

FATÜZELÉSŰ KANDALLÓKÁLYHA ÉGÉSLEVEGŐ SZABÁLYOZÁSÁNAK AUTOMATIZÁLÁSA

AUTOMATION OF COMBUSTION AIR CONTROL FOR WOOD STOVES

Fodor Péter*, Dr. Bihari Zoltán**

ABSTRACT

Fireplace Ltd. is a 100% Hungarian-owned company with a history spanning 35 years. The main profile of the company is the design and manufacture of solid fuel stoves. One segment of its continuous development is focused on design. The other segment aims to optimize the efficiency of burning process. The goal of this paper is to present a real accessory that automatically regulates the amount of air required for ideal combustion. In the future, the use of equipment with similar functions will be mandatory among environmental regulations.

1. BEVEZETÉS

A Fireplace Gyártó és Kereskedelmi Kft. egy 100% magyar tulajdonú vállalat. Fő profilja a kandallókályhák fejlesztése és gyártása. A Fireplace Kft. megmunkálóberendezései tekintetében kiemelkedő a nagy teljesítményű lemezmegmunkáló géppark, amely magába foglal számos CNC vezérlésű lézervágó és élhajlító gépet. A további megmunkálási folyamat (hegesztés, festés), valamint az összeszerelés azonban nagymértékben támaszkodik a kétkezi munkaerőre.

A cég által forgalmazott termékek maradéktalanul megfelelnek az aktuális nemzetközi környezetvédelmi előírásoknak. Egy friss francia szabvány [1] szerint Franciaországban csak olyan kandallókályha kerülhet mindennapi felhasználásra, amely leégés szabályozásába a vásárló/felhasználó nem tud beavatkozni. Ez gyakorlatilag automata égésszabályozó rendszer alkalmazását jelenti.

Ez a megszorítás a fő motivációja egy ilyen, önműködő rendszer fejlesztésének, amely a jövőben nagy piaci előnyt jelenthet.

A kutatás célja tehát egy olyan – az RE2020 szabványnak is megfelelő – automata szabályozórendszer megalkotása, amelynek elektronikus részegységei megvásárolhatók, a mechanikus alkatrészek pedig a Fireplace Kft. gépparkjával legyárthatók.

2. HATÁRÉRTÉKEK

A jelenleg hatályos, fatüzelésű helyiségfűtő berendezések legfontosabb kibocsátási határértékeit az EN 16510-1:2022-es szabvány írja elő [2]. Fontos megemlíteni, hogy a CO₂-re nincs kibocsátási határérték, azonban a koncentrációja nagymértékben befolyásolja a mért adatokból számított hatásfokot, tehát a gyártóknak törekedniük kell a szén-dioxid érték magas tartására, mivel az nagy hatékonyságú égést jelent.

1. táblázat Az EN 16510-es szabványban rögzített kibocsátási határértékek

Szén-monoxid (CO)	1500 mg/m ³
Nitrogén-oxidok (NO _x)	200 mg/m ³
Elégtelen szénhidrogének (OGC – Organic Gaseous Carbon = szerves gáznemű szén)	120 C /m ³

3. AZ ÁTALAKÍTOTT KANDALLÓKÁLYHA BEMUTATÁSA

Az átalakításhoz kiválasztott berendezés egy fatüzelésű, szabadon álló külső levegős kandallókályha, amely a Fireplace Kft. kínálatából, amely a „Santa Fe” fantázianevet kapta (*l.ábra*). Méretei (Magasság x Szélesség x Mélység) 1000 mm x 500 mm x 385 mm, tömege nagyjából 85 kg.

A termék egy ún. Paris-típusú tüztérrel szerelt, amelynek belső alapterülete 400 mm x 255 mm. Ez a méret azonban jelentősen lecsökken a hőszigetelő vermikulit anyagú tüztérbélés alkalmazása miatt, amely méretei egyedileg a termékhez igazítva kerültek meghatározásra. A rostély öntöttvasból készült, a füstjárat viszonylag egyszerű, két szerelt és két hegesztett terelőlemezzel került kialakításra.

A tüztérajtó hagyományos, korrózióálló acél kilinccsel nyitható, a záródást (ajtó behúzását) azonban egy húzórugó segíti, amely a burkolat alatt, az alsó zsanér mellett kapott helyet.

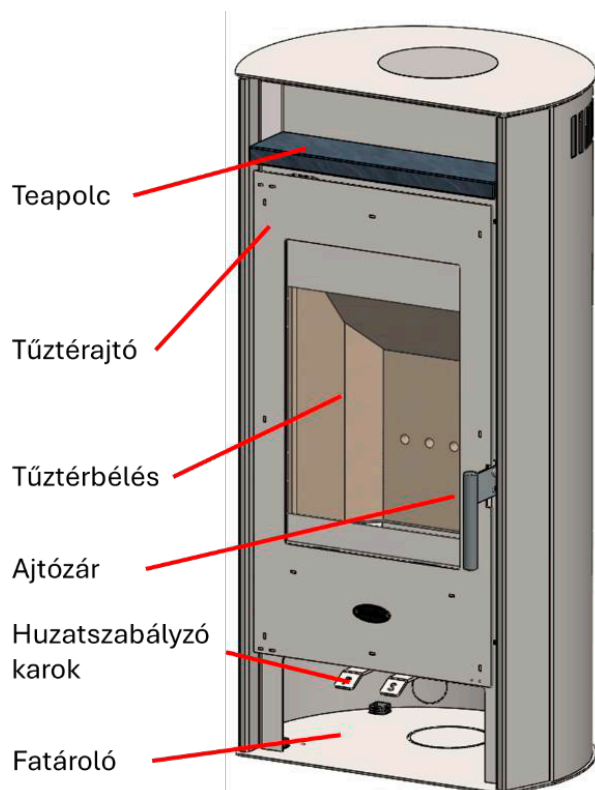
A kályha tüztérajtó feletti részén egy zsírkő borítású teapalc található, az ajtó alatt pedig egy fatároló kapott helyet, amely magába foglalja a huzatszabályozó

* MSc termékfejlesztő szakos hallgató

**egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

karokat is. Ezek feladata, hogy lineáris elmozdulásuk révén az égéslevegő mennyiségét módosítsák (részevzérlés).

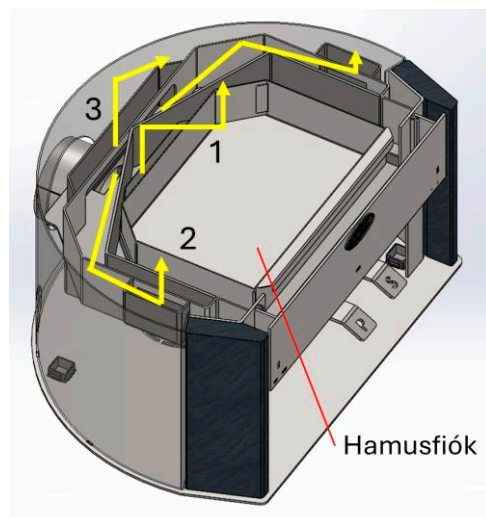
A fűtőberendezés burkolata az alapverzió esetében lézervágott, élhajlított és hengerített acéllemez. Elérhető azonban a Fireplace Kft. kínálatában olyan változat, amelyben az ajtók melletti (kb. 10-15 cm széles), illetve a tető burkolatai zsírkből készülnek. A köves tetőburkolatok közül a felhasználó egy teljes tetőt beborító és egy „félíg köves” termék közül választhat.



1. ábra. „Santa Fe” kandallókályha

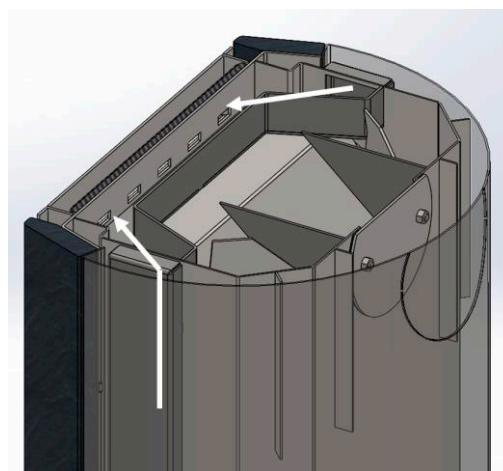
4. AZ ÉGÉSLEVEGŐ BEVEZETÉSE

Az égéshez szükséges levegő három irányból érkezik a tűztérbe (2. ábra). Az elsődleges (primer) levegő a hamusfiókot megkerülve a rostélyon keresztül áramlik be. Ennek fő funkciója a tüzelőanyag izzítása, az éghető gázok (CO, H₂, CH₄) felszabadítása a fából. A tűztér külső, de a burkolat alatti részén (3. ábra) felvezetett, a tűztérajtó felső része felől érkező másodlagos (szekunder), vagy gyakran üvegöblítő levegőnek nevezett levegőáramlás az izzítás során felszabadult éghető gázok elégetésére szolgál. További feladata (ahogy az elnevezéséből sejthető) biztosítani, hogy az égés olyan térrészben (a tűztér felső részében) menjen végbe, ahol az elősegíti az ajtóüvegre és a tűztérbélésre esetlegesen lerakódott korom leégetését.



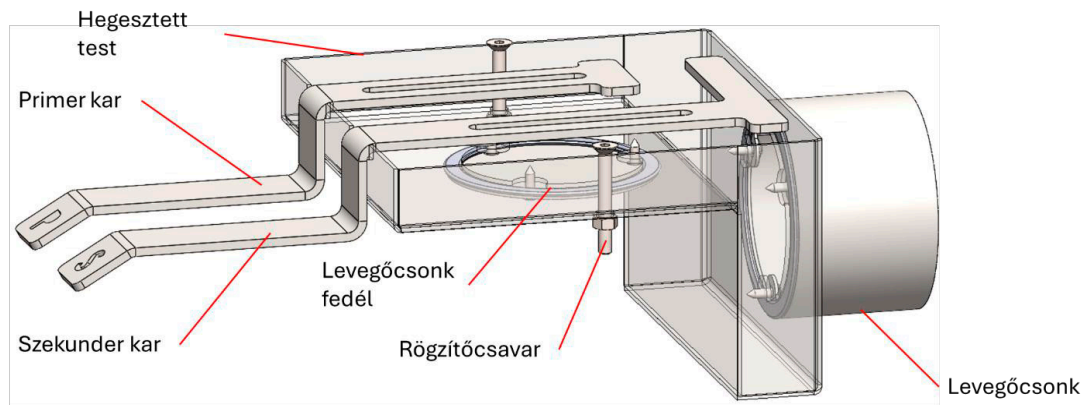
2. ábra. Alsó szekunder csatorna

A harmadlagos (tercier) levegő a szekunderhez hasonlóan a tűzér külső oldalán kerül felvezetésre és a tűztér hátsó részéből érkezik. Feladata az égéster hátsó részében megrekedő, másodlagos levegőárammal nem találkozó éghető gázok meggyújtása. Látványos jelenség, hogy bár az éghető gázok megfelelő hőmérsékleten jelen vannak a tűztérben, azok nem gyulladnak meg, csak amikor az égés harmadik feltétele, az oxigén jelenléte is teljesül. Ez olyan látványt kelt, mintha a tűz a fa felett 10 cm-rel égne.



3. ábra. Oldalsó és felső szekunder csatorna

A levegődoboz lehetővé teszi az égéshez szükséges levegő külső környezetből történő bevezetését. Esetünkben ez a hamus fiók alatti lemezen került kialakításra. A szerkezet két csavarral rögzül a kályhatesthez, a levegő bevezetése egy 100 mm átmérőjű csonkon keresztül történik. A légdoboz tűztérfenékhez illeszkedő élére hőálló tömítőszinór szerelhető, ezáltal a (szabályozás előtti) fals levegő beáramlása kiküszöbölhető. A tömítés további feladata a két acéllemez alkatrész elválasztása, így csökken a hőátadás, valamint a fatárlóban kialakult hőmérséklet is.



4. ábra. Légdoboz és a huzatszabályozó karok (P – primer, S – szekunder)

5. AZ ÖNMŰKÖDŐ RENDSZER ELEKTRONIKUS RÉSZEI

A vezérlő elektronika egy külső ipari partnertől származik, amely a két cég között megkötött titoktartási szerződés miatt nem publikus.

A szabályozó karokat működtető egység egy a svájci Belimo által gyártott, 2 Nm forgatónyomatékú hajtóműves motor. A kapcsolójeleket az alábbi érzékelők biztosítják:

- füstgázhőmérséklet érzékelő
A K-típusú hőelem egy bimetal lemez határfelületén a hőmérséklet változására bekövetkező potenciálkülönbségből határozza meg a hőmérsékletet.
- ajtónyitás érzékelő
Az induktív közelségérzékelő egy érintkezésmentes szenzor. Az aktív (vezérlőbe bekötött) részegység elektromágneses teret indukál maga körül, és ha a passzív fél bekerül az elektromágneses térbe, megváltoztatja a mágneses teret. Ebből a változásból számítja ki a vezérlő elektronika, hogy a két fél elég közel van-e egymáshoz (az ajtó zárva van), vagy sem.

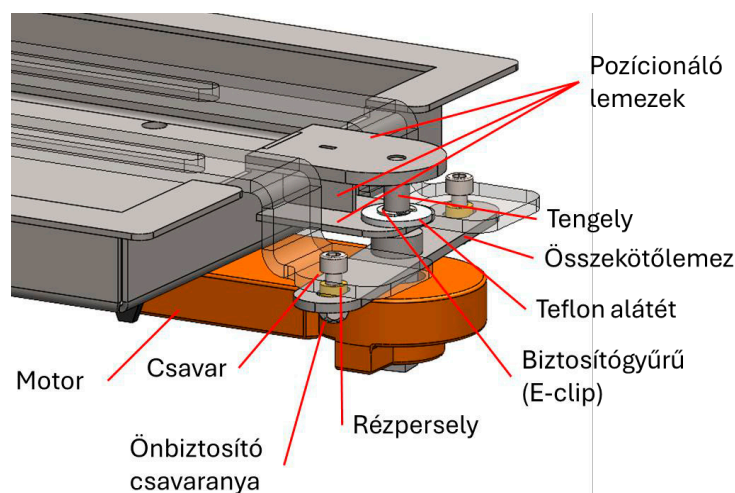
- szobahőmérséklet érzékelő
Az NTC – Negative temperature coefficient = negatív hőmérséklet együttható – típusú termisztor (hőellenállás) egy olyan áramköri elem, amely ellenállása a hőmérséklet emelkedésével csökken, az ellenállás értékéből pedig számítható a pillanatnyi hőmérséklet.

6. AZ ELEKTRONIKUS RENDSZER ALKALMAZÁSÁHOZ SZÜKSÉGES ÁTALAKÍTÁSOK

A módosítások során fontos szempont volt, hogy az a meglévő helyére könnyen felszerelhető legyen, illetve az elektromos szabályozórendszerrel nem rendelkező típusok esetében is elő kellett készíteni az utólagos „felokosítás” lehetőségét.

A módosítások alapvetően az elektronikus alkatrészek (motor, vezérlő, szenzorok) rögzítésére, elhelyezésére irányulnak.

A konstrukció legjelentősebb módosításai a légdobozon történtek, a korábbi két független, lineáris kar helyett egyetlen működtető kart alkalmaztunk, azok összekötését és az átalakítás további alkatrészeit az alábbi ábra mutatja meg:



5. ábra. Az önműködő rendszerhez fejlesztett légdoboz és huzatszabályozó karok

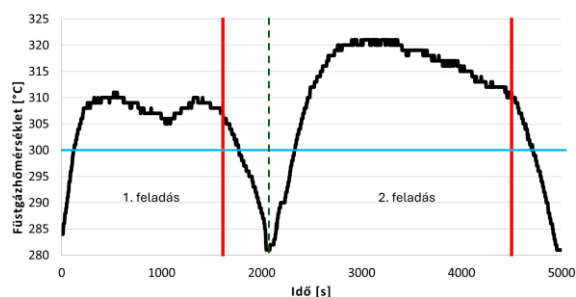
A szabályozókarokat egy ovális nyitásokkal ellátott lemezzel kötöttük össze. Ez a lemez egy forgácsolt tengelyre rögzül hegesztett kötéssel, a tengely megvezetését pedig a légdobozon kialakított pozicionáló furatok biztosítják. A tengely alacsony súrlódású forgását egy teflonból készült alátét, rögzítését pedig egy „E” alakú biztosítógyűrű segítségével valósítottuk meg. A szabályozókarok és az összekötőlemez kötése, valamint az erőátvitel érdekében felülről egy-egy csavar kapott helyet a karokban. Ezekre alulról egy sárgarézből készült perselyt helyeztünk az ovál-nyitásokba úgy, hogy az abba munkált furaton a csavar átmenjen. Ennek rögzítésére, illetve a szomszédos, elmozduló lemezek távolságának beállítása érdekében egy önbiztosító csavaranyát helyeztünk a menetes orsóra.

További változtatások történtek az érzékelők és a további elektronikus alkatrészek elhelyezése érdekében, azonban ezek kifejtését a terjedelmi korlátok nem teszik lehetővé.

7. LABORATÓRIUMI VIZSGÁLAT

A mérési adatok és az idő-füstgázhőmérséklet diagramok a Fireplace Kft. saját kalibrált, de nem hitelesített laboratóriumában készültek, az elektronikus szabályozórendszer finomhangolása előtt.

Az első esetben a mérés az előírások szerinti tüzelőanyag feladásával történt. A mérési görbén (6. ábra) látható, hogy a hőmérséklet változása szabályosan ciklikus, a tűz leégésekor (függőleges vastag vonal) a hőmérséklet folyamatosan csökken, ezzel együtt a CO és CO₂ értékek is kedvezőtlenül változnak.



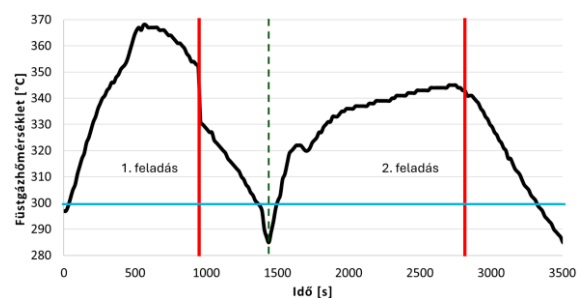
6. ábra. Füstgázhőmérséklet-idő diagram ideális tüzelőanyag feladás esetén

Hogy ez a rosszabb kibocsátású időszak rövidebb legyen, a leégésszabályozó automata a 300 °C-ra hűléskor (vízszintes vonal) több primer levegőt juttat a tüztérbe, ezzel javítva a károsanyag kibocsátást.

A 7. ábrán egy olyan mérési görbe látható, ahol a feladott tüzfifa tömege és mérete előírás szerinti, a fadarabok behelyezése a tüztérbe azonban szabálytalan.

Erről a görbéről az olvasható le, hogy a hőmérséklet feladásonként egymástól jelentősen eltérő a maximum

érték, valamint a leégés lefutásában is számottevő különbség figyelhető meg.



7. ábra. Füstgázhőmérséklet-idő diagram előírásoktól eltérő tüzelőanyag feladás esetén

Ez esetben nem működne az optimális körülmények között beállított 300 °C-os hőmérséklet küszöb. Például az 1. feladás során mire a füstgázhőmérséklet kellően lecsökken, a tűz már kialudt, az újragyújtása időtartama bizonytalan, közben végig rossz kibocsátási értékeket produkálva.

8. ÖSSZEFOGLALÁS, TOVÁBBI FEJLESZTÉSI IRÁNYOK

A kutatómunka alapján elmondható, hogy a fatüzelésű kandallókályhák leégés-szabályozásának van létjogosultsága. A füstgázhőmérséklet alapján történő vezérlés azonban csak és kizárólag akkor működik hatékonyan, ha az előírások szerinti mennyiségű és méretű fahasábokat helyezünk a tüztérbe az előírt pozícióban. Amennyiben a felhasználó a legkisebb mértékben is eltér a kezelési útmutatóban foglaltaktól (márpedig életszerű, hogy eltér), akkor a kibocsátási értékek biztosan nem lesznek jobbak, mint a mechanikus szabályozórendszer esetén. Ami mégis előnyös a mechanikus karokkal szemben, hogy a felhasználó nem tud tetszőleges (rossz) beállításokat alkalmazni (tapasztalataink alapján ez gyakori eset).

Jövőbeli fejlesztési irány egy oxigénérzékelő alkalmazása, amellyel közvetve a CO₂ tartalomra következtethetünk, amely jóval kevésbé érzékeny a tüzelőanyag mennyiségére, minőségére.

9. IRODALOM

- [1] <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/reglementation-environnementale-re2020>, RE 2020, (letöltés dátuma: 2025.09.11)
- [2] CEN: EN 16510-1:2022 - Residential solid fuel burning appliances, 2022.
- [3] KÓSZÓ J.: *Kandallók*, Budapest, 1990, ISBN 963 740 541-0