jih deklarira proizvajalec.

Med vsako fazo preskusnega cikla, za katero je določen navor enak ali večji od 50 % največjega navora pri preskusni vrtilni frekvenci, se mora povprečni navor v času zajemanja podatkov vzdrževati znotraj ± 5 % vrednosti za to fazo določenega navora. Med tistimi fazami preskusnega cikla, za katere je določen navor manjši od ± 50 % največjega navora pri preskusni vrtilni frekvenci, se mora povprečni navor v času zajemanja podatkov vzdrževati znotraj ± 10 % vrednosti za to fazo določenega navora ali znotraj $\pm 0,5 \text{ Nm}$, če je to večje od 10 % navora, določenega za to fazo preskusnega cikla.

3.5.4. Odzivnost analizatorja

Izstopni podatki iz analizatorjev se zapisujejo na tračnem zapisovalniku ali pa merijo z enakovrednim sistemom za zajemanje podatkov, pri čemer izpušni plini prehajajo skozi analizatorje vsaj zadnjih 180 s vsake faze. Če se za meritve razredčenih CO in CO₂ uporabi vreča za vzorčenje (glej točko 1.4.4. dodatka 1 k prilogi 4), se vzorec zajame v vrečo v zadnjih 180 s vsake faze, nato pa se analizira in izsledki zapišejo.

3.5.5. Pogoji za motor

Vrtilna frekvenca in obremenitev motorja, temperatura vsesanega zraka in pretok goriva se za vsako fazo izmerijo po stabilizaciji motorja. Zapišejo se vsi dodatni podatki, potrebni za izračun (glej točki 1.1 in 1.2 dodatka 3 k prilogi 4).

3.6. Ponovna kontrola analizatorjev

Po preskusu emisij se za ponovno kontrolo uporabi ničelni plin in enak kalibrirni plin. Šteje se, da je preskus sprejemljiv, če je razlika med obema rezultatoma meritev manj kot 2 %.

⁽¹⁾ Vrednosti za obremenitev so v odstotkih izražene vrednosti navora, ki ustreza osnovni moči. Ta je določena kot največja moč, ki je na voljo med spremenljivim zaporedjem moči in se lahko izvaja neomejeno število ur na leto med navedenimi presledki za vzdrževanje in pod navedenimi okoljskimi pogoji. Pri tem mora biti vzdrževanje opravljeno skladno z določili proizvajalca. Za boljšo ponazoritev definicije osnovne moči glej sliko 2 iz standarda ISO 8528-1:1993(E).

PRILOGA 4

Dodatek 1

1. MERILNI POSTOPKI IN POSTOPKI VZORČENJA

Plinaste sestavine, ki jih oddaja preskušani motor, se merijo z metodami, opisanimi v prilogi 6.

1.1. Specifikacija dinamometra

Uporabi se dinamometer z ustreznimi lastnostmi za izvedbo preskusnih ciklov, opisanih v točki 3.5.1. priloge 4. Instrumenti za merjenje navora in vrtilne frekvence morajo omogočati meritve moči na gredi znotraj danih omejitev. Potrebni so lahko tudi dodatni izračuni.

Točnost merilne opreme mora biti takšna, da niso presežena največja dopustna odstopanja od vrednosti, navedenih v točki 1.3. tega dodatka k prilogi 4.

1.2. Pretok goriva in skupni pretok razredčenih izpušnih plinov

Za merjenje pretoka goriva, ki se uporablja pri izračunu emisij (dodatek 3 te priloge), se uporabijo merilniki pretoka goriva z točnostjo, določeno v točki 1.3. tega dodatka k prilogi 4. Če se uporabi sistem redčenja s celotnim tokom, se izmeri skupni pretok razredčenih izpušnih plinov G_{TOTW} s PDP ali CFV (točka 1.2.1.2. priloge 6). Točnost mora biti v skladu z določbami točke 2.2. dodatka 2 k prilogi 3.

1.3. Točnost

Kalibracija vseh merilnikov mora biti dokazljiva z nacionalnimi (oziroma mednarodnimi) etaloni in ustrezati zahtevam iz spodnjih tabel.

Dopustni odmiki merilnikov za parametre motorja:

Št.	Parameter	Dopustni odmik
1	vrtilna frekvenca motorja	± 2 % odčitka ali ± 1 % največje vrednosti za motor, katerakoli je večja
2	navor	± 2 % odčitka ali ± 1 % največje vrednosti za motor, katerakoli je večja
3	poraba goriva ⁽¹⁾	± 2 % največje vrednosti za motor
4	poraba zraka ⁽¹⁾	± 2 % odčitka ali ± 1 % največje vrednosti za motor, katerakoli je večja

Dopustni odmiki merilnikov za druge bistvene parametre.

Št.	Parameter	Dopustni odmik
1	temperatura ≤ 600 K	± 2 K absolutno
2	temperatura ≥ 600 K	± 1 % odčitka
3	tlak izpušnih plinov	$\pm 0,2$ kPa absolutno
4	podtlak sesalnega zbiralnika	$\pm 0,05$ kPa absolutno
5	atmosferski tlak	$\pm 0,1$ kPa absolutno
6	drugi tlaki	$\pm 0,1$ kPa absolutno
7	relativna vlažnost	± 3 % absolutno
8	absolutna vlažnost	± 5 % odčitka
9	pretok zraka za redčenje	± 2 % odčitka
10	pretok razredčenih izpušnih plinov	± 2 % odčitka

1.4. Določanje plinastih sestavin

1.4.1. Splošne specifikacije za analizatorje

Analizatorji morajo imeti merilno območje ustrezno za točnost, potrebno pri merjenju koncentracij sestavin izpušnih plinov (točka 1.4.1.1. tega dodatka k prilogi 4). Priporoča se tako upravljanje analizatorjev, da je merjena koncentracija med 15 % in 100 % obsega skale.

Če je vrednost obsega skale ≤ 155 ppm (ali ppm ogljika) ali če se uporabijo sistemi za odčitavanje (računalniki, zapisovalniki podatkov), ki omogočajo zadostno točnost in ločljivost pod 15 % obsega skale, so sprejemljive tudi koncentracije pod 15 % obsega skale. V tem primeru je treba opraviti dodatne kalibracije, da se zagotovi točnost kalibracijskih krivulj (točka 1.5.5.2. dodatka 2 k prilogi 4).

Elektromagnetna združljivost opreme mora biti na taki ravni, da je možnost dodatnih napak čim manjša.

1.4.1.1. Točnost

Analizator ne sme odstopati od nazivne točke kalibracije za več kot ± 2 % odčitka v celotnem merilnem območju razen v ničli in $\pm 0,3$ % obsega skale pri ničli. Točnost se določa v skladu z zahtevami kalibracije, podanimi v točki 1.3. tega dodatka k prilogi 4.

1.4.1.2. Ponovljivost

Ponovljivost mora biti takšna, da 2,5-kratni standardni odmik 10 ponavljajočih se odzivov na dano kalibracijo ali kalibrirni plin ni večji od ± 1 % koncentracije obsega skale za vsako uporabljeno območje nad 100 ppm (ali ppm ogljika) ali ± 2 % vsakega območja, uporabljenega pod 100 ppm (ali ppm ogljika).

1.4.1.3. Šum

Medtemenski odziv analizatorja na ničelni in kalibrirni plin v katerem koli 10-sekundnem obdobju na nobenem uporabljenem območju ne sme presegati 2 % obsega skale.

1.4.1.4. Lezenje ničle

Odziv nič se ugotovi kot povprečni odziv, vključno s šumom, na ničelni plin v 30-sekundnem časovnem presledku. Lezenje odziva nič v eno urnem obdobju mora biti pri najnižjem uporabljenem območju manjše od 2 % obsega skale.

1.4.1.5. Lezenje razpona

Odziv za razpon se ugotovi kot povprečni odziv, vključno s šumom, na kalibrirni plin v 30-sekundnem časovnem presledku. Lezenje razpona v eno urnem obdobju mora biti pri najnižjem uporabljenem območju manjše od 2 % obsega skale.

1.4.2. Sušenje plinov

Izpušni plini se lahko merijo vlažni ali suhi. Vsaka naprava, uporabljena za sušenje plinov, sme v najmanjši možni meri vplivati na koncentracijo izmerjenih plinov. Kemična sušilna sredstva niso sprejemljiva za odstranjevanje vode iz vzorca.

1.4.3. Analizatorji

V točkah od 1.4.3.1. do 1.4.3.5. tega dodatka k prilogi 4 so opisana načela merjenja, ki naj se uporabljajo. Podroben opis merilnih sistemov je podan v prilogi 6.

Plini, ki se merijo, se analizirajo z naslednjimi instrumenti. Pri nelinearnih analizatorjih je dovoljena uporaba vezij za linearizacijo.

1.4.3.1. Analiza ogljikovega monoksida (CO)

Analizator ogljikovega monoksida je nedisperzivni infrardeči absorpcijski analizator (NDIR).

1.4.3.2. Analiza ogljikovega dioksida (CO_2)

Analizator ogljikovega dioksida je nedisperzivni infrardeči absorpcijski analizator (NDIR).

1.4.3.3. Analiza kisika (O_2)

Analizatorji kisika so analizatorji s paramagnetnim (PMD) merilnim principom, analizatorji s cirkonijevim dioksidom (ZRDO) ali elektrokemični senzorski analizatorji (ECS).

Opomba: analizatorji kisika s cirkonijevim dioksidom se ne priporočajo, kadar so koncentracije HC ali CO visoke, kot npr. pri motorjih na prisilni vžig z revno mešanico. Stranski vplivi CO_2 in NO_x se kompenzirajo z elektrokemičnimi senzorskimi analizatorji.

1.4.3.4. Analiza ogljikovodikov (HC)

Analizator za neposredno vzorčenje ogljikovodikov je ogrevani plamensko ionizacijski detektor (HFID) z detektorjem, ventili, cevmi, itd., ki je ogrevan tako, da vzdržuje temperaturo plinov pri $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$).

Analizator za vzorčenje razredčenih plinov je bodisi ogljikovodikov ogrevani plamensko ionizacijski detektor (HFID) bodisi plamensko ionizacijski detektor (FID).

1.4.3.5. Analiza dušikovih oksidov (NO_x)

Če se meritev izvaja na suhi osnovi, je analizator dušikovih oksidov kemiluminescentni detektor (CLD) ali ogrevani kemiluminescentni detektor (HCLD) s pretvornikom NO_2/NO . Če se meritev izvaja na vlažni osnovi, se uporabi HCLD s pretvornikom, ki vzdržuje temperaturo nad 328 K (55 °C), pod pogojem, da je bil zadovoljivo opravljen preskus dušenja zaradi vode (točka 1.9.2.2 dodatka 2 k prilogi 3). Pri obeh detektorjih (CLD in HCLD) se pot vzorčenja do pretvornika za suho merjenje in do analizatorja za vlažno merjenje vzdržuje pri temperaturi stene od 328 K do 473 K (od 55 °C do 200 °C).

1.4.4. Vzorčenje plinastih emisij

Če na sestavo izpušnih plinov vpliva sistem za naknadno obdelavo (čiščenje) izpušnih plinov, se vzorec izpušnih plinov vzame v smeri toka navzdol od te naprave.

Sondo za vzorčenje izpušnih plinov je treba namestiti na visokotlačni strani glušnika, vendar čim dlje od izpušne odprtine. Za zagotavljanje popolnega mešanja izpušnih plinov motorja pred odvzemom vzorca se lahko med izhod iz glušnika in sondo za vzorčenje po izbiri vstavi mešalna komora. Notranja prostornina mešalne komore mora biti najmanj 10-kratna gibna prostornina valja preskušanega motorja in naj v grobem meri enako v višino, širino in globino, da je podobna kocki. Velikost mešalne komore naj bo kolikor je mogoče majhna in naj bo priključena čim bližje motorja. Cev za izpušne pline, ki zapušča mešalno komoro ali glušnik, naj se razteza vsaj 610 mm preko mesta, kjer se nahaja sonda za vzorčenje in naj bo zadosti velika, da se protitlak zmanjša na najmanjšo možno mero. Temperatura notranje površine mešalne komore se mora vzdrževati nad rosiščem izpušnih plinov. Priporoča se najnižja temperatura 338 K (65 °C).

Vse sestavine je mogoče meriti ali neposredno v tunelu za redčenje ali z vzorčenjem v vrečo ter naknadnim merjenjem koncentracije v vreči za vzorčenje.

⁽¹⁾ Izračuni emisij izpušnih plinov, kot so opisani v tem pravilniku, v nekaterih primerih temeljijo na različnih metodah merjenja in/ali izračunavanja. Zaradi omejenih skupnih dopustnih odstopanj za izračun emisij izpušnih plinov morajo biti dopustne vrednosti za nekatere postavke, uporabljene v ustreznih enačbah, manjše od dopustnih odstopanj, podanih v standardu ISO 3046-3.

PRILOGA 4

Dodatek 2

1. KALIBRACIJA ANALIZATORJEV

1.1. Uvod

Vsak analizator se kalibrira tako pogosto, kot je potrebno, da izpolnjuje zahteve tega pravilnika glede točnosti. Kalibracijska metoda, ki naj se uporabi, je za analizatorje navedena v točki 1.4.3. dodatka 1 k prilogi 4.

1.2. Kalibrirni plini

Upoštevati je treba rok trajanja vseh kalibrirnih plinov.

Zapisati je treba datum izteka roka trajanja, ki ga navede proizvajalec.

1.2.1. Čisti plini

Zahtevana čistost plinov je določena s spodaj navedenimi mejami onesnaženja. Za delovanje morajo biti na voljo naslednji plini:

- prečiščeni dušik (onesnaženje ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO);
- prečiščeni kisik (čistota $> 99,5$ vol % O₂);
- mešanica vodika in helija (40 ± 2 % vodika, preostanek do 100 % helij; onesnaženje ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO₂) in
- prečiščeni sintetični zrak (onesnaženje ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO; vsebnost kisika od 18 do 21 vol %).

1.2.2. Kalibrirni plini

Na voljo so mešanice plinov z naslednjo kemično sestavo:

- C₃H₈ in prečiščeni sintetični zrak (glej točko 1.2.1. tega dodatka k prilogi 4);
- CO in prečiščeni dušik;
- prečiščeni dušik (količina NO₂ v tem kalibrirnem plinu ne sme presegati 5 % vsebnosti NO);
- CO₂ in prečiščeni dušik;
- CH₄ in prečiščeni sintetični zrak in
- C₂H₆ in prečiščeni sintetični zrak.

Opomba: dovoljene so tudi druge kombinacije plinov, pod pogojem, da ti plini medsebojno ne reagirajo.

Prava koncentracija kalibrirnega plina mora biti znotraj ± 2 % nazivne vrednosti. Vse koncentracije kalibrirnih plinov se navedejo na podlagi prostornine (prostorninski odstotek ali prostorninski ppm).

Pline za kalibracijo je mogoče pridobiti tudi s pomočjo precizijske mešalne naprave (delilnika plinov), z redčenjem s prečiščenim N₂ ali s prečiščenim sintetičnim zrakom. Točnost mešalne naprave mora biti takšna, da je koncentracija razredčenih kalibrirnih plinov točna do $\pm 1,5$ %. Taka točnost pomeni, da morajo biti primarni plini, uporabljeni za mešanje, znani do točnosti vsaj ± 1 % in dokazljivi z nacionalnimi in mednarodnimi plinskimi etaloni. Za vsako kalibracijo, ki vključuje mešalno napravo, se izvaja preverjanje med 15 % in 50 % obsega skale.

Po izbiri se lahko mešalna naprava preveri z instrumentom, ki je po svoji naravi linearen, npr. z uporabo plina NO s CLD. Vrednost razpona merila se nastavi s kalibrirnim plinom, ki je neposredno priključen na merilo. Mešalna naprava se kontrolira pri uporabljenih nastavitvah, nazivna vrednost pa se primerja z izmerjeno koncentracijo merila. V vsaki merilni točki mora biti ta razlika znotraj $\pm 0,5$ % nazivne vrednosti.

1.2.3. Kontrola stranskih vplivov kisika

Plini za kontrolo stranskih vplivov kisika vsebujejo propan s 350 ± 75 ppm ogljika. Vrednost koncentracije glede na dopustne vrednosti kalibrirnega plina se določi s kromatografsko analizo vseh ogljikovodikov skupaj z nečistočami ali z dinamičnim mešanjem. Prevladujoče redčilo je dušik, preostanek (do 100 %) pa je kisik. Mešanica, potrebna za preskušanje bencinskih motorjev, je naslednja:

Koncentracija O ₂ za ugotavljanje stranskih vplivov O ₂	preostanek do 100 %
10 (od 9 do 11)	dušik
5 (od 4 do 6)	dušik
0 (od 0 do 1)	dušik

1.3. Postopek za delo z analizatorji in sistemom vzorčenja

Pri delu z analizatorji je treba upoštevati navodila proizvajalca instrumenta glede zagona in dela. Upoštevajo se tudi minimalne zahteve točk od 1.4. do 1.9. tega dodatka k prilogi 4. Za laboratorijske instrumente, kot sta npr. plinski kromatograf (GC) in visokozmogljiva tekočinska kromatografija (HPLC), se uporablja samo točka 1.5.4. tega dodatka k prilogi 4.

1.4. Preskus tesnosti

Opravi se preskus tesnosti sistema. Sonda se odklopi od izpušnega sistema in njen konec zamaši. Vklopi se črpalka analizatorja. Po začetni stabilizaciji morajo vsi merilniki pretoka kazati vrednost nič. Če je vrednost drugačna, se preverijo cevi za odvzem vzorcev in napaka odpravi.

Največja dovoljena stopnja puščanja na vakuumski strani za tisti del sistema, ki ga pregledujemo, je 0,5 % od pretoka med uporabo. Za oceno pretoka med uporabo se lahko uporablja pretok skozi analizator in pretok po obvodu.

Druga možnost je, da se sistem izprazni na $p \leq 20$ kPa vakuuma (absolutni tlak 80 kPa). Po začetni stabilizaciji povečanje tlaka δp (kPa/min) v sistemu ne sme prekoračiti:

$$\delta p = p/V_{\text{syst}} \cdot 0,005 \cdot fr$$

kjer je:

V_{syst} prostornina sistema (l) in

fr pretok v sistemu (l/min).

Druga metoda je uvajanje spremembe v stopnji koncentracije na začetku cevi za odvzem vzorcev s preklopom iz ničelnega na kalibrirni plin. Če odčitek po ustreznem času kaže nižjo koncentracijo od uvedene, to nakazuje problem kalibracije ali puščanja.

1.5. Postopek kalibracije

1.5.1. Sestav merilnih instrumentov

Sestav merilnih instrumentov se kalibrira, kalibracijske krivulje pa preverijo glede na standardne pline. Uporabijo se enaki pretoki plinov kot pri vzorčenju izpušnih plinov.

1.5.2. Čas ogrevanja

Čas ogrevanja naj bo v skladu s priporočili proizvajalca. Če ni določen, se za ogrevanje analizatorjev priporočata najmanj dve uri.

1.5.3. Analizatorja NDIR in HFID

Analizator NDIR se ustrezno umeri, plamen detektorja HFID pa optimira (točka 1.9.1. tega dodatka k prilogi 4).

1.5.4. GC in HPLC

Oba merilnika se kalibrirata v skladu z dobro laboratorijsko prakso in s priporočili proizvajalca.

1.5.5. Določitev kalibracijskih krivulj

1.5.5.1. Splošne smernice

- kalibrira se vsako običajno uporabljeno delovno območje;
- analizatorji CO, CO₂, NO_x in HC se s pomočjo prečiščenega sintetičnega zraka (ali dušika) nastavijo na ničlo;
- v analizatorje se uvedejo ustrezni kalibracijski plini, zapišejo se vrednosti in določijo kalibracijske krivulje;
- za vsa merilna območja razen za najnižje se kalibracijska krivulja določi z najmanj 10 kalibracijskimi točkami (razen ničle), ki so enakomerno razporejene. Za najnižje merilno območje se kalibracijska krivulja določi z vsaj 10 kalibracijskimi točkami (razen ničle), ki so razporejene tako, da se jih polovica nahaja pod 15 % obsega skale analizatorja, ostale pa se nahajajo nad 15 % obsega skale. Pri vseh območjih mora biti vrednost najvišje nazivne koncentracija enaka 90 % obsega skale ali večja;
- kalibracijska krivulja se izračuna po metodi najmanjših kvadratov. Uporabi se lahko linearna ali nelinearna enačba z najboljšim prilaganjem;
- kalibracijske točke se ne smejo razlikovati od črte najmanjših kvadratov, ki se najbolj prilega, za več kot ± 2 % odčitka oziroma $\pm 0,3$ % obsega skale, katero koli je večje;
- ponovno se preveri nastavitev ničle in se po potrebi ponovi postopek kalibracije.

1.5.5.2. Nadomestne metode

Nadomestne metode se lahko uporabijo, če je mogoče dokazati, da taka nadomestna tehnika (npr. računalnik, elektronsko krmiljenje merilnega območja, itd.) zagotavlja enako točnost.

1.6. Preverjanje kalibracije

Pred posamezno analizo se v skladu z naslednjim postopkom preveri vsako običajno uporabljeno območje delovanja.

Kalibracija se preveri s pomočjo ničelnega in kalibrirnega plina, katerega nazivna vrednost je več kot 80 % obsega skale merilnega območja.

Če ugotovljena vrednost pri nobeni od obeh obravnavanih točk ne odstopa od deklarirane referenčne vrednosti za več kot ± 4 % obsega skale, se parametri nastavitve lahko spremenijo. Če temu ni tako, se preveri kalibracijski plin ali pa se v skladu s točko 1.5.5.1. tega dodatka k prilogi 4 določi nova kalibracijska krivulja.

1.7. Kalibracija analizatorja sledilnega plina za merjenje pretoka izpušnih plinov

Analizator za merjenje koncentracije sledilnega plina se kalibrira s pomočjo standardnega plina.

Kalibracijska krivulja se ugotovi z vsaj 10 kalibracijskimi točkami (razen ničle), ki so razporejene tako, da se jih polovica nahaja med 4 % in 20 % obsega skale analizatorja, ostale pa med 20 % in 100 % obsega skale. Kalibracijska krivulja se izračuna po metodi najmanjših kvadratov.

Kalibracijska krivulja se v območju od 20 % do 100 % obsega skale ne sme razlikovati od nazivne vrednosti posamezne kalibracijske točke za več kot ± 1 % obsega skale. Prav tako se v območju od 4 % do 20 % obsega skale ne sme razlikovati od nazivne vrednosti za več kot ± 2 % odčitka. Pred preskusom se analizator nastavi na ničlo in se mu s kalibrirnim plinom, katerega nazivna vrednost je večja od 80 % obsega skale analizatorja, nastavi razpon.

1.8. Preskus učinkovitosti pretvornika NO_x

Učinkovitost pretvornika, ki se uporablja za pretvorbo NO₂ v NO, se preskuša tako, kot je opisano v točkah od 1.8.1. do 1.8.8. tega dodatka k prilogi 4.

1.8.1. Postavitev preskusa

Pri postavitvi preskusa, kot je prikazana na sliki 1 iz priloge 3 in po spodnjem postopku, se učinkovitost pretvornikov lahko preskusi s pomočjo ozonizatorja.

1.8.2. Kalibracija

Z ničelnim in kalibrirnim plinom (v katerem mora vsebnost NO znašati približno 80 % delovnega območja, koncentracija NO₂ v mešanici plinov pa manj kot 5 % koncentracije NO) se kemiluminescentni detektor (CLD) in ogrevani kemiluminescentni detektor (HCLD) po navodilih proizvajalca kalibrirata v najobičajnejšem delovnem območju. Analizator NO_x mora biti v režimu obratovanja NO, tako da kalibrni plin ne gre skozi pretvornik. Prikazano koncentracijo je treba zapisati.

1.8.3. Izračun

Učinkovitost pretvornika NO_x se z enačbo:

$$\text{učinkovitost (\%)} = \left(1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \cdot 100$$

kje je:

- a* NO_x koncentracija iz točke 1.8.6. tega dodatka k prilogi 4;
- b* NO_x koncentracija iz točke 1.8.7. tega dodatka k prilogi 4;
- c* NO koncentracija iz točke 1.8.4. tega dodatka k prilogi 4 in
- d* NO koncentracija iz točke 1.8.5. tega dodatka k prilogi 4.

1.8.4. Dodajanje kisika

Kisik ali ničelni plin se morata dovajati neprekinjeno skozi "T" priključek, dokler koncentracija, prikazana na instrumentu, ni za približno 20 % manjša od prikazane koncentracije plina za umerjanje, določene v točki 1.8.2. tega dodatka k prilogi 4. Na instrumentu prikazana koncentracija *c* se mora zabeležiti. Analizator je tu v režimu obratovanja NO. Ozonizator mora biti med celotnim procesom izključen.

1.8.5. Aktiviranje ozonizatorja

Ozonizator se nato aktivira, da proizvede dovolj ozona, da se koncentracija NO zniža na približno 20 % (najmanj 10 %) kalibracijske koncentracije, navedene v točki 1.8.2.

tega dodatka k prilogi 4. Na instrumentu prikazana koncentracija d se mora zabeležiti. Analizator je tu v režimu obratovanja NO.

1.8.6. Režim obratovanja NO_x

Analizator NO se nato preklopi na režim obratovanja NO_x, tako da sedaj mešanica plinov (ki jo sestavljajo NO, NO₂, O₂ in N₂) teče skozi pretvornik. Na instrumentu prikazana koncentracija a se mora zabeležiti. Analizator je tu v režimu obratovanja NO_x.

1.8.7. Deaktiviranje ozonizatorja

Ozonizator se nato deaktivira. Mešanica plinov, opisana v točki 1.8.6. tega dodatka k prilogi 4, teče skozi pretvornik v detektor. Na instrumentu prikazana koncentracija b se mora zabeležiti. Analizator je tu v režimu obratovanja NO_x.

1.8.8. Režim obratovanja NO

Ko je analizator preklopljen v režim obratovanja NO in je ozonizator deaktiviran, se prekine tudi pretok kisika ali sintetičnega zraka. Odčitek NO_x na analizatorju ne sme odstopati za več kot $\pm 5\%$ od vrednosti, izmerjene v skladu s točko 1.8.2. tega dodatka k prilogi 4. Analizator je tu v režimu obratovanja NO.

1.8.9. Presledki med preskusi

Učinkovitost pretvornika je treba mesečno preverjati.

1.8.10. Zahteva glede učinkovitosti

Učinkovitost pretvornika ne sme biti manjša od 90 % (priporoča se učinkovitost višja od 95 %).

Opomba: če ozonizator, ko je analizator nastavljen na običajno območje merjenja, ne more doseči znižane koncentracije od 80 % na 20 % v skladu z zahtevo iz točke 1.8.5. tega dodatka k prilogi 4, je treba uporabiti najvišje območje merjenja analizatorja, pri katerem pride do zahtevanega znižanja.

1.9. Nastavitev detektorja s plamensko ionizacijo za merjenje ogljikovodikov (FID)

1.9.1. Optimizacija odzivnosti detektorja

HFID je treba nastaviti v skladu z navodili proizvajalca instrumenta. Za optimizacijo odzivnosti v najobičajnejšem delovnem območju se za kalibrni plin uporabi propan v zraku.

Ko je pretok goriva in zraka nastavljen v skladu s priporočili proizvajalca, se v analizator spusti plin za kalibriranje s 350 ± 75 ppm ogljika. Odzivnost pri danem pretoku goriva se določi iz razlike med odzivnostjo kalibrnega plina in odzivnostjo ničelnega plina. Pretok goriva se diferenčno naravna nad in pod specifikacijo proizvajalca. Zapišeta se odziva na kalibrni in ničelni plin. Razlika med kalibrirno in ničelno odzivnostjo se grafično prikaže, pretok goriva pa naravna na bogatejšo stran krivulje. To je začetna nastavitev pretoka, ki jo bo morda treba nadalje optimizirati, odvisno od rezultatov faktorja odzivnosti za ogljikovodike in od preverjanja stranskih vplivov kisika, v skladu s točkama 1.9.2. in 1.9.3. tega dodatka k prilogi 4.

Če stranski vplivi kisika ali faktorji odzivnosti za ogljikovodike niso v skladu s specifikacijami, se pretok zraka nastavi nad ali pod specifikacijami proizvajalca, za vsak pretok pa se ponovita točki 1.9.2. in 1.9.3. tega dodatka k prilogi 4.

1.9.2. Faktorji odzivnosti za ogljikovodike

Analizator se v skladu s točko 1.5. tega dodatka k prilogi 4 kalibrira z uporabo propana v zraku in prečiščenega sintetičnega zraka.

Faktorji odzivnosti se ugotovijo, ko analizator začne obratovati, in po večjih prekinitvah obratovanja. Faktor odzivnosti R_f za posamezno vrsto ogljikovodika je razmerje med odčitkom FID C_1 in koncentracijo plinov v jeklenki, izraženo v ppm C_1 .

Koncentracija preskusnega plina mora biti na takšni ravni, da je odzivnost približno 80 % obsega skale. Koncentracija mora biti znana na ± 2 % natančno glede na gravimetrično standardno vrednost, izraženo v prostornini. Poleg tega je treba jeklenko s plinom 24 ur kondicionirati pri temperaturi 298 K (25 °C) ± 5 K.

Preskusni plini, ki se uporabljajo, in priporočena relativna območja faktorjev odzivnosti so naslednji:

- metan in prečiščeni sintetični zrak z $1,00 \leq R_f \leq 1,15$;
- propilen in prečiščeni sintetični zrak z $0,90 \leq R_f \leq 1,1$ ali
- toluen in prečiščeni sintetični zrak z $0,90 \leq R_f \leq 1,10$.

Te vrednosti se nanašajo na faktor odzivnosti $R_f = 1,00$ za propan in prečiščeni sintetični zrak.

1.9.3. Preverjanje stranskih vplivov kisika

Preverjanje stranskih vplivov kisika se opravi, ko začne analizator obratovati, in po vsaki večji prekinitvi obratovanja. Izbere se območje, v katerem bodo plini za preverjanje stranskih vplivov kisika spadali v zgornjih 50 %. Preskus se opravi pri zahtevani nastavitvi temperature peči. Plini za preverjanje stranskih vplivov kisika so določeni v točki 1.2.3. tega dodatka k prilogi 4. Postopek preverjanje je sledeč:

- analizator se nastavi na ničlo;
- pri bencinskih motorjih se razpon analizatorja nastavi z mešanico 0 %;
- ponovno se preveri odzivnost nič. Če se je spremenila za več kot 0,5 % obsega skale, je treba ponoviti prvi dve alineji;
- uvedejo se plini za preverjanje stranskih vplivov kisika s 5 % in 10 % kisika;
- ponovno se preveri odzivnost nič. Če se je spremenila za več kot ± 1 % obsega skale, je treba ponoviti preskus;
- stranski vplivi kisika (% O_2I) se izračunajo za vsako mešanico iz četrte alineje z enačbo:

$$O_2I = \frac{b - c}{b} \cdot 100$$

kjer je:

- a* koncentracija ogljikovodikov (ppm ogljika) kalibrirnega plina, uporabljenega v drugi alineji;
- b* koncentracija ogljikovodikov (ppm ogljika) plinov za preverjanje stranskih vplivov kisika, uporabljenih v četrsti alineji;
- c* odzivnost analizatorja (ppm ogljika):

$$c = \frac{a}{d}$$

- d* odstotek obsega skale pri odzivu analizatorja zaradi *a*.

– procent stranskega vpliva kisika (% O_2I) mora biti pred preskušanjem manjši od ± 3 % za vse zahtevane pline za preverjanje stranskih vplivov kisika;

– če je stranski vpliv kisika večji od ± 3 %, se pretok zraka nad in pod specifikacijami proizvajalca stopenjsko naravna tako, da se za vsak pretok ponovi postopek iz točke 1.9.1. tega dodatka k prilogi 4;

– če je po nastavitvi pretoka zraka stranski vpliv kisika večji od ± 3 %, se spremeni pretok goriva in nato pretok vzorca, za vsako novo nastavitev pa se ponovi postopek iz točke 1.9.1. tega dodatka k prilogi 4 in

– če je stranski vpliv kisika še vedno večji od ± 3 %, se pred preskušanjem popravi ali zamenja analizator, gorivo v detektorju FID ali zrak v gorilniku. Postopek po tej točki se nato ponovi s popravljeno ali zamenjano opremo ali plini.

1.10. Učinki stranskih vplivov pri analizatorjih CO, CO₂, NO_x in O₂

Plini ki jih ne analiziramo, lahko na različne načine vplivajo na odčitke. Do pozitivnih stranskih učinkov pride pri analizatorjih NDIR in PMD, če ima plin s stranskimi vplivi enak učinek kot merjeni plin, vendar v manjši meri. Negativne stranske učinke pri analizatorjih NDIR povzroča plin s stranskimi vplivi, ki širi absorpcijski pas merjenega plina, pri detektorjih CLD pa plin s stranskimi vplivi, ki duši sevanje. Preverjanje stranskih vplivov iz točk 1.10.1. in 1.10.2. tega dodatka k prilogi 4 se opravi pred prvo uporabo analizatorja in po večjih prekinitev obratovanja, najmanj pa enkrat na leto.

1.10.1. Preverjanje stranskih vplivov na analizator CO

Voda in CO₂ lahko imata stranske vplive na delovanje analizatorja CO. Zato se skozi vodo pri sobni temperaturi pošljejo mehurčki kalibrirnega plina CO₂ s koncentracijo od 80 do 100 % obsega skale največjega območja delovanja, ki se uporablja med preskušanjem, odzivnost analizatorja pa se zapiše. Odzivnost analizatorja ne sme biti večja od 1 % obsega skale za območja, enaka ali večja od 300 ppm, ali večja od 3 ppm za območja, manjša od 300 ppm.

1.10.2. Preverjanje dušenja pri analizatorju NO_x

Plina, bistvena za detektor CLD (in HCLD), sta CO₂ in vodna para. Odzivi na dušenje s tema dvema plinoma so sorazmerni z njuno koncentracijo, zato so potrebne preskusne tehnike za določanje dušenja pri najvišjih pričakovanih koncentracijah med preskušanjem.

1.10.2.1. Preverjanje dušenja s CO₂

Kalibrirni plin CO₂ s koncentracijo od 80 do 100 % obsega skale največjega območja delovanja se spusti skozi analizator NDIR, vrednost CO₂ pa zabeleži kot vrednost *a*. Nato se ta približno za 50 % razredči s kalibrirnim plinom NO in pošlje skozi NDIR in (H)CLD, vrednosti CO₂ in NO pa se zabeležita kot vrednost *b* oziroma *c*. Nato se dotok CO₂ zapre, skozi (H)CLD pa pošlje samo kalibrirni plin NO, katerega vrednost se zabeleži kot vrednost *d*.

Dušenje, ki ne sme biti večje od 3 % obsega skale, se izračuna na naslednji način:

$$\text{Dušenje s CO}_2 (\%) = \left(1 - \frac{c \cdot a}{(d \cdot a) - (d \cdot b)} \right) \cdot 100$$

kje je:

a koncentracija nerazdrečenega CO₂, izmerjena z NDIR (%);

b koncentracija razdrečenega CO₂, izmerjena z NDIR (%);

c koncentracija razdrečenega NO, izmerjena s CLD (ppm) in

d koncentracija nerazdrečenega NO, izmerjena s CLD (ppm);.

Uporabijo se lahko tudi nadomestne metode redčenja in kvantifikacije vrednosti kalibrirnih plinov CO₂ in NO, kot npr. dinamična mešalna metoda.

1.10.2.2. Preverjanje dušenja z vodo

To preverjanje se uporablja samo za merjenje koncentracije vlažnih plinov. Pri izračunu dušenja z vodo je treba upoštevati redčenje kalibrirnega plina NO z vodnimi hlapci in uravnavanje koncentracije vodnih hlapov v mešanici s koncentracijo, ki se pričakuje med preskušanjem.

Skozi (H)CLD se pošlje kalibrirni plin NO s koncentracijo od 80 do 100 % obsega skale običajnega območja delovanja, vrednost NO pa se zabeleži kot vrednost d . Nato se skozi vodo pri sobni temperaturi in skozi (H)CLD pošljejo mehurčki kalibrirnega plina NO, vrednost NO pa se zabeleži kot vrednost c (ppm). Določi se temperatura vode in se zabeleži kot vrednost f . Ugotovi se tlak nasičene pare mešanice, ki ustreza temperaturi vode z mehurčki f , in se zabeleži kot vrednost g . Dejanska koncentracija vodnih hlapov h (%) v mešanici se izračuna na naslednji način:

$$h = 100 \cdot \left(\frac{g}{P_B} \right)$$

Pričakovana koncentracija d_e (ppm) v vodnih hlapih razredčenega kalibrirnega plina NO se izračuna na naslednji način:

$$d_e = d \cdot \left(1 - \frac{h}{100} \right)$$

Dušenje z vodo ne sme preseči 3 % in se izračuna na naslednji način:

$$\text{Dušenja s H}_2\text{O} (\%) = 100 \cdot \left(\frac{d_e - c}{d_e} \right) \cdot \left(\frac{h_m}{h} \right)$$

kjer je h_m največja koncentracija vodnih hlapov (%).

Opomba: za to preverjanje je pomembno, da kalibrirni plin NO vsebuje najmanjšo možno koncentracijo NO₂, saj se absorpcija NO₂ v vodi ne upošteva pri izračunavanju dušenja.

1.10.3. Stranski vplivi na analizator O₂

Odziv analizatorja PMD na pline, ki niso kisik, je sorazmerno majhen. V spodnji tabeli so pokazane kisiku enakovredne običajne sestavine izpušnih plinov.

Sestavina	Enakovreden O ₂ (%)
CO ₂	-0,623
CO	-0,354
NO	+44,4
NO ₂	+28,7
H ₂ O	-0,381

Če so potrebna zelo natančna merjenja, se opažena koncentracija kisika popravi z naslednjo formulo:

$$\text{Motnja} = \frac{\text{enakovreden O}_2 (\%) \cdot \text{opažena koncentracija}}{100}$$

1.11. Intervali kalibracij

Analizatorji se v skladu s točko 1.5. tega dodatka k prilogi 4 kalibrirajo vsaj vsake 3 mesece ali vsakič, ko je bil opravljen servis sistema ali sprememba, ki bi utegnila vplivati na kalibracijo.

PRILOGA 4

Dodatek 3

1. VREDNOTENJE PODATKOV IN IZRAČUNI

1.1. Vrednotenje plinastih emisij

Plinaste emisije se vrednotijo tako, da se izračuna povprečje zapisov za zadnjih 120 sekund v vsaki fazi preskušanja, iz povprečja zapisov (in ustreznih podatkov kalibracije pa se ugotovijo povprečne koncentracije $Conc_{HC}$, CO , NO_x in CO_2 med posamezno fazo preskušanja. Uporabi se lahko tudi drugačna vrsta zapisovanja, če zagotavlja enakovredno zajemanje podatkov.

Povprečne koncentracije ozadja $Conc_d$ se lahko ugotovijo z odčitavanjem zraka za redčenje v vreči za vzorčenje ali s stalnim odčitavanjem ozadja (ne iz vreče) in ustreznimi kalibracijskimi podatki.

1.2. Izračun plinastih emisij

Rezultati preskusa v končnem poročilu se izpeljejo skladno s točkami 1.2.1. do 1.2.4. tega dodatka k prilogi 4.

1.2.1. Preračun iz suhega v vlažno

Če koncentracija ni že izmerjena na vlažni osnovi, se pretvori na vlažno podlago:

$$Conc(\text{vlažno}) = K_W \cdot Conc(\text{suho})$$

– za nerazredčene izpušne pline

$$K_{W,r} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,005 \cdot (\%CO(\text{suho}) + \%CO_2(\text{suho})) - 0,01 \cdot \%H_2(\text{suho}) + K_{W2}} \right)$$

kjer je:

α razmerje vodik/ogljik v gorivu;

$$H_2(\text{suho}) = \frac{0,5 \cdot \alpha \cdot \%CO(\text{suho}) \cdot (\%CO(\text{suho}) + \%CO_2(\text{suho}))}{\%CO(\text{suho}) + 3 \cdot \%CO_2(\text{suho})}$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + 1,608 \cdot H_a}$$

– za razredčene izpušne pline za merjenje vlažnega CO_2

$$K_{W,e,1} = \left(1 - \frac{\alpha \cdot \%CO(\text{vlažno})}{200} \right) - K_{W1}$$

oziroma za merjenje suhega CO_2

$$K_{W,e,2} = \left(\frac{1 - K_{W1}}{1 + \frac{\alpha \cdot \%CO_2(\text{suho})}{200}} \right)$$

kjer je:

α razmerje vodik/ogljik v gorivu;

$$K_{W1} = \frac{1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}{1000 + 1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}$$

$$DF = \frac{13,4}{\%Conc_{CO_2} + (ppm Conc_{CO} + ppm Conc_{HC}) \cdot 10^{-4}}$$

– za zrak za redčenje

$$K_{W,d} = 1 - K_{W1}$$

ker je:

$$K_{W1} = \frac{1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}{1000 + 1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}$$

$$DF = \frac{13,4}{\%Conc_{CO_2} + (ppm Conc_{CO} + ppm Conc_{HC}) \cdot 10^{-4}}$$

– za vsesani zrak, če se razlikuje od zraka za redčenje

$$K_{W,a} = 1 - K_{W2}$$

kjer je:

$$K_{W2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + 1,608 \cdot H_a}$$

1.2.2. Korekcija vlažnosti za NO_x

Ker je emisija NO_x odvisna od vlažnosti okoliškega zraka, se koncentracija NO_x pomnoži s faktorjem K_H, ki je za štiriktaktni motorje:

$$K_H = 0,6272 + 0,04403 \cdot H_a - 0,000862 \cdot H_a^2$$

Za dvotaktni motorje je K_H = 1.

1.2.3. Izračun masnih pretokov emisij

Stopnje masnih pretokov emisij se za posamezno fazo preskušanja izračuna za:

– nerazredčene izpušne pline ⁽¹⁾

$$Gas_{mass} = \frac{MW_{Gas}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(vlažno) - \%CO_{2AIR} + \%CO(vlažno) + \%HC(vlažno)} \cdot K$$

$$K = \%Conc \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

kjer je:

MW_{Gas} molekulska masa posameznega plina iz spodnje tabele.

Plin	MW _{Gas} (kg/kmol)
NO _x	46,01
CO	28,01
HC	MW _{HC} = MW _{FUEL}
CO ₂	44,01

$$MW_{FUEL} = 12,011 + \alpha \cdot 1,00794 + \beta \cdot 15,9994$$

α razmerje vodik/ogljik;

β razmerje kisik/ogljik v gorivu ⁽²⁾ in

CO_{2AIR} koncentracija CO₂ v vsesanem zraku (če ni izmerjena, se domnevna, da je enaka 0,04 %).

– razredčene izpušne pline ⁽¹⁾

$$Gas_{mass} = u \cdot Conc_c \cdot G_{TOTW}$$

kjer je:

$$Conc_c = Conc - Conc_d \times (1 - 1/DF)$$

$$DF = 13,4 / (Conc_{CO_2} + (Conc_{CO} + Conc_{HC}) \cdot 10^{-4})$$

G_{TOTW} masni pretok razredčenih izpušnih plinov na vlažni osnovi, ki se, če se uporablja sistem redčenja s celotnim tokom, ugotovi v skladu s točko 1.2.4. dodatka 1 k prilogi 3 in

Koeficient u se uporabi v skladu s spodnjo tabelo

Plin	u	$Conc$
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	%

Vrednosti koeficienta u temeljijo na molekularni masi razredčenih izpušnih plinov, ki je enaka 29 (kg/kmol). Vrednost u za HC temelji na povprečnem razmerju ogljik/vodik 1:1,85.

1.2.4. Izračun specifičnih emisij

Specifične emisije (g/kWh) se za vse posamezne sestavine izračunajo z enačbo:

$$\frac{\sum_{i=1}^n Gas_{mass,i} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

kjer je:

$$P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$$

Če je za preskus nameščena dodatna oprema, kot je npr. hladilni ventilator ali puhalo, se rezultatom doda odjem moči, razen pri motorjih, pri katerih je taka dodatna oprema sestavni del motorja. Moč ventilatorja ali puhala se pri vrtilni frekvenci, uporabljeni za preskus, ugotovi z izračunom iz standardnih lastnosti ali s praktičnimi preskusi (dotatek 3, priloga 7).

Utežni faktorji in število faz preskušanja n , uporabljenih v zgornjem izračunu, so pokazani v točki 3.5.1.1. priloge 4.

2. PRIMERI

2.1. Podatki o nerazredčenih izpušnih plinih iz štiritačnega motorja na prisilni vžig

Glede na eksperimentalne podatke iz spodnje tabele se izračuni opravijo najprej za fazo 1 in se nato z uporabo enakega postopka razširijo na ostale faze preskusa.

Način		1	2	3	4	5	6
Vrtilna frekvenca motorja	min ⁻¹	2550	2550	2550	2550	2550	1480
Moč	kW	9,96	7,5	4,88	2,36	0,94	0
Odstotek obremenitve	%	100	75	50	25	10	0
Utežni faktorji	–	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Zračni tlak	kPa	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0
Temperatura zraka	°C	20,5	21,3	22,4	22,4	20,7	21,7
Relativna vlažnost zraka	%	38,0	38,0	38,0	37,0	37,0	38,0
Absolutna vlažnost zraka	g _{H2O} /kg _{air}	5,696	5,986	6,406	6,236	5,614	6,136
Suhi CO	ppm	60995	40725	34646	41976	68207	37439
Vlažni NO _x	ppm	726	1 541	1328	377	127	85
Vlažni HC	ppm C1	1461	1308	1401	2073	3024	9390
Suhi CO ₂	vol %	11,4098	12,691	13,058	12,566	10,822	9,516
Masni pretok goriva	kg/h	2,985	2,047	1,654	1,183	1,056	0,429
Razmerje α (H/C goriva)	–	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Razmerje β (O/C goriva)		0	0	0	0	0	0

2.1.1. Korekcijski faktor iz suhega v vlažno K_w

Za pretvarjanje meritev suhih CO in CO₂ na vlažno osnovo se izračuna korekcijski faktor iz suhega v vlažno:

$$K_{w,r} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,005 \cdot (\%CO(suho) + \%CO_2(suho)) - 0,01 \cdot \%H_2(suho) + K_{w2}} \right)$$

kjer je:

$$H_2(suho) = \frac{0,5 \cdot \alpha \cdot \%CO(suho) \cdot (\%CO(suho) + \%CO_2(suho))}{\%CO(suho) + 3 \cdot \%CO_2(suho)}$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + 1,608 \cdot H_a}$$

Sledi:

$$H_2(suho) = \frac{0,5 \cdot 1,85 \cdot 6,0995 \cdot (6,0995 + 11,4098)}{6,0995 + 3 \cdot 11,4098} = 2,45 \%$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \cdot 5,696}{1000 + 1,608 \cdot 5,696} = 0,009$$

$$K_{W,r} = \left(\frac{1}{1 + 1,85 \cdot 0,005 \cdot (6,0995 + 11,4098) - 0,01 \cdot 2,45 + 0,009} \right) = 0,872$$

$$CO(\text{vlažno}) = CO(\text{suho}) \cdot K_W = 60995 \cdot 0,872 = 53198 \text{ ppm}$$

$$CO_2(\text{vlažno}) = CO_2(\text{suho}) \cdot K_W = 11,4098 \cdot 0,872 = 9,951 \text{ vol } \%$$

Vlažne vrednosti CO in CO₂ glede na različne faze preskusa:

Faza		1	2	3	4	5	6
Suhi H ₂	%	2,45	1,499	1,242	1,554	2,834	1,422
K _{w2}	—	0,009	0,01	0,01	0,01	0,009	0,01
K _w	—	0,872	0,87	0,869	0,87	0,874	0,894
Vlažni CO	ppm	53198	35424	30111	36518	59631	33481
Vlažni CO ₂	%	9,951	11,039	11,348	10,932	9,461	8,51

2.1.2. Emisije HC

$$Gas_{mass} = \frac{MW_{Gas}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(\text{vlažno}) - \%CO_{2AIR} + \%CO(\text{vlažno}) + \%HC(\text{vlažno})} \cdot K$$

$$K \cdot \%Conc \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

Sledi:

$$MW_{HC} = MW_{FUEL}$$

$$MW_{FUEL} = 12,011 + \alpha \cdot 1,00794 = 13,876$$

$$HC_{mass} = \frac{13,876}{13,876} \cdot \frac{1}{9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461} \cdot 0,1461 \cdot 2,985 \cdot 1000 = 28,361 \text{ g/h}$$

Emisije HC (g/h) glede na različne faze preskusa:

Faza	1	2	3	4	5	6
HC _{mass}	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578

2.1.3. Emisije NO_x

Najprej se izračuna korekcijski faktor K_H vlažnosti emisij NO_x:

$$K_H = 0,6272 + 0,04403 \cdot H_a - 0,000862 \cdot H_a^2$$

$$K_H = 0,6272 + 0,04403 \cdot 5,696 - 0,000862 \cdot 5,696^2 = 0,85$$

Korekcijski faktor K_H vlažnosti emisij NO_x glede na različne faze preskusa.

Faza	1	2	3	4	5	6
K _H	0,85	0,86	0,874	0,868	0,847	0,865

Nato se izračuna NO_{xmass}:

$$NO_{xmass} = \frac{MW_{NOx}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(\text{vlažno}) - \%CO_{2AIR} + \%CO(\text{vlažno}) + \%HC(\text{vlažno})} \cdot K$$

$$K \cdot \%Conc \cdot K_H \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

$$NO_{xmass} = \frac{46,01}{13,876} \cdot \frac{1}{9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461} \cdot 0,073 \cdot 0,85 \cdot 2,985 \cdot 1000 = 39,717 \text{ g/h}$$

Emisije NO_x (g/h) glede na različne faze preskusa:

Faza	1	2	3	4	5	6
NO _{xmass}	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,82

2.1.4. Emisije CO

$$CO_{xmass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(vlažno) - \%CO_{2AIR} + \%CO(vlažno) + \%HC(vlažno)} \cdot K$$

$$K \cdot \%Conc \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

$$CO_{mass} = \frac{28,01}{13,876} \cdot \frac{1}{9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461} \cdot 5,3198 \cdot 2,985 \cdot 1000 = 2084,588 \text{ g/h}$$

Emisije CO (g/h) glede na različne faze preskusa:

Faza	1	2	3	4	5	6
CO _{mass}	2084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285

2.1.5. Emisije CO₂

$$CO_{2xmass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(vlažno) - \%CO_{2AIR} + \%CO(vlažno) + \%HC(vlažno)} \cdot K$$

$$K \cdot \%Conc \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \cdot \frac{1}{9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461} \cdot 9,951 \cdot 2,985 \cdot 1000 = 6126,806 \text{ g/h}$$

Emisije CO₂ (g/h) glede na različne faze preskusa:

Faza	1	2	3	4	5	6
CO _{2mass}	6126,806	4884,739	4117,202	2780,662	2020,061	907,648

2.1.6. Specifične emisije

Za vse posamezne sestavine se izračuna specifična emisija (g/kWh):

$$\frac{\sum_{i=1}^n Gas_{mass,i} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

Emisije (g/h) in utežni faktorji glede na faze preskusa:

Faza		1	2	3	4	5	6
HC _{mass}	g/h	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578
NO _{xmass}	g/h	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,82
CO _{mass}	g/h	2084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285
CO _{2mass}	g/h	6126,806	4884,739	4117,202	2730,662	2020,061	907,648
Moč P _i	kW	9,96	7,5	4,88	2,36	0,94	0
Utežni faktorji WF _i	–	0,09	0,2	0,29	0,3	0,07	0,05

$$HC = \frac{28,361 \cdot 0,09 + 18,248 \cdot 0,2 + 16,026 \cdot 0,29 + 16,625 \cdot 0,3 + 20,357 \cdot 0,07 + 31,578 \cdot 0,05}{9,96 \cdot 0,09 + 7,5 \cdot 0,2 + 4,88 \cdot 0,29 + 2,36 \cdot 0,3 + 0,94 \cdot 0,07 + 0 \cdot 0,05}$$

$$HC = 4,11 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{39,717 \cdot 0,09 + 61,291 \cdot 0,2 + 44,013 \cdot 0,29 + 8,703 \cdot 0,3 + 2,401 \cdot 0,07 + 0,82 \cdot 0,05}{9,96 \cdot 0,09 + 7,5 \cdot 0,2 + 4,88 \cdot 0,29 + 2,36 \cdot 0,3 + 0,94 \cdot 0,07 + 0 \cdot 0,05}$$

$$NO_x = 6,85 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{208,459 \cdot 0,09 + 997,64 \cdot 0,2 + 695,28 \cdot 0,29 + 591,18 \cdot 0,3 + 810,33 \cdot 0,07 + 227,92 \cdot 0,05}{9,96 \cdot 0,09 + 7,5 \cdot 0,2 + 4,88 \cdot 0,29 + 2,36 \cdot 0,3 + 0,94 \cdot 0,07 + 0 \cdot 0,05}$$

$$CO = 181,93 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{612,682 \cdot 0,09 + 488,474 \cdot 0,2 + 411,72 \cdot 0,29 + 278,066 \cdot 0,3 + 202,006 \cdot 0,07 + 907,65 \cdot 0,05}{9,96 \cdot 0,09 + 7,5 \cdot 0,2 + 4,88 \cdot 0,29 + 2,36 \cdot 0,3 + 0,94 \cdot 0,07 + 0 \cdot 0,05}$$

$$CO_2 = 816,36 \text{ g/kWh}$$

2.2. Podatki o nerazredčenih izpušnih plinih iz dvotaktnega motorja na prisilni vžig

Glede na eksperimentalne podatke iz spodnje tabele se izračuni opravijo najprej za fazo 1 in se nato z uporabo enakega postopka razširijo na ostale faze preskusa.

Eksperimentalni podatki dvotaktnega motorja na prisilni vžig:

Faza		1	2
Vrtilna frekvenca motorja	min ⁻¹	9500	2800
Moč	kW	2,31	0
Odstotek obremenitve	%	100	0
Utežni faktorji	–	0,9	0,1
Zračni tlak	kPa	100,3	100,3
Temperatura zraka	°C	25,4	25
Relativna vlažnost zraka	%	38,0	38,0
Absolutna vlažnost zraka	g _{H2O} /kg _{air}	7,742	7,558
Suhi CO	ppm	37086	16150
Vlažni NO _x	ppm	183	15
Vlažni HC	ppm C1	14220	13179
Suhi CO ₂	vol %	11,986	11,446
Masni pretok goriva	kg/h	1,195	0,089
Razmerje α (H/C goriva)	–	1,85	1,85
Razmerje β (O/C goriva)		0	0

2.2.1. Korekcijski faktor iz suhega v vlažno K_w

Za pretvarjanje meritev suhih CO in CO₂ na vlažno podlago se izračuna korekcijski faktor:

$$K_{w,r} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,005 \cdot (\%CO(suho) + \%CO_2(suho)) - 0,01 \cdot \%H_2(suho) + K_{w_2}} \right)$$

kjer je:

α razmerje vodik/ogljik v gorivu;

$$H_2(\text{suho}) = \frac{0,5 \cdot \alpha \cdot \%CO(\text{suho}) \cdot (\%CO(\text{suho}) + \%CO_2(\text{suho}))}{\%CO(\text{suho}) + 3 \cdot \%CO_2(\text{suho})}$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + 1,608 \cdot H_a}$$

Sledi:

$$H_2(\text{suho}) = \frac{0,5 \cdot 1,85 \cdot 3,7086 \cdot (3,7086 + 11,986)}{3,7086 + 3 \cdot 11,986} = 1,357 \%$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \cdot 7,742}{1000 + 1,608 \cdot 7,742} = 0,012$$

$$K_{W,r} = \left(\frac{1}{1 + 1,85 \cdot 0,005 \cdot (3,7086 + 11,986) - 0,01 \cdot 1,357 + 0,012} \right) = 0,874$$

$$CO(\text{vlažno}) = CO(\text{suho}) \cdot K_W = 37086 \cdot 0,874 = 32420 \text{ ppm}$$

$$CO_2(\text{vlažno}) = CO_2(\text{suho}) \cdot K_W = 11,986 \cdot 0,874 = 10,478 \text{ vol } \%$$

Vlažne vrednosti CO in CO₂ glede na različne faze preskusa:

Faza		1	2
Suhi H ₂	%	1,357	0,543
kw ₂	–	0,012	0,012
kw	–	0,874	0,887
Vlažni CO	ppm	32420	14 325
Vlažni CO ₂	%	10,478	10,153

2.2.2. Emisije HC

$$HC_{mass} = \frac{MW_{HC}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(\text{vlažno}) - \%CO_{2,AIR} + \%CO(\text{vlažno}) + \%HC(\text{vlažno})} \cdot K$$

$$K = \%Conc \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

Sledi:

$$MW_{HC} = MW_{FUEL}$$

$$MW_{FUEL} = 12,011 + \alpha \cdot 1,00794 = 13,876$$

$$HC_{mass} = \frac{13,876}{13,876} \cdot \frac{1}{10,478 - 0,04 + 3,242 + 1,422} \cdot 1,422 \cdot 1,195 \cdot 1000 = 112,52 \text{ g / h}$$

Emisije HC (g/h) glede na različne faze preskusa:

Faza	1	2
HC _{mass}	112,520	9,119

2.2.3. Emisije NO_x

Korekcijski faktor emisij NO_x je za dvotaktne motorje $K_H = 1$.

$$NO_{xmass} = \frac{MW_{NOx}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(vlažno) - \%CO_{2AIR} + \%CO(vlažno) + \%HC(vlažno)} \cdot K$$

$$K \cdot \%Conc \cdot K_H \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

$$NO_{xmass} = \frac{46,01}{13,876} \cdot \frac{1}{10,478 - 0,04 + 3,242 + 1,422} \cdot 0,0183 \cdot 1 \cdot 1,195 \cdot 1000 = 4,8 \text{ g/h}$$

Emisije NO_x (g/h) glede na različne faze preskusa:

Način	1	2
NO _{xmass}	4,8	0,034

2.2.4. Emisije CO

$$CO_{xmass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(vlažno) - \%CO_{2AIR} + \%CO(vlažno) + \%HC(vlažno)} \cdot K$$

$$K \cdot \%Conc \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

$$CO_{mass} = \frac{28,01}{13,876} \cdot \frac{1}{10,478 - 0,04 + 3,242 + 1,422} \cdot 3,242 \cdot 1,195 \cdot 1000 = 517,851 \text{ g/h}$$

Emisije CO (g/h) glede na različne faze preskusa:

Faza	1	2
CO _{mass}	517,851	20,007

2.2.5. Emisije CO₂

$$CO_{2xmass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{FUEL}} \cdot \frac{1}{\%CO_2(vlažno) - \%CO_{2AIR} + \%CO(vlažno) + \%HC(vlažno)} \cdot K$$

$$K \cdot \%Conc \cdot G_{FUEL} \cdot 1000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \cdot \frac{1}{10,478 - 0,04 + 3,242 + 1,422} \cdot 10,478 \cdot 1,195 \cdot 1000 = 2629,658 \text{ g/h}$$

Emisije CO₂ (g/h) glede na različne faze preskusa:

Faza	1	2
CO _{2mass}	2629,658	222,799

2.2.6. Specifične emisije

Za vse posamezne sestavine se izračuna specifična emisija (g/kWh):

$$\frac{\sum_{i=1}^n Gas_{mass,i} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

Emisije (g/h) in utežni faktorji glede na faze preskusa:

Način		1	2
HC _{mass}	g/h	112,52	9,119

NO _{xmass}	g/h	4,8	0,034
CO _{mass}	g/h	517,851	20,007
CO _{2mass}	g/h	2629,658	222,799
Moč P_i	KW	2,31	0
Utežni faktorji WF_i	–	0,85	0,15

$$HC = \frac{112,52 \cdot 0,85 + 9,119 \cdot 0,15}{2,31 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,15} = 49,4 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{4,8 \cdot 0,85 + 0,034 \cdot 0,15}{2,31 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,15} = 2,08 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{517,851 \cdot 0,85 + 20,007 \cdot 0,15}{2,31 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,15} = 225,71 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{2629,658 \cdot 0,85 + 222,799 \cdot 0,15}{2,31 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,15} = 1155,4 \text{ g/kWh}$$

2.3. Podatki o razredčenih izpušnih plinih iz štiriktaktnega motorja na prisilni vžig

Glede na spodnje eksperimentalne podatke se izračuni opravijo najprej za fazo 1 in se nato z uporabo enakega postopka razširijo na ostale faze preskusa.

Eksperimentalni podatki štiriktaktnega motorja na prisilni vžig:

Način		1	2	3	4	5	6
Vrtilna frekvenca motorja	min ⁻¹	3060	3060	3060	3060	3060	2100
Moč	kW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,23	0
Odstotek obremenitve	%	100	75	50	25	10	0
Utežni faktorji	–	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Zračni tlak	kPa	980	980	980	980	980	980
Temperatura zraka ⁽³⁾	°C	25,3	25,1	24,5	23,7	23,5	22,6
Relativna vlažnost zraka	%	19,8	19,8	20,6	21,5	21,9	23,2
Absolutna vlažnost zraka	g _{H2O} /kg _{air}	4,08	4,03	4,05	4,03	4,05	4,06
Suhi CO	ppm	3681	3 465	2 541	2 365	3 086	1 817
Vlažni NO _x	ppm	85,4	49,2	24,3	5,8	2,9	1,2
Vlažni HC	ppm C1	91	92	77	78	119	186
Suhi CO ₂	vol %	1,038	0,814	0,649	0,457	0,330	0,208
Suhi CO (ozadje)	ppm	3	3	3	2	2	3
Vlažni NO _x (ozadje)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Vlažni HC (ozadje)	ppm C1	6	6	5	6	6	4

Suhi CO ₂ (ozadje)	vol %	0,042	0,041	0,041	0,040	0,040	0,040
Masni pretok goriva	kg/h	625,722	627,171	623,549	630,792	627,895	561,267
Razmerje α (H/C goriva)	–	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Razmerje β (O/C goriva)		0	0	0	0	0	0

2.3.1. Korekcijski faktor iz suhega v vlažno K_W

Za pretvarjanje meritev suhih CO in CO₂ na vlažno osnovo se za razredčene izpušne pline izračuna korekcijski faktor iz suhega v vlažno:

$$K_{W,e,2} = \left(\frac{1 - K_{W1}}{1 + \frac{\alpha \cdot \%CO_2(suho)}{200}} \right)$$

kjer je:

$$K_{W1} = \frac{1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}{1000 + 1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}$$

$$DF = \frac{13,4}{\%Conc_{CO_2} + (ppm Conc_{CO} + ppm Conc_{HC}) \cdot 10^{-4}}$$

Sledi:

$$DF = \frac{13,4}{1,038 + (3681 + 91) \cdot 10^{-4}} = 9,465$$

$$K_{W1} = \frac{1,608 \cdot [4,08 \cdot (1 - 1/9,465) + 4,08 \cdot (1/9,465)]}{1000 + 1,608 \cdot [4,08 \cdot (1 - 1/9,465) + 4,08 \cdot (1/9,465)]} = 0,007$$

$$K_{W,e,2} = \left(\frac{1 - 0,007}{1 + \frac{1,85 \cdot 1,038}{200}} \right) = 0,984$$

$$CO(vlažno) = CO(suho) \cdot K_W = 3681 \cdot 0,984 = 3623 \text{ ppm}$$

$$CO_2(vlažno) = CO_2(suho) \cdot K_W = 10,38 \cdot 0,984 = 1,0219 \text{ vol \%}$$

Vlažne vrednosti CO in CO₂ za razredčene izpušne pline glede na faze preskusa:

Faza		1	2	3	4	5	6
DF	–	9,465	11,454	14,707	19,100	20,612	32,788
K_{W1}	–	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
K_W	–	0,984	0,986	0,988	0,989	0,991	0,992
Vlažni CO	ppm	3623	3417	2510	2340	3057	1802

vlažni CO ₂	%	1,0219	0,8028	0,6412	0,4524	0,3264	0,2066
------------------------	---	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Korekcijski faktor za zrak za redčenje:

$$K_{w,d} = 1 - K_{w1}$$

kjer je faktor K_{w1} enak kot že izračunani faktor za razredčene izpušne pline.

$$K_{w,d} = 1 - 0,007 = 0,993$$

$$CO(\text{vlažno}) = CO(\text{suho}) \cdot K_W = 3 \cdot 0,993 = 3 \text{ ppm}$$

$$CO_2(\text{vlažno}) = CO_2(\text{suho}) \cdot K_W = 0,042 \cdot 0,993 = 0,0421 \text{ vol \%}$$

Vlažne vrednosti CO in CO₂ za zrak za redčenje glede na faze preskusa:

Faza		1	2	3	4	5	6
K_{w1}	–	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
K_W	–	0,993	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
Vlažni CO	ppm	3	3	3	2	2	3
Vlažni CO ₂	%	0,0421	0,0405	0,0403	0,0398	0,0394	0,0401

2.3.2. Emisije HC

$$HC_{mass} = u \cdot Conc_c \cdot G_{TOTW}$$

kjer je:

$$u = 0,000479 \text{ iz tabele v točki 1.2.3. tega dodatka k prilogi 4.}$$

$$Conc_c = Conc - Conc_d \cdot (1 - 1/DF) = 91 - 6 \cdot (1 - 1/9,465) = 86 \text{ ppm}$$

$$HC_{mass} = 0,000479 \cdot 625,722 = 25,666 \text{ g/h}$$

Emisije HC (g/h) glede na faze preskusa.

Faza	1	2	3	4	5	6
HC_{mass}	25,666	25,993	21,607	21,850	34,074	48,963

2.3.3. Emisije NO_x

Faktor K_H za korekcijo emisij NO_x:

$$K_H = 0,6272 \cdot 0,04403 \cdot H_a - 0,000862 \cdot H_a^2$$

$$K_H = 0,6272 \cdot 0,04403 \cdot 4,8 - 0,000862 \cdot 4,8^2 = 0,79$$

Korekcijski faktor K_H vlažnosti emisij NO_x glede na faze preskusa:

Faza	1	2	3	4	5	6
K_H	0,793	0,791	0,791	0,790	0,791	0,792

$$NO_{xmass} = u \cdot Conc_c \cdot K_H \cdot G_{TOTW}$$

kjer je:

$$u = 0,001567 \text{ iz tabele v točki 1.2.3. tega dodatka k prilogi 4.}$$

$$Conc_c = Conc - Conc_d \cdot (1 - 1/DF) = 85 - 6 \cdot (1 - 1/9,465) = 85 \text{ ppm}$$

$$HC_{mass} = 0,001587 \cdot 85 \cdot 0,79 \cdot 625,722 = 67,168 \text{ g/h}$$

Emisije NO_x (g/h) glede na faze preskusa:

Faza	1	2	3	4	5	6
NO_{xmass}	67,168	38,721	19,012	4,621	2,319	0,811

2.3.4. Emisije CO

$$CO_{mass} = u \cdot Conc_c \cdot G_{TOTW}$$

kjer je:

$u = 0,000966$ iz tabele v točki 1.2.3. tega dodatka k prilogi 4.

$$Conc_c = Conc - Conc_d \cdot (1 - 1/DF) = 3622 - 3 \cdot (1 - 1/9,465) = 3620 \text{ ppm}$$

$$HC_{mass} = 0,000966 \cdot 3620 \cdot 625,722 = 2188,001 \text{ g/h}$$

Emisije CO (g/h) glede na faze preskusa:

Faza	1	2	3	4	5	6
CO_{mass}	2188,001	2068,760	1510,187	1424,792	1853,109	975,435

2.3.5. Emisije CO₂

$$CO_{2mass} = u \cdot Conc_c \cdot G_{TOTW}$$

kjer je:

$u = 15,19$ iz tabele v točki 1.2.3. tega dodatka k prilogi 4.

$$Conc_c = Conc - Conc_d \cdot (1 - 1/DF) = 1,0219 - 0,0421 \cdot (1 - 1/9,465) = 0,9842 \text{ ppm}$$

$$CO_{2mass} = 15,19 \cdot 0,9842 \cdot 625,722 = 9354,488 \text{ g/h}$$

Emisije CO₂ (g/h) glede na različne faze preskusa:

Faza	1	2	3	4	5	6
CO_{2mass}	9354,488	7295,794	5717,531	3973,503	2756,113	1430,229

2.3.6. Specifične emisije

Za vse posamezne sestavine se izračuna specifična emisija (g/kWh):

$$\frac{\sum_{i=1}^n Gas_{mass,i} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

Emisije (g/h) in utežni faktorji glede na faze preskusa:

Faza		1	2	3	4	5	6
HC_{mass}	g/h	25,666	25,993	21,607	21,850	34,074	48,963
NO_{xmass}	g/h	67,168	35,721	19,012	4,621	2,319	0,811
CO_{mass}	g/h	2188,001	2068,76	1510,187	1424,792	1853,109	975,435
CO_{2mass}	g/h	9354,488	7295,794	5717,531	3973,503	2756,113	1430,229
Moč P_i	KW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,28	0
utežni faktorji WF_i	–	0,09	0,2	0,29	0,3	0,07	0,05

$$HC = \frac{25,666 \cdot 0,09 + 25,993 \cdot 0,2 + 21,607 \cdot 0,29 + 21,85 \cdot 0,3 + 34,074 \cdot 0,07 + 48,963 \cdot 0,05}{13,15 \cdot 0,09 + 9,81 \cdot 0,2 + 6,52 \cdot 0,29 + 3,25 \cdot 0,3 + 1,28 \cdot 0,07 + 0 \cdot 0,05}$$

$$HC = 4,12 \text{ g/kWh}$$

$$\text{NO}_x = \frac{67,168 \cdot 0,09 + 38,721 \cdot 0,2 + 19,012 \cdot 0,29 + 4,621 \cdot 0,3 + 2,319 \cdot 0,07 + 0,811 \cdot 0,05}{13,15 \cdot 0,09 + 9,81 \cdot 0,2 + 6,52 \cdot 0,29 + 3,25 \cdot 0,3 + 1,28 \cdot 0,07 + 0 \cdot 0,05}$$

$$\text{NO}_x = 3,42 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO} = \frac{218,001 \cdot 0,09 + 206,876 \cdot 0,2 + 151,087 \cdot 0,29 + 142,492 \cdot 0,3 + 185,1009 \cdot 0,07 + 97,5435 \cdot 0,05}{13,15 \cdot 0,09 + 9,81 \cdot 0,2 + 6,52 \cdot 0,29 + 3,25 \cdot 0,3 + 1,28 \cdot 0,07 + 0 \cdot 0,05}$$

$$\text{CO} = 271,15 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{935,488 \cdot 0,09 + 729,794 \cdot 0,2 + 571,731 \cdot 0,29 + 397,503 \cdot 0,3 + 275,613 \cdot 0,07 + 143,029 \cdot 0,05}{13,15 \cdot 0,09 + 9,81 \cdot 0,2 + 6,52 \cdot 0,29 + 3,25 \cdot 0,3 + 1,28 \cdot 0,07 + 0 \cdot 0,05}$$

$$\text{CO}_2 = 887,53 \text{ g/kWh}$$

⁽¹⁾ V primeru NO_x je treba koncentracijo pomnožiti s korekcijskim faktorjem vlažnosti K_H (korekcijski faktor vlažnosti za NO_x).

⁽²⁾ V ISO 8178-1 je navedena popolnejša formula za molekularno maso goriva (formula 50 iz poglavja 13.5.1(b)). Ta formula poleg razmerja vodik/ogljik upošteva tudi druge možne sestavine goriva, npr. žveplo in dušik. Ker pa se motorji na prisilni vžig iz tega pravilnika preskušajo z bencinom (navedenim v prilogi 5 kot referenčno gorivo), ki ponavadi vsebuje samo ogljik in vodik, se upošteva poenostavljena formula.

⁽³⁾ Pogoji za razredčeni zrak enaki pogojem za polnilni zrak.

PRILOGA 4

Dodatek 4

1. SKLADNOST Z MEJNIMI VREDNOSTMI EMISIJ

Ta dodatek se uporablja samo za motorje na prisilni vžig.

Mejne vrednosti za emisije plinastih onesnaževal veljajo za emisije motorjev za tak čas trajanja emisij (EDP), kot je določen v skladu s tem dodatkom.

Za vse motorje na prisilni vžig velja, da je družina motorja glede emisij plinastih onesnaževal v skladu z določbami tega pravilnika le, če imajo vsi preskusni motorji iz družine motorja, ki so preskušeni v skladu s postopki tega pravilnika, emisije, ki so, pomnožene s faktorjem redčenja (DF) iz tega dodatka, manjše od ali enake mejnim vrednostim emisij, ki so za posamezni razred motorjev določene v tabeli 11, 2. dela priloge 1.

Mali proizvajalci motorjev lahko faktor redčenja za HC+NO_x ter CO izberejo iz spodnje tabele ali pa ga izračunajo na način, ki je opisan v točki 1.1. tega dodatka k prilogi 4. Za tehnologije, ki niso zajete v spodnji tabeli, morajo proizvajalci uporabiti postopek, opisan v točki 1.2. tega dodatka k prilogi 4.

Oznaka razreda	Dvotaktni motorji		Štiritaktni motorji		Motorji z naknadno obdelavo izpušnih plinov
	HC + NO _x	CO	HC + NO _x	CO	
SH:1	1,1	1,1	1,5	1,1	Faktor redčenja se izračunajo s pomočjo formule iz točke 1.1. tega dodatka k prilogi 4.
SH:2	1,1	1,1	1,5	1,1	
SH:3	1,1	1,1	1,5	1,1	
	Motorji s stoječimi ventili		Motorji z visečimi ventili		
	HC + NO _x	CO	HC + NO _x	CO	
SN:1	2,1	1,1	1,5	1,1	
SN:2	2,1	1,1	1,5	1,1	
SN:3	2,1	1,1	1,5	1,1	
SN:4	1,6	1,1	1,4	1,1	

Tako izbrani ali izračunani količniki poslabšanja se uporabljajo za preskuse v okviru postopka tipske odobritve in pri preskušanju motorjev v proizvodnem procesu.

1.1. Izračun faktorja redčenja za motorje z naknadno obdelavo izpušnih plinov

$$DF = [(NE \cdot EDF) - (CC \cdot F)] / (NE - CC)$$

kje je:

NE nivo emisij novega motorja pred katalizatorjem (g/kWh);

EDF faktor redčenja za motorje brez katalizatorja iz tabele v točki 1. tega dodatka k prilogi 4;

CC količina emisije, pretvorjena na čas $t = 0$ (g/kWh);

F = 0,8 za HC za vse razrede motorjev

F = 0,0 za NO_x za vse razrede motorjev in

F = 0,8 za CO za vse razrede motorjev

1.2. Določitev faktorja redčenja za druge tehnologije

Postopek preskušanja emisij se po tolikšnem številu ur, kot je potrebno za stabilizacijo emisij, opravi vsaj na enem preskusnem motorju s konfiguracijo, ki bo najverjetneje prekoračila mejne vrednosti emisij za onesnaževali HC + NO_x (oziroma emisijsko mejno vrednost za družino motorja, če se uporablja) in zgrajenem tako, da predstavlja proizvodne motorje.

Če se preskuša več kot en motor, se določi povprečje rezultatov in se zaokroži na enako število decimalnih mest, kot je določeno s tem pravilnikom, povečano za eno dodatno decimalno mesto.

Potrebno je opraviti tudi postopek staranja motorja, po katerem se ponovno opravi preskušanje emisij. Postopek staranja motorja naj bi proizvajalcu omogočil ustrezno napovedati predvideno poslabšanje emisij med uporabo skozi vso življenjsko dobo motorja, ob upoštevanju vrste obrabe in drugih mehanizmov poslabšanja, ki so predvideni za tipično uporabo s strani potrošnika in ki bi lahko vplivali na emisije. Če se preskuša več motorjev, se določi povprečje rezultatov in zaokroži na enako število decimalnih mest, kot je določeno s tem pravilnikom, povečano za eno dodatno decimalno mesto.

Za vsako onesnaževalo posebej je treba vrednost emisije, izmerjene na koncu časa trajnosti emisij (po možnosti povprečno vrednost emisij) deliti z vrednostjo stabilizirane emisije (po možnosti povprečno vrednost emisij) iz prvega odstavka te točke in rezultat zaokrožiti na dve decimalni mesti. Rezultat je faktor redčenja DF , če število ni manjše od 1,00. V nasprotnem primeru je faktor redčenja $DF = 1,0$.

Proizvajalec lahko po izbiri med preskusno točko za stabilizirane emisije in preskusno točko po času trajnosti emisij načrtuje dodatne preskusne točke za ugotavljanje emisij. Če so načrtovani vmesni preskusi, morajo biti preskusne točke enakomerno razporejene skozi ves čas trajnosti emisij (± 2 uri), pri tem, pa mora biti ena od preskusnih točk na polovici celotnega časa trajnosti emisij (± 2 uri).

Za vsako onesnaževalo HC + NO_x in CO, se vrednostim, izmerjenim v preskusnih točkah, prilagodi premica, pri čemer se za začetno preskusno točko šteje, da se je preskus izvedel ob času $t = 0$. Pri tem se uporabi metoda najmanjših kvadratov. Faktor redčenja se dobi tako, da se izračunano emisijo na koncu časa trajnosti deli z izračunano emisijo ob času $t = 0$.

Izračunani faktorji redčenja se lahko poleg družine motorja, na kateri so bili ugotovljeni, uporabijo tudi za druge družine, če proizvajalec k vlogi za pridobitev tipske odobritve predloži utemeljitev, da se za zadevne družine motorja lahko razumno pričakuje, da imajo glede na konstrukcijo in uporabljeno tehnologijo podobne lastnosti poslabšanja emisij, in je taka utemeljitev za ministrstvo sprejemljiva.

Seznam konstrukcijskih in tehnoloških razvrstitev s podobnimi lastnostmi poslabšanja emisij, ki pa ne izključuje tudi drugih, je naslednji:

- običajni dvotaktni motorji brez sistema za naknadno obdelavo izpušnih plinov;
- običajni dvotaktni motorji s keramičnim katalizatorjem z enako aktivno snovjo in obremenitvijo ter z enakim številom celic na cm²;
- običajni dvotaktni motorji s kovinskim katalizatorjem z enako aktivno snovjo in obremenitvijo, enakim substratom ter z enakim številom celic na cm²;
- dvotaktni motorji, opremljeni s plastnim splakovalnim sistemom;
- štiritahtni motorji s katalizatorjem (kot zgoraj) z enako tehnologijo ventilov in identičnim sistemom mazanja;

– štiritaktni motorji brez katalizatorja z enako tehnologijo ventilov in identičnim sistemom mazanja.

2. ČASI TRAJANJA EMISIJ ZA MOTORJE

V postopku tipske odobritve morajo proizvajalci za vsako družino motorja deklarirati ustrezno kategorijo časa trajanja emisij (EDP). To naj bo kategorija, ki je najbližja predvideni življenjski dobi opreme, v katero bodo motorji predvidoma vgrajeni, kot je določil proizvajalec motorjev. Proizvajalci morajo hraniti podatke, ki podpirajo njihovo izbiro kategorije EDP za posamezno družino motorja. Na zahtevo se taki podatki dostavijo ministrstvu in pooblaščenim tehničnim službam.

Časi trajanja emisij (ura) so sledeči:

Oznaka razreda	Kategorija EDP		
	1	2	3
SH:1	50	125	300
SH:2	50	125	300
SH:3	50	125	300
SN:1	50	125	300
SN:2	125	250	500
SN:3	125	250	500
SN:4	250	500	1000

Proizvajalec mora ministrstvu dokazati, da je deklarirana življenjska doba ustrezna. Podatki v podporo proizvajalčeve izbire kategorije EDP za dano družino motorja lahko vključujejo, a niso omejeni na:

- raziskave o življenjski dobi opreme, v katero so vgrajeni predmetni motorji;
- strokovne ocene motorjev, ki se starajo na terenu, za ugotavljanje, kdaj se delovanje motorja poslabša do take točke, da to tako vpliva na uporabnost in/ali zanesljivost, da je treba motor popraviti ali nadomestiti;
- garancijske izjave in garancijske dobe;
- tržna gradiva v zvezi z življenjsko dobo motorja;
- strokovne ocene trajnosti določenih tehnologij, materialov ali konstrukcij motorja, izražene v urah.