

# OTKA szakmai zárójelentés

## 1. Bevezetés, a kutatási munka célkitűzései

A belső levegő minőség méréséhez és értékeléséhez élő alanyokat alkalmaznak. Két módon történhet. Kisebb létszámú (6 fő) tréningelt csoporttal, vagy nagyobb létszámú nem tréningelt csoporttal. A két változat közül elsősorban szervezési okokból a nemzetközi gyakorlatban nem tréningelt személyekkel („naiv panel”) történik a mérés. A mérőcsoport minimális létszáma 32 fő. A kutatási munka célkitűzései:

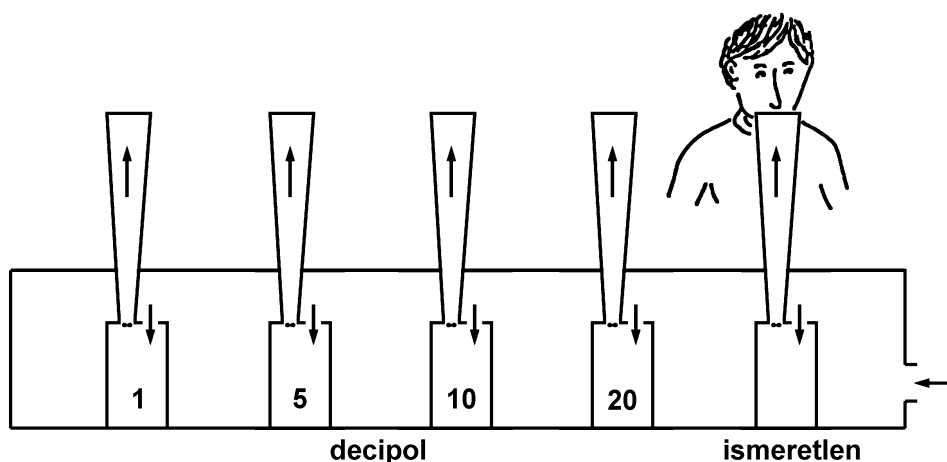
- Az ember szagérzékelésének méréses vizsgálata, a mérőcsoport eredményeinek normalitás vizsgálata és a pontosság vizsgálata.
- Belsőépítészeti anyagok emisszióvizsgálata az olf/decipol rendszerben.
- Hazai mérési eredmények alapján a belső levegő minőség értékelése, tervezési alapadatok kidolgozása a tervező mérnökök számára.
- A mérőcsoport létszámának csökkentése mennyiben befolyásolja a mérés pontosságát.

A kutatási tervnek megfelelően az alábbi méréses vizsgálatokat végeztük:

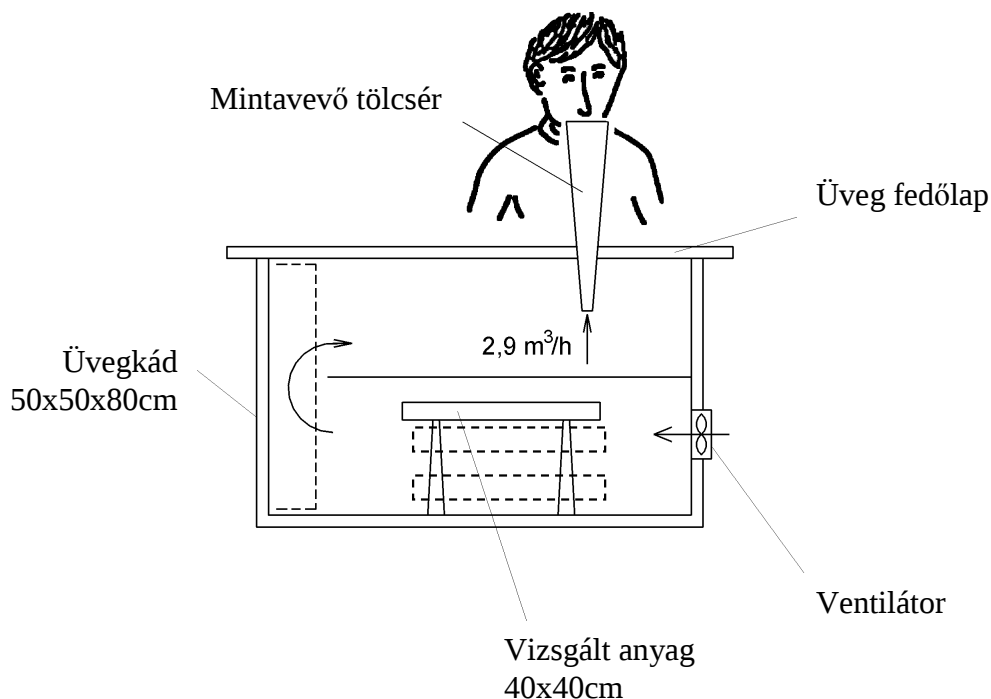
- mérőalanyok szagérzékelésének elemzése 8 db számukra ismeretlen acetonforrás és levegő minőségi etalon segítségével,
- belsőépítészeti anyagok emissziójának a vizsgálata.

A belső levegő minőség vizsgálatához két mérőállást építettünk.

- Olf-box a levegő minőségi etalonokkal (2, 5, 10, 20 decipol). A berendezés rozsdamentes acélból készült. Az orvostechikában alkalmazott üvegeszközökkel és PC gyártásban használatos ventilátorral. A nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a levegőminőségi etalonokat aceton koncentrációval állítottuk be. A mérőállást az 1.1 ábra szemlélteti.
- Emisszió mérőállás, mely alkalmas az olf-decipo rendszerben a belsőépítészeti anyagok emissziójának értékelésére (1.2 ábra)



1.1. ábra  
A levegő minőségi etalonok (olf-box)



**1.2 ábra**  
**Belsőépítészeti anyagok szagemissziójának vizsgálata**

A laboratóriumi vizsgálatoknál a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően az alábbi skálákat alkalmaztuk:

- levegő minőségi skála (-1 ... +1), fokozatmentes,
- Hedonic skála, öt fokozatú

## **2. A mérési eredmények kiértékelésének matematikai elméleti alapja**

### **2.1. Aceton levegőminőségi etalonnal végzett vizsgálatok**

#### **Az emberi szagérzékelés eredményeinek normalitás vizsgálata**

- A minták normalitásának ellenőrzését grafikusán és statisztikai hipotézisvizsgálattal végeztük. Grafikusán a P-P és Q-Q diagramokkal és a hisztogramra illesztett harang-görbe normál eloszlását ellenőriztük.
- Az egymintás Kolmogorov-Szmirnov próbával statisztikusan ellenőriztük az illeszkedés jóságát. A próba során kiszámított szignifikancia-szint nagysága alapján lehet dönteni a normalitás elfogadásáról/elvetéséről. Amennyiben a szignifikancia-szint 0,1-nél nagyobb, az illeszkedés jónak mondható. 0,01 alatti szignifikancia esetén pedig nem jó az illeszkedés.

## A mérőcsoport létszámának hatása a mérés pontosságára

Korábbi olf-box kísérleteknél kimutatták, hogy a szükséges becslési pontosság eléréséhez legalább 30-32 mérőalany szükséges. Vizsgáltuk, hogyan lehet esetleg a mérőalanyok számát csökkenteni, illetve a t-próba szignifikancia-szintje milyen összefüggésben van a mintaelemszámmal. A teljes mintából véletlenszerűen kiválasztott részmintáknál egyértelműen romlott a szignifikancia-szint. Megvizsgáltuk, hogyan lehetne szisztematikusan olyan részhalmazát képezni a mintáknak, melyeknél a szignifikancia szint legalább olyan jó, mint az a teljes mintánál volt. Ehhez mindegyik kísérleti személy mérési adatainak és a beállított értékeknek három metrika szerinti távolságait képeztük. Mindegyik távolság szerint rangsoroltuk a személyeket: kicsi rangszámot kaptak a kis becslési távolságot elérő személyek, és nagyot, akik rosszul mértek. A három metrikához tartozó rangszámokat összegeztük, és a rangszám-összegek alapján újból sorba rendeztük a mintát. A sorrendben azok a személyek álltak elől, akik mindhárom metrika szerint kis távolságú becsléseket produkáltak. Ezután megvizsgáltuk, a lista elejéről vett 10, 20, 25, 30 elemszámú minta esetén hogyan változik a minta szignifikancia szintje. Az alkalmazott metrikák az alábbiak voltak:

$$d_{Eu}(\underline{x}_i, \underline{e}) = \sqrt{\sum_{j=1}^8 (x_{ij} - e_j)^2}, \text{ az Euklideszi távolság;}$$

$$d_{Cs}(\underline{x}_i, \underline{e}) = \max_{j=1,2,\dots,8} |x_{ij} - e_j|, \text{ a Csebisev-távolság;}$$

$$d_{CB}(\underline{x}_i, \underline{e}) = \sum_{j=1}^8 |x_{ij} - e_j|, \text{ a City-Block (Manhattan) távolság.}$$

A képletben  $e_1, e_2, \dots, e_8$  jelölik az etalonértékeket, míg  $x_{ij}$  az  $i$ -edik kísérleti személy mért értéke a  $j$ -edik etalonhoz.

## 2.2. Belsőépítészeti anyagmintákkal végzett vizsgálatok

### A mérési eredmények homogenitásának vizsgálata

Két vagy több statisztikai mintát homogénnek akkor nevezünk, ha ugyanabból a valószínűség-eloszlásból származnak, azaz azonos az eloszlásfüggvényük. Attól függően, hogy mennyi a minták száma, és hogy a minták egymástól függetlenek vagy összetartozók másképpen kell eljárni a statisztikai vizsgálatokban.

Ha a vizsgált minták normalitásának feltétele elfogadható, akkor ú.n. paraméteres próbákkal ellenőrizhetjük a homogenitást. Ilyenkor viszonylag kis elemszámú minták esetén is megbízhatóan dönthetünk.

Amennyiben viszont az eloszlásra előzetesen (a priori) nem élünk semmilyen feltevessel, nemparaméteres próbát kell alkalmazni. Ebben az esetben nagyobb elemszámú minták esetén dönthetünk csak eredményesen a homogenitásról.

Ha egyszerre kettőnél több mintát hasonlítunk össze, és a homogenitásukra vonatkozó feltevésünket el kellett vetni, akkor a megfelelő kétmintás próbákkal detektálhatjuk az egyes minták között fennálló inhomogenitásokat.

Tegyük fel, hogy adva van  $k$  db  $n$ -elemszámú összetartozó minta és ellenőrizni akarjuk azt a feltevést, hogy mind a  $k$  minta ugyanazzal az eloszlásfüggvénnyel jellemezhető. A témakör a homogenitás vizsgálathoz tartozik. Azon belül, amikor több összetartozó minta azonos eloszláshoz tartozását akarjuk ellenőrizni, a Friedman-próbát szokás alkalmazni.

## A minták normalitás vizsgálata

A vizsgált minták normalitásának ellenőrzését a korábban tárgyalt módszerekkel végeztük el. Amennyiben a minták normális eloszláshoz való jó illeszkedése fennáll, a homogenitás ellenőrzésére kis mintaelemszám esetén is megbízhatóan működő eljárással, szórásanalízissel dönthetünk.

## A minták klaszterezése

A  $k$  db minta homogenitását klaszterezéssel is ellenőrizhetjük. Vegyük a mintákat tartalmazó  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$  halmazt, melynek homogén csoportokra osztását -azaz a klaszterezését- az ú.n.  $k$ -közép módszerrel ( $k$ -means method) végezzük el.  $X$ -et most *tananyagnak*,  $X$  elemeit pedig *tanulópontoknak* fogjuk nevezni.

## 3. A laboratóriumi mérések eredményeinek összefoglalása

### Mérőcsoportok

Az OTKA keretében öt mérőcsoporttal végeztünk vizsgálatokat. A mérőcsoportok adatait a 2. táblázat tartalmazza. A mérőcsoport sorszáma VII-XI között változik, mivel korábban már végeztünk hasonló méréseket és így lehet a mérőcsoportokat egyértelműen megkülönböztetni.

2. táblázat A mérőcsoportok adatai

| A mérőcsoport<br>sorszáma | Dátum        | Létszám, fő |    |          |
|---------------------------|--------------|-------------|----|----------|
|                           |              | Férfi       | Nő | Összesen |
| VII.                      | 2005. X.-XI. | 39          | 6  | 45       |
| VIII.                     | 2006. IV.    | 39          | 5  | 44       |
| IX.                       | 2006 X.-XI.  | 37          | 6  | 43       |
| X.                        | 2007 IV.-V.  | 33          | 10 | 43       |
| XI.                       | 2007 X.-XI.  | 32          | 1  | 33       |

### Vizsgált belsőépítészeti anyagok

A VII. mérőcsoporttal a következő mintákat vizsgáltuk:

1. vastag szőnyegpadló piros „Orion”
2. forgácslap natúr
3. vékony szőnyegpadló „Rome”
4. PVC padló
5. vastag szőnyegpadló beige „Viper”
6. laminált forgácslap
7. tarket
8. ipari filc fekete „New Orleans”

A VIII. mérőcsoporttal a következő mintákat vizsgáltuk:

1. laminált parketta, 6mm vtg.
2. laminált forgácslap 18mm vtg.
3. vastag szőnyegpadló, filc hátoldal, 5mm vtg.
4. rétegelt lemez 12mm vtg.
5. vékony szőnyegpadló „Rambo” jutta hátoldal, 100% PP, 3mm vtg.
6. natúr forgácslap 18 vtg.
7. filc „Jupiter” 100% PP.
8. szőnyeg „Lugano” 100% PP, 12mm vtg.

A IX. mérőcsoporttal a következő mintákat vizsgáltuk:

1. Természetes parafa, lakozott 4mm vtg. 30x53 cm.
2. Rongyszőnyeg „Multi color” 100% Pamut 40x40 cm.
3. Laminált parketta 6mm vtg. enyvmentes 40x40 cm.
4. Függöny, narancssárga 100% Pamut 40x40 cm.
5. Vastag szőnyegpadló bézs „Sound scroll”, juta hátlap+filc 40x40 cm.
6. Szőnyeg, „Napoli” 40x40 cm.
7. Függöny, piros 100% Polisztírol 40x40 cm.
8. Természetes parafa, viaszolt 4mm vtg. 30x53 cm.

A X. mérőcsoporttal a következő mintákat vizsgáltuk:

1. natúr fenyőfa lambéria vízzel hígítható oldószermentes fabevonó lazúrral lefestve, Polifarbe mahagóni 35x40 cm.
2. Futó szőnyeg, „Westa”, 3mm vtg. 40x40 cm.
3. laminált forgácslap 18mm vtg. 40x40 cm.
4. Öntapadós ragasztott PVC 30x30 cm.
5. natúr fenyőfa lambéria oldószerrel hígítható vastag lazúrral lefestve, Xyladecor dió 35x40 cm.
6. natúr forgácslap 18mm vtg. 40x40 cm.
7. vastag szőnyegpadló, filc hátoldal, 5mm vtg. 40x40 cm.
8. natúr fenyőfa lambéria oldószerrel hígítható vékony lazúrral lefestve, Xyladecor fenyőzöld 35x40 cm.

A XI. mérőcsoporttal a következő mintákat vizsgáltuk:

1. Natúr fenyőfa lambéria vízzel hígítható oldószermentes fabevonó lazúrral lefestve, Polifarbe mahagóni 2007 tavaszi festés 35x40 cm.
2. Természetes parafa, viaszolt 4mm vtg. 30x53 cm.
3. Laminált forgácslap 18mm vtg. 40x40 cm.
4. PVC „Dynamic Csempe” 1,3mm vtg. 40x40 cm.
5. Natúr fenyőfa lambéria oldószerrel hígítható vastag lazúrral lefestve, Xyladecor dió 2007 tavaszi festés 35x40 cm.
6. Természetes parafa, lakozott 4mm vtg. 30x53 cm.

7. Vastag szőnyegpadló „Dublin Twist” VLIES háttal 4mm vtg.
8. Natúr fenyőfa lambéria oldószerezrel hígítható vékony lazúrral lefestve, Xyladecor fenyőzöld 2007 tavaszi festés 35x40 cm.

#### 4. A mérési eredmények összefoglalása

##### Normalitás vizsgálat

A mérőalanyok nyolc ismeretlen acetone forrással végzett mérési eredményeinek kiértékelését a Kolmogorov-Szmirnov módszerrel végeztük és az eredményeket a 4.1 táblázat tartalmazza. Az összes eredmények 90%-a megfelelt a normál eloszlásnak.

**4.1. táblázat Az egymintás Kolmogorov-Szmirnov próbák eredményei Asymp. Sig. (>0,1)**

| Mérő csoport | Minta No. 1. | Minta No. 2. | Minta No. 3. | Minta No. 4. | Minta No. 5. | Minta No. 6. | Minta No. 7. | Minta No. 8. |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| VII.         | 0,11         | 0,09         | 0,721        | 0,207        | 0,175        | 0,421        | 0,79         | 0,934        |
| VIII.        | 0,241        | 0,18         | 0,206        | 0,027        | 0,598        | 0,28         | 0,229        | 0,52         |
| IX.          | 0,193        | 0,244        | 0,433        | 0,156        | 0,323        | 0,540        | 0,375        | 0,47         |
| X.           | 0,902        | 0,433        | 0,714        | 0,22         | 0,302        | 0,068        | 0,865        | 0,73         |
| XI.          | 0,879        | 0,409        | 0,376        | 0,128        | 0,25         | 0,113        | 0,255        | 0,864        |

##### Belsőépítészeti anyagok szagmissziója

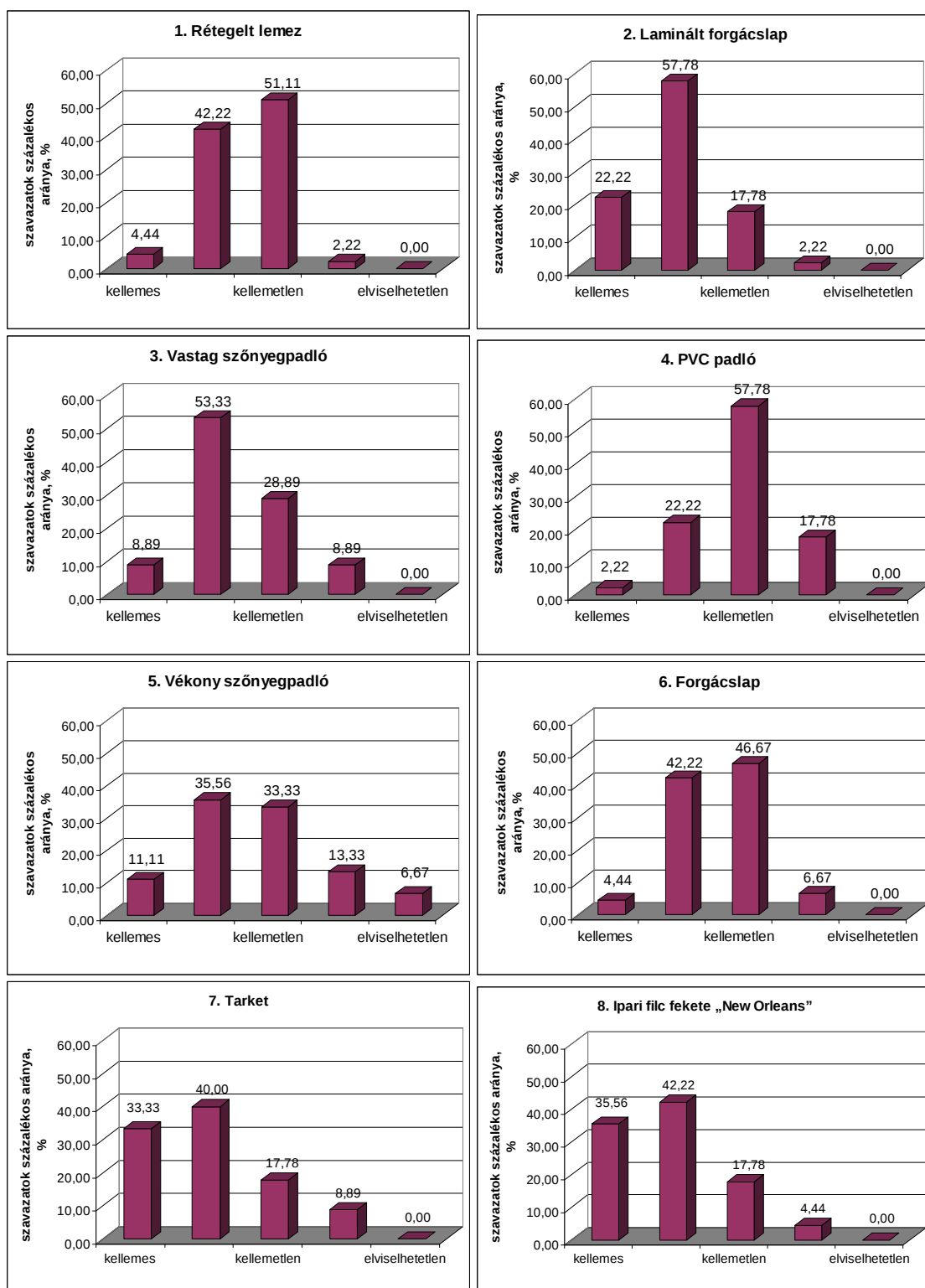
A laboratóriumi mérések során vizsgált jellemző belsőépítészeti anyag szagmisszó mérési eredményeit a 4.2 táblázat tartalmazza

**4.2 táblázat Belsőépítészeti anyagok szagmisszió mérési eredményei**

| Sorszám | Név                 | Mérő csoport | Szavazat Átlag | Szavazat SD | Átlag +Conf. | Átlag -Conf. | PD %  | G olf/m <sup>2</sup> |
|---------|---------------------|--------------|----------------|-------------|--------------|--------------|-------|----------------------|
| 1       | Rétegelt lemez      | IV           | 0,09           | 0,35        | 0,19         | -0,01        | 34,18 | 0,73                 |
| 2       | Laminált forgácslap | IV           | 0,39           | 0,48        | 0,53         | 0,25         | 9,63  | 0,10                 |
| 3       | szőnyegpadló 5mm    | IV           | 0,16           | 0,41        | 0,28         | 0,04         | 26,41 | 0,47                 |
| 4       | PVC padló           | IV           | -0,12          | 0,38        | -0,01        | -0,23        | 61,15 | 2,27                 |
| 5       | szőnyegpadló 3mm    | IV           | 0,04           | 0,53        | 0,19         | -0,12        | 40,34 | 0,99                 |
| 6       | forgácslap          | IV           | 0,04           | 0,44        | 0,17         | -0,09        | 40,34 | 0,99                 |
| 7       | tarket              | VII          | 0,33           | 0,53        | 0,49         | 0,17         | 12,76 | 0,04                 |
| 8       | filc                | VII          | 0,19           | 0,57        | 0,36         | 0,02         | 23,45 | 0,20                 |

## Hedonic skála eredményei

A hedonic skála eredményeit jellegzetes belső építészeti anyagokra a 4.1 ábra tartalmazza.



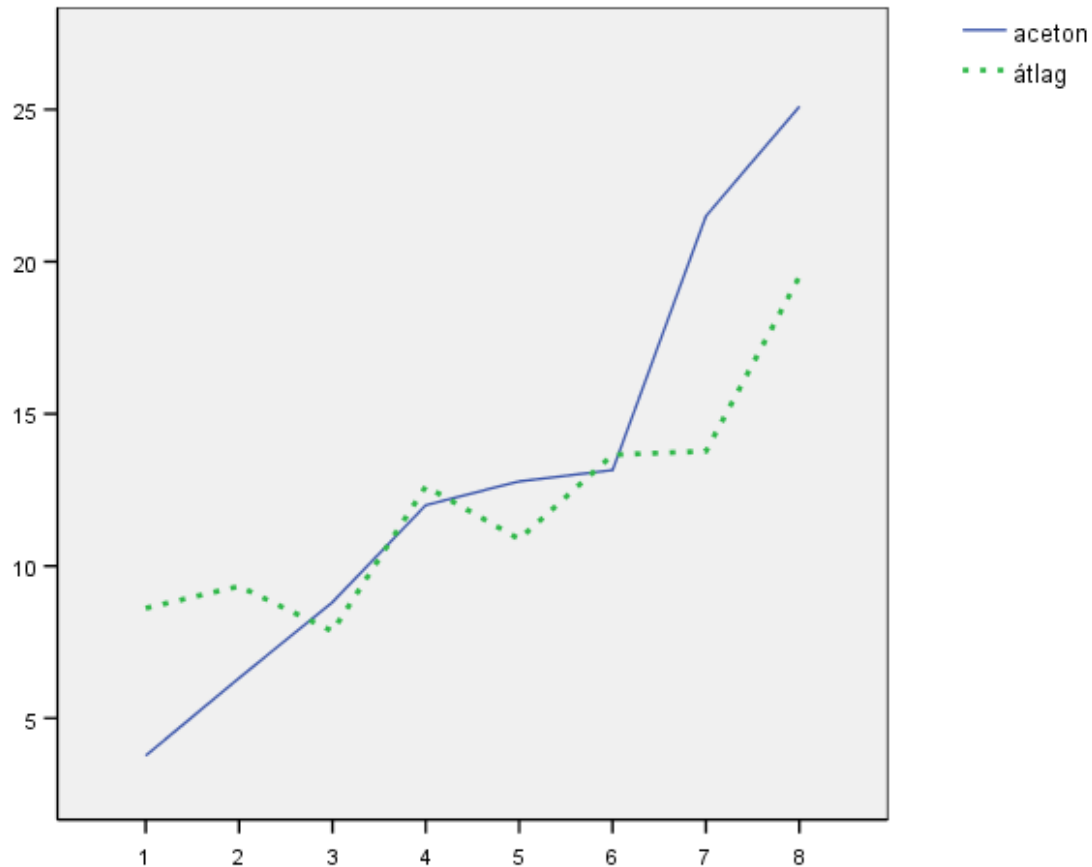
**4.1 ábra Hedonic skála eredményei**

Az ötfokozatú skála értékei: kellemes, semleges, kellemetlen, nagyon kellemetlen, elviselhetetlen.

## 5. Összefoglalás

Az OTKA kutatómunka eredményei.

1. Mérési módszert dolgoztunk ki és mérőállást építettünk a mérőcsoport szagérzékelésének vizsgálatához. A méréseket hazai körülményekre vonatkozóan elvégeztük. Hasonló mérések, kutatások hazánkban nem voltak.
2. Mérési módszert dolgoztunk ki és mérőállást építettünk belsőépítészeti anyagok szagemissziójának vizsgálatához az olf/decipol rendszerben. A méréseket hazai körülményekre vonatkozóan elvégeztük. Hasonló mérések, kutatások hazánkban nem voltak.
3. Megállapítottuk, hogy a mérőcsoport szagérzékelése a mérési eredmények 90%-ában a normáloszlásnak megfelelő. Meghatároztuk a Kolmogorov - Szmirnov próbák eredményeit.
4. A nemzetközileg elfogadott Hedonic skála segítségével értékeltük a különböző belsőépítészeti anyagokat. A mérési eredmények segítik a belső levegő minőség tervezését.
5. Az olf/decipol rendszerben meghatároztuk a különböző jellemző belsőépítészeti anyag szagemisszióját. A mérési eredményeket a matematikai statisztika elmélete alapján elemeztük. A kapott eredmények tervezési alapadatként is felhasználhatók.
6. Kutatás eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a gyengébb szagokat erősebbnek, az erősebb szagokat gyengébbnek érzékelik az emberek statisztikai átlagban (5.1 ábra).



**Minta sorszáma (8 db ismeretlen  
acetonforrás)**

5.1 ábra Az átlagos mérési eredmény és a tényleges aceton szint összefüggése.

7. A számszerűen mért olf értékek és a Hedonic skála eredményei összhangban vannak. A két értékelési módszer eredményei hasonlóak.

8. A naiv panelok ( nem tréningelt személyek) alkalmazása esetén a mérőcsoport létszáma nem csökkenthető 32 fő alá.

Terjedelmi korlátok miatt a szakmai összefoglaló nem tartalmaz minden eredményt. Tanszékünkön megtekinthetők a laboratóriumi mérőállások és a részletes mérési eredmények. A kapott mérési eredmények publikálásával lehetővé vált, hogy a hazai szakemberek a levegőminőségi méretezések során ezeket felhasználják.

Tervezzük a kutatómunka folytatását, mely során a szén-dioxid levegőszennyező anyag közérzeti hatását értékeljük. Ehhez felhasználjuk a korábbi kutatási eredményeket és gyakorlatot.