



**VILLAMOSENERGIA-FELHASZNÁLÁST  
OPTIMALIZÁLÓ INNOVATÍV RENDSZER  
FEJLESZTÉSE IPARI-, LAKOSSÁGI  
FOGYASZTÓK ÉS ELEKTROMOS  
JÁRMŰVEK SZÁMÁRA  
2024**

**KONFERENCIA  
ELŐADÁSAI**

Miskolc, 2024. április 22.

**Miskolc**

**ISBN 978-963-358-334-0**

**Kiadta:**

Miskolci Egyetem  
Gépészmérnöki és Informatikai Kar  
Fizikai és Elektrotechnikai Intézet  
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék

**Szerkesztette:**

**Dr. habil. Bodnár István**  
egyetemi docens

**Tudományos Bizottság tagjai:**

Prof. Dr. Palotás Árpád Bence, Dr. habil. Bodnár István, Dr. Bencs Péter, Dr. Bölkény Ildi,  
Dr. Dobó Zsolt, Dr. Garami Attila, Dr. Kozsely Gábor, Dr. Lengyel Ákos József,  
Dr. Matusz-Kalász Dávid, Dr. Nagy Gábor, Dr. Olajos Péter, Dr. Pintér Judit Mária,  
Dr. Rónai László, Somogyiné Dr. Molnár Judit, Dr. Szaszák Norbert

**ISBN 978-963-358-334-0**

**Miskolc, 2024. április 22.**

A kiadványban megjelenő publikációk lektoráltak!

A kiadványban megjelenő tartalomért és a forrásmegjelölésért a kiadó felelősséget nem vállal!

A teljes felelősség a szerző(ke)t terheli!

## ELŐSZÓ

A Miskolci Egyetem számos közleményt jelentet meg, amelyek évtizedek óta hozzájárulnak a tudományos élet fejlődéséhez. E fejlődéshez csatlakozva a *Villamosenergia-felhasználást optimalizáló innovatív rendszer fejlesztése ipari-, lakossági fogyasztók és elektromos járművek számára 2024* című konferencia előadásaiból készült publikációk elektronikus kiadványa a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00138 azonosító számú projektben folytatott kutatómunkák legújabb közleményeit tartalmazza.

A 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00138 azonosító számú, „Villamosenergia-felhasználást optimalizáló innovatív rendszer fejlesztése ipari-, lakossági fogyasztók és elektromos járművek számára” című projektben a konzorcium vezetői feladatokat a PowerQuattro Zrt. látja el. A projekt konzorciumi tagja a Ferr-Váz Kft. és a Miskolci Egyetem. A projekt legfőbb célja olyan intelligens akkumulátoros energiatároló rendszerek fejlesztése, amelyek nem csak az ipari és a lakossági fogyasztókhoz, azok hálózataikhoz illeszthetők, hanem alkalmasak elektromos járművekben történő alkalmazásra is. A projekt két fő irányvonalat definiált. Az egyik projektrészben az ipari és lakossági felhasználásra szánt rendszerek kutatása, fejlesztése és innovációja zajlik. A másik projektrész kifejezetten az elektromos járművekre, kiemelten a városi közlekedésre alkalmas buszokra koncentrál.

A projekt során célul tűztük ki, hogy kidolgozunk egy olyan koncepciót, amely a belső égésű motorral szerelt autóbuszok elektromos meghajtásúvá történő átalakításának tervét tartalmazza a műszaki és gazdasági optimum figyelembevételével. A kutatómunkánk során tanulmányoztuk a rendelkezésre álló szakirodalmakat és különböző műszaki és gazdasági számításokat, valamint környezeti hatásvizsgálatokat végeztünk, amelyek eredményeként kijelölésre kerültek a lehetséges autóbuszok köre, amelyek átalakítása megtérülő befektetés. Jelen ismeretek alapján a CNG üzemű szóló buszok elektromos meghajtásúvá történő átalakítása a legcélszerűbb a belsőégésű motorral szerelt buszok közül.

Jelen kiadvány a projekt második szakaszának kutatási eredményeit mutatja be, amely eredmények nem csak szakirodalmi források tanulmányozásán és az első körös saját számítási, valamint mérési eredmények bemutatására koncentrál, hanem konkrét javaslatokat is megfogalmaz, amely a megvalósítási folyamat fontos elemeivé váltak.

A projekt vezetősége fontos feladatának tekinti a kutatómunka különböző szakágain folyó tudományos kutatási tevékenységnek színvonalas publikálási lehetőséget biztosítani. A színvonalat a szervezőbizottság azzal is biztosítani kívánja, hogy a kötetben megjelenő valamennyi cikk alapos lektorálási folyamaton és szerkesztőbizottsági értékelésen megy keresztül. A publikálásra elfogadott cikkek magas színvonalának az is záloga, hogy a cikkek lektorálásánál minden esetben törekedtünk az adott szakterületen elismert, és független kutatót, szakértőt felkérni. A lektorok észrevételeit a szerzők megkapták, ezzel is elősegítve a minőségi publikáció megjelenését. A lektorálás alapos és szakmailag igényes elvégzése nem kis feladatot ró a felkért lektorokra, amiért ezúton is köszönetünket fejezzük ki valamennyi közreműködő lektornak.

Kelt: Miskolc, 2024. április 22.

Tudományos Bizottság

## TARTALOMJEGYZÉK

### **Ahmed Manaf Noofal Taha, Bencs Péter:**

*A járműfűtési és -szellőztetési rendszerek fejlesztési technikáinak áttekintése* ..... 5

### **Bencs Péter:**

*A közlekedés fejlődése során lehetséges jövő üzemanyagainak áttekintése* ..... 15

### **Bencs Péter, Nagy Nóra:**

*A hidrogénüzemű gépjárművek kockázatelemzésének áttekintése* ..... 23

### **Bodnár István:**

*Napelemes erőmű feszültségének vizsgálata* ..... 31

### **Bodnár István:**

*Használt napelemek teljesítménymérése* ..... 37

### **Bodnár István, Boros Rafael Ruben, Matusz-Kalász Dávid, Jobbágy Marcell:**

*Solar powered electric car with variable-voltage/variable frequency drive control* ..... 42

### **Boros Rafael Ruben, Bodnár István, Matusz-Kalász Dávid, Jobbágy Marcell:**

*Life cycle assessment of vehicles* ..... 51

### **Fekete Tamás, Tóth Dániel:**

*Méréstechnikák a szerszámgépiparban* ..... 59

### **Fekete Tamás, Tóth Dániel:**

*Lézeres mérés technikák a szerszámgépiparban* ..... 63

### **Kovács Attila, Somogyiné Molnár Judit, Jármái Károly:**

*EV töltők villamos analízise* ..... 68

### **Kozsely Gábor:**

*A napelem cella p-n átmenetének modellezése* ..... 76

### **Matusz-Kalász Dávid, Bodnár István, Boros Rafael Ruben, Szabó Norbert:**

*Range-reducing effect of contaminants in case of solar vehicles* ..... 85

### **Matusz-Kalász Dávid, Bodnár István, Jenyó Tamás, Kozsely Gábor:**

*Li-ion akkumulátor cellák túltöltése* ..... 94

### **Rónai László, Lénárt József:**

*Polaritás és töltöttségi szint meghatározó rendszer fejlesztése Li-ion akkumulátorhoz* .... 102

### **Szabó Norbert:**

*Szuperkondenzátor mérésére szolgáló LabView program megvalósítása* ..... 106

### **Szaszák Norbert Tibor:**

*Li-ion akkumulátor villamos paramétereinek hőmérséklet-függése* ..... 111

### **Szaszák Norbert Tibor, Lengyel Ákos József:**

*Li-ion akkumulátor villamos paramétereinek hőmérsékletfüggése – a mérőrendszer összeállítása* ..... 117

# A JÁRMŰFŰTÉSI ÉS -SZELLŐZTETÉSI RENDSZEREK FEJLESZTÉSI TECHNIKÁINAK ÁTTEKINTÉSE

## REVIEW OF VEHICLE HEATING AND VENTILATION SYSTEMS DEVELOPMENT TECHNIQUES

AHMED Manaf Noofal Taha<sup>1</sup>, BENCSC Péter<sup>2</sup>

<sup>1</sup>doktorandusz, manaf.noofal.taha.ahmed@student.uni-miskolc.hu  
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet,  
Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék

<sup>2</sup> Ph.D., egyetemi docens, peter.bencs@uni-miskolc.hu  
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet,  
Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék

**Kivonat:** Ez a kutatás a járművek fűtési és szellőztetési rendszereinek javítási lehetőségeire összpontosít. Az autópárkban ezek az években teljes technológiai átalakuláson megy keresztül a különböző környezetbarát megoldások bevezetésével. Különösen a villamosítás jelent további kihívásokat a jármű körüli és a jármű belsejében lévő légellenállás javítására, valamint a belső hőáramlás szabályozására és javítására irányuló tanulmányokkal összefüggésben. A légáramlások és a hőveszteségek megfelelő szintű szabályozása prioritást élvez, ezért ez a tanulmány ezzel foglalkozik. A javítás érdekében új mérési technikák kerülnek kiemelésre, amelyeket a további kutatás során figyelembe vesznek. Ebben a kutatásban a gépjárművek fűtési és szellőztetőrendszereinek jövőbeli fejlesztési irányait vizsgáljuk.

**Kulcsszavak:** HVAC, optikai mérések, BOS, légáramlás, hőveszteség

**Abstract:** This issue focuses on the potential for improving vehicle heating and ventilation systems. The automotive industry is undergoing a complete technological transformation in these years with the introduction of various environmentally friendly solutions. In particular, electrification poses further challenges in the context of studies to improve air resistance around and inside the vehicle and to control and improve internal heat flows. The appropriate level of control of air flows and heat losses is a priority and is therefore addressed in this publication. New measurement techniques for improvement are highlighted and will be considered for further research. In this paper, future development directions for automotive heating and ventilation systems are explored.

**Keywords:** HVAC, optical measurement, BOS, airflow, heat loss

## 1. BEVEZETÉS

A fűtési, szellőzési és légkondicionáló rendszerek (HVAC) a járműipar egyik kiemelt kutatási területe. Ennek oka a jármű magas energiafogyasztása. Egy másik ok, hogy az autók villamosításával a HVAC érzékenyebbé válik a hőáramlásnak az elektromos jármű fő meghajtására - az akkumulátorra - gyakorolt közvetlen hatása miatt.

A járművek villamosítása egyre inkább szükségessé vált a piacon a széndioxid-kibocsátásra és a károsanyag-kibocsátásra vonatkozó adószabályok miatt, például Kínában és az Európai Unióban. Mindazonáltal a hagyományos járművek iránti igény még mindig versenyben van az elektromos járművek (EV-k) igényével. Ennek hátterében az időigényes töltés, a töltőállomások szűkössége és az EV-k vásárlóinak megítélése áll [1].

A hagyományos vagy elektromos járművek HVAC-rendszerei jól optimalizálhatók és fejleszthetők a mérési beállítások megfelelő kiválasztásával, amelyek jobban szemléltetik az ilyen rendszerekben előforduló áramlási és hőveszteségeket. Az optikai mérések hatékony eszközök ezen a területen, és gyors fejlődésnek voltak tanúi, így kialakításuk egyszerűbbé és sokoldalúbbá

lúbbá vált. A részecskekép-sebességmérést (PIV) és a Schlieren-méréseket széles körben alkalmazták különböző alkalmazásokban, különösen a HVAC területén. A tervezésükben és a különböző rendszerekbe való integrálásukban elért előrelépések ráadásul csökkentik a fejlesztési ciklust, és további fejlesztéseket indukálnak ezekben a rendszerekben. Valójában hiányoznak az ilyen optikai mérőrendszereknek a járművek HVAC-rendszerébe történő integrálásával kapcsolatos szakirodalmi adatok, különösen a PIV- és Schlieren-mérések, amelyek a digitális kamerák és a képalkotási technikák fejlődésével jelentős fejlődésnek indultak.

Ebben a cikkben az akkumulátoros-elektromos járművek (BEV) hőátadási kérdéseivel foglalkozunk. Ezután a HVAC-rendszerekben végzett optikai mérések néhány felhasználási példáját mutatjuk be, amelyek a járművek HVAC-rendszerében alkalmazhatók. Végül a legújabb és innovatív optikai mérési megoldásokat mutatjuk be a járművek HVAC-rendszeréhez.

## 2. AZ ELEKTROMOS JÁRMŰ AKKUMULÁTORÁNAK KEZELÉSE

A hőmérséklet döntő szerepet játszik az akkumulátorok életciklusában az elektromos járművek esetében. A lítium-ion akkumulátorok működési hőmérséklettartománya 15 és 35 °C között van. A magasabb hőmérséklet csökkenti a lítium-ion akkumulátor ciklusszámát; például 45 °C-on ennek az akkumulátornak a ciklusszáma 3323 ciklus; azonban a hőmérséklet 60 °C-ra történő emelése a ciklusszámot 800 ciklusra csökkenti. Továbbá a hőmérséklet emelkedése az akkumulátor teljesítményének csökkenését okozza. Például 50 °C-on 800 ciklus után az akkumulátor teljesítményének több mint 60%-a csökken, míg 55 °C-on 500 ciklus után a teljesítmény 70%-a csökken [2].

Ezt a problémát az akkumulátor hőkezelő rendszerével (BTMS) - az akkumulátor agyával - oldották meg. A BTMS fő funkciója az akkumulátor hőmérsékletének egy adott értéken tartása hűtéssel. A BTMS-nek számos típusa létezik, és ezeket az 1. táblázat szemlélteti [2].

A Li-ion akkumulátorokat az alacsony hőmérséklet is befolyásolja, mivel a kisütési kapacitásuk csökken. Például -10 °C-on a 2,2 Ah kapacitású akkumulátor kapacitása 1 C kisütési sebesség mellett 1,7 Ah-ra csökken, vagy ellenkező esetben 0,9 Ah-ra csökken 4,6 C-s kisütési sebesség fenntartása esetén. A probléma kezelésére különböző előmelegítési technikákat alkalmaznak.

1. A folyadékfűtés egyenletes hőmérsékletet biztosít az akkumulátorcellákban. Ezenkívül nagyobb a hőátadási hatékonysága a levegővel történő fűtéshez képest.

2. Vezetékes fűtésről akkor beszélünk, amikor a fűtőelemek közvetlenül az akkumulátorcellákhoz vannak csatlakoztatva, így a hőveszteség a hőátadás során csökken.

**1. táblázat: Különböző BTMS típusok hűtéshez [2].**

BTMS típus	Megjegyzések
Léghűtéses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Költséghatékony,</li> <li>- Egyszerű,</li> <li>- Biztonságos,</li> <li>- Könnyű,</li> <li>- Könnyen karbantartható stb.</li> </ul>
Folyadékűtéses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nagyobb hőteljesítmény, és</li> <li>- jobb hatások</li> </ul>
PCM-alapú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A nagy mennyiségű hőfelvétel a PCM-ek látens hőjének köszönhető.</li> </ul>
Hőcső (HP) alapú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Az utóbbi években széles körben használják,</li> <li>- A HP-k csekély mennyiségű folyadékkal töltött hőátadó csövek.</li> </ul>

Hibrid	<ul style="list-style-type: none"><li>- Egyesíti két vagy több BTMS-típus előnyeit, és</li><li>- kiküszöböli a kombináció hátrányait.</li></ul>
Egyéb újabb típusok	<ul style="list-style-type: none"><li>- Például: hidrogélek, termoelektromos és hideg hidrogén.</li></ul>

3. A belső fűtés kihasználja az akkumulátor magas impedanciáját alacsony hőmérsékleten az elektrokémiai reakcióból származó jelentős mennyiségű hő előállítására, amikor az áram átfolyik [2].

### 3. OPTIKAI MÉRÉSEK HVAC RENDSZEREKBE A JÖVŐBELI JÁRMŰALKALMAZÁSOK SZÁMÁRA

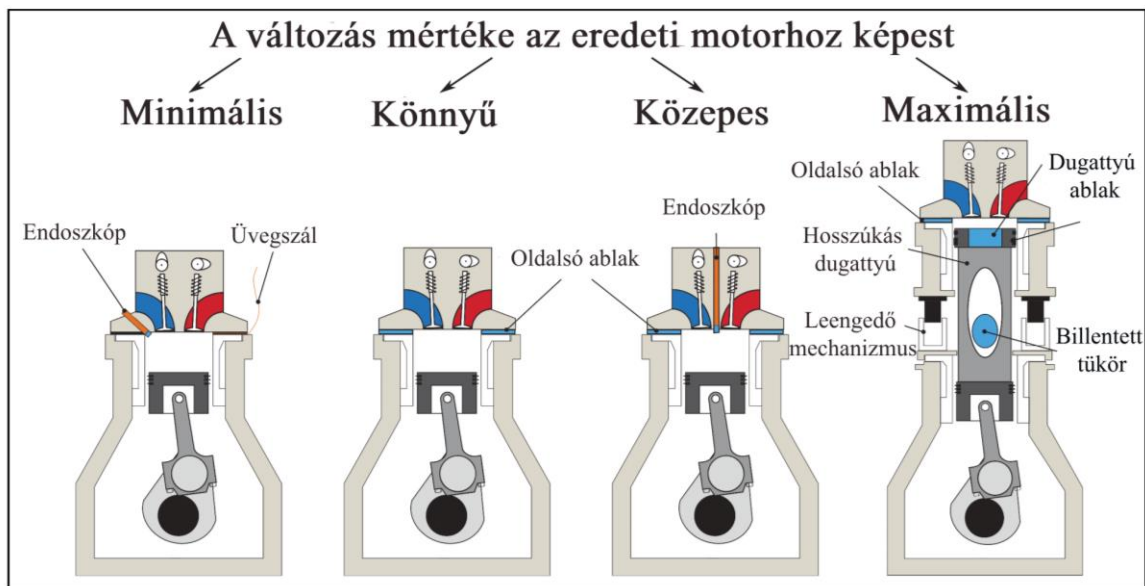
A múltban a Schlieren-mérési technikát minőségi mérőrendszernek tekintették a lézer Doppler-áramlásméréshez (LDA), a részecske-képebbességméréshez (PIV) és a lézerholográfiához képest. Mindazonáltal a digitális képalkotás és annak feldolgozása terén elért fejlődéssel a Schlieren-mérés kvantitatívabb mérőeszközzé vált, amely gyors sebességgel nyert, kiváló minőségű áramlási képalkotást biztosít. Ezenkívül számos területen alkalmazható, többek között a beltéri levegőminőség, a hőkomfort és a HVAC területén [3]. Háttér Schlieren mérés a BOS, a legjelentősebb és legújabb fejlesztés a Schlieren rendszerben. Számos előnye van, többek között a hordozhatósága és a természetes hátterek felhasználásának lehetősége. Emellett jelentősen széles látómezőt biztosít, legalább fele akkora, mint a háttér [4].

A BOS az áramlási mezőben lévő sűrűséggradiensek által okozott fényelhajlást használja fel a háttérintézet megjelenítésére. Következésképpen a háttér hatással van az áramlás vizualizációjára és a kapott hőmérsékleti adatokra. A háttér BOS-rendszer eredményeire gyakorolt hatásának ellenőrzésére kísérletet tartottak egy zárt szélcsatornában egy fűtött rúd mellett elhaladó örvényutca hőmérsékleti mezőjének vizualizálásával. A mérés megismétlése után 28 különböző háttérrel eltérő eredményeket kaptunk. Ezután a 28 hőmérsékleti görbét összehasonlítva a környezeti és hengeres környezettel, egy háttérrel választottunk ki a legjobbnak, amely reális eredményeket szolgáltatott [5].

Az optikai mérések hagyományos motorba történő integrálásának hatásának vizsgálatára és az égési viselkedésre gyakorolt hatásának nyomon követésére ugyanannak a motornak három beállítását vizsgálták. Ezek a teljesen fémből készült motor, a teljes terhelésű optikai motor és a módosított, teljes optikai motor, lásd az 1. ábrát. A teljesen fémből készült motort termodinamikai kísérletekkel vizsgáltuk. A teljes terhelésű optikai motort egy LaVision vízhűtéses ultraibolya endoszkópjúrával szerelték fel, amelyet a hengerpalást és a hengerfej közé helyeztek be. Ebben az elrendezésben mind az égéstér, mind a hézaghossz a módosítás miatt kissé megváltozik. A teljes optikai motor elrendezése megegyezik a második motoréval, azonban egy halszem endoszkóp helyettesítette az egyik kipufogószelepet, ami tovább módosítja a sűrítési arányt. A halszem-endoszkóp 180 fokos szögben, 45 fokos tükörrel képes hibázni [6].

Az első és a második beállítás összehasonlítása azt mutatta, hogy mindkettő képes elérni a névleges terhelést, miközben az égési jellemzők kis mértékben eltérnek, ami a vízhűtéses endoszkópjúrával csökkentett hőmérsékletének köszönhető. Még az égési viselkedés ezen enyhe különbsége ellenére is a motor összes szénhidrogén-kibocsátásában a különbség körülbelül 50%-os. Az első és a harmadik beállítás összehasonlításakor azok összehasonlíthatóak, különösen, ha a geometriai értékek eltolódását és a hőmérséklet-változást figyelembe vesszük, annak ellenére, hogy a hengerfal hőmérsékletében jelentős eltérés mutatkozik, ami a csökkent hűtőközeg-hőmérsékletnek és a kihagyásos tüzelési üzemmód adaptációjának tulajdonítható. Emellett a második beállítás további módosítása javasolt a motor kibocsátásának jobb összehasonlíthatósága érdekében a holt térfogat csökkentésével. Ezért a teljes optikai motorbeállítás összehasonlítható égési viselkedést mutatott [6].

A hivatkozáson kívül [5], a maximális hosszúságú szekvencia (MLS) háttérképet használtak a ventilátoros fűtőberendezések forró levegőáramlásának BOS-mérésének javítására. Az MLS egy 0 és 1 közötti,  $L = 2n - 1$  hosszúságú pseudo-véletlenszerű számhalmaz, ahol  $n$  egy egész szám. Nulla késleltetésnél az egypólusú MLS függvények normalizált autokorrelációja 1, míg a többi késleltetésnél  $4/(L-3)$ . Ez a szekvencia robusztus a külső zajjal szemben, és a szekvenciák teljes hosszát érinti. Ezután a kínai maradéktétel, amely az összes 1D szekvencia 2D képmátrixba történő átalakításának technikája, az ideális autokorreláció megőrzésével és zajelutasítási jellemzőkkel alkalmazzuk. Végül a szekvenciát átlósan egy képmátrixba csomagoljuk. Ez a háttérjavítási módszer kiváló minőségű és sima képet eredményezett anélkül, hogy a BOS-beállításhoz további eszközöket kellett volna bevezetni, mint például a lekérdezési ablakokat [7].



1. ábra: Az optikai mérések hozzáférhetőségi foka [6].

A légkondicionálás és az emberi kényelem témakörében az ember által termelt hőtermelést vizsgálták. Az emberrel analóg, fűtött próbabábut készítettek. Egy új, egytükrös, nagymezős, nagy érzékenységű Schlieren optikai berendezést helyeztek üzembe, és a próbabábu hőfűvójának képét az áramlási sebesség minőségi adataival együtt megkapták, és összehasonlították a termisztor és a forródrótos áramlásmérőből kapott adatokkal.

A 2. ábrán látható Schlieren-berendezés a következőkből áll:

1. Gömb alakú tükör.
2. Fényforrás (LED).
3. Kés élű Schlieren levágás.
4. Digitális kamera.
5. Négykerékű kerekek.
6. Három szintezőbuborék.
7. Nagy kézikerek a tükör magasságának szabályozásához.
8. Vonalzót a tükörközép magasságának szabályozásához.

A mérési művelet elve a következő:

1. A tükör tengelyének görbületi sugaránál a fényforrást elhelyezzük.
2. A tükör visszaveri a fényforrástól elhajló fényt, amelynek hatására az a próbabábu fölött



lévő hőtölcsérrel ütközik, és ugyanazon az úton tér vissza. A Schlieren-objektum minden pontján azonos fénysugár halad át.

3. A hőtölcsér hatására a sugarak megtörnek, ami árnyékot eredményez, amikor a Schlieren-határoló által lefelé megtörnek. Ezzel szemben a sugarak fényesnek tűnnek, amikor felfelé törnek meg. Ennek eredményeképpen az áramlási jellegzetesség láthatóvá válik.

A próbabábu felszíni hőmérséklete  $34\text{ °C}$ , ami az emberi test hőleadását szimulálja. A Schlieren-képek elkészítése után a képfeldolgozáshoz a PIVlab programot használtuk. A Schlieren-képekből kinyert adatokat és az áramlásmérési adatokat összehasonlítva mindkettő azonos alakú Gauss-profilokat eredményez; mindazonáltal turbulens fúvókák esetén a Schlieren-mérés középvezetési (CL) sebességértékei feleannyira vannak, mint az áramlásmérési értékek. Ezért arra lehet következtetni, hogy a PIV és az áramlásmérési tömbök CL-sebességértékei a Schlieren-értékek kétszeresei. A dolgozat szerzője ezt a Schlieren-bevezetést ajánlta a HVAC, a beltéri levegőminőség és a hőkomfort elemzéséhez [3].



**2. ábra:** Schlieren képalkotási elrendezés [3].

#### 4. A JÁRMŰVEK HVAC MÉRŐBERENDEZÉSEINEK LEGÚJABB FEJLESZTÉSEI

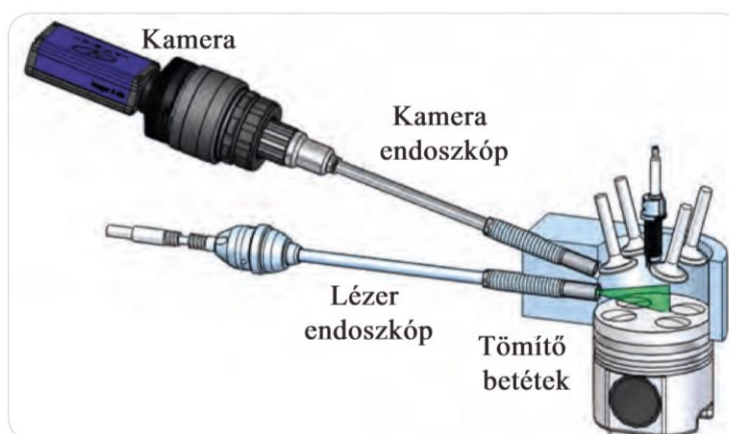
Ebben a szakaszban a járművekben alkalmazott HVAC-rendszerek területén újonnan kifejlesztett optikai mérőeszközöket mutatjuk be, hogy azok beépíthetők legyenek ezekbe a rendszerekbe. A LaVision az egyik úttörő cég ezen a területen. Ezért az ő eszközeit tárgyaljuk. A fejezet végén részletesen bemutatunk egy, a Miskolci Egyetemen nemrég megvalósított kísérletet, amely szintén kombinált optikai mérést alkalmaz.

A hengeren belüli optikai motorjelző (ICOS) (3. ábra) a kipufogógáz koncentrációjának és a gáz hőmérsékletének mérésére szolgáló eszköz. Gyors adatátviteli sebességet biztosít (kHz-es tartományban). A láng terjedési sebességének, a korom hőmérsékletének, koncentrációjának stb. mérésére a hengerbe épített endoszkópos képalkotás alkalmas. Ez a készülék állítja elő a megvilágítást és végzi a képalkotást nagy felbontással és nagy sebességű felvételkészítéssel. Ezenkívül sokoldalú és a motorhoz igazodik, beleértve a tömítőhüvelyeket is [8].



3. ábra: Endoszkópos hengerbe épített képalkotó rendszer [8].

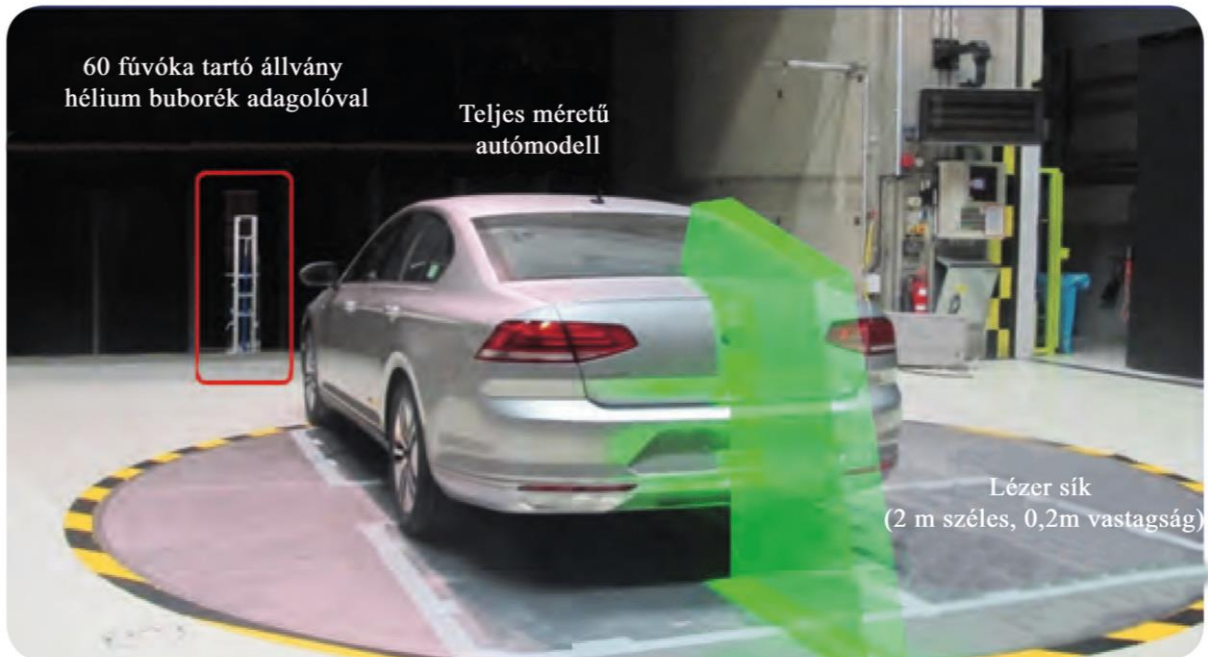
A PIV-technikákhoz áttérve, a hengeren belüli lézeres képalkotó készüléket elsősorban a hengeren belüli áramlási mezők, az NO<sub>x</sub>-képződés és a keverékképződés képalkotására használják (4. ábra). Elve a PIV-en alapul. A forgattyúszöggel felbontott hengeren belüli lézeres képalkotás impulzuslézerfénylapokat használ átlátszó motorokban vagy kulcslyuk képalkotást minimálisan invazív endoszkópokkal. A forgattyúszög-leolvasásokat integrálják a motor kódoló jeleivel, hogy pontosan nyomon követhessék a motor olyan üzemmódjait, mint a kihagyásos, a hidegindításos és a gyorsítási üzemmódok. Az endoszkópos PIV-nek köszönhetően minimális optikai hozzáférés, a hengeren belüli részecskemozgás nagysebességű filmjei, valamint a képalkotáshoz és a lap megvilágításához szükséges endoszkópos hozzáférés jellemzi. Egy másik PIV mérőeszköz, de most már a részecskekövetési sebességméréssel (PTV) kombinálva, a FlowMaster PIV rendszer, amely az áramlás pontos és valós idejű mezejét vizualizálja. Lehetővé teszi a távvezérlést, és adatai szinkronizálhatók egy másik szélcsatorna vizsgálati paramétereivel. Ez egy pontos és önkalibráló mérőeszköz, amely a sebességadatokból nyomásmérőt tud mérni. Továbbá nagy látómezőket képes lefedni a héliumbuborék-vetőnek és a 3D-s áramlási mezők letapogatására szolgáló 3D-s kamerarobotnak köszönhetően, lásd a 5. ábrát. Továbbá a 5. ábra mutatja ennek a berendezésnek az elrendezését [8].



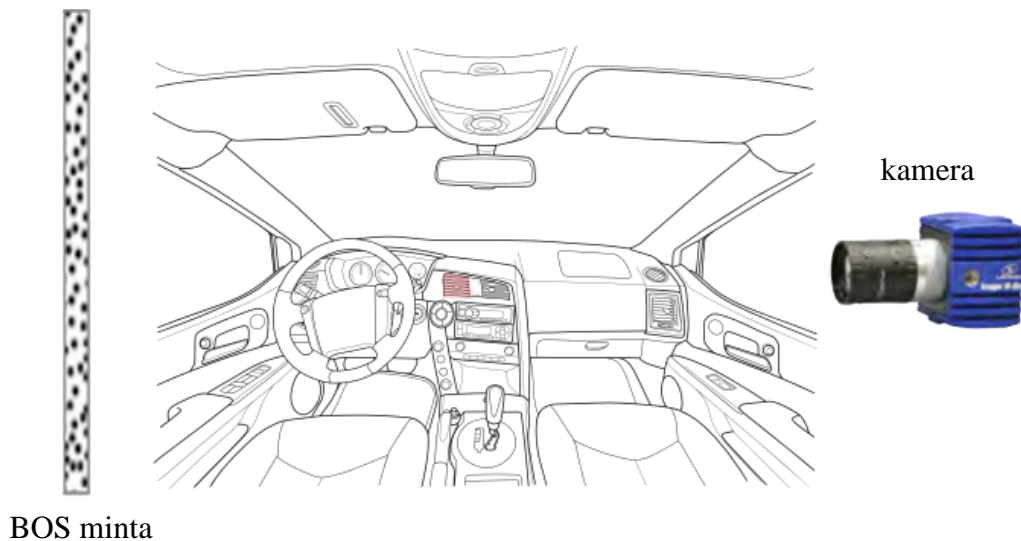
4. ábra: Hengerbe épített lézeres képalkotó rendszer [8]

A járművek beltéri áramlásának vizualizálásához a Schlieren-elvre épülő FluidMaster BOS költséghatékony és egyszerű alternatívát jelent a lézeres képalkotási módszerekhez képest (lásd a 6. ábrát). A készülék rendkívül érzékeny a levegő hőmérsékletének gradiensére vetés nélkül. Egyszerű a beállítása, és rugalmasan használható a jármű belsejében, különösebb módosítások

vagy előkészületek nélkül. Ezenkívül valós idejű képfeldolgozási képességet biztosít [8].



5. ábra: FlowMaster PIV és PTV rendszer elrendezése [8].

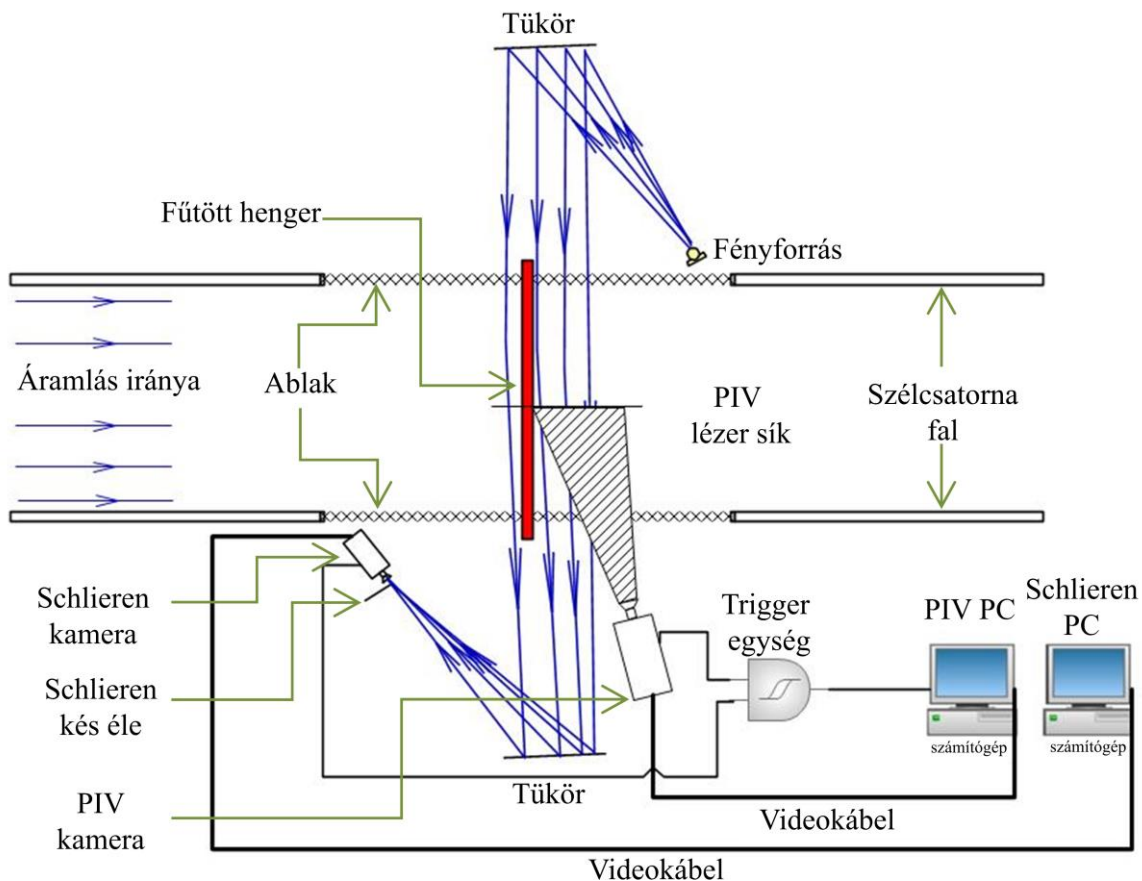


6. ábra: FluidMaster BOS rendszer elrendezése [8].

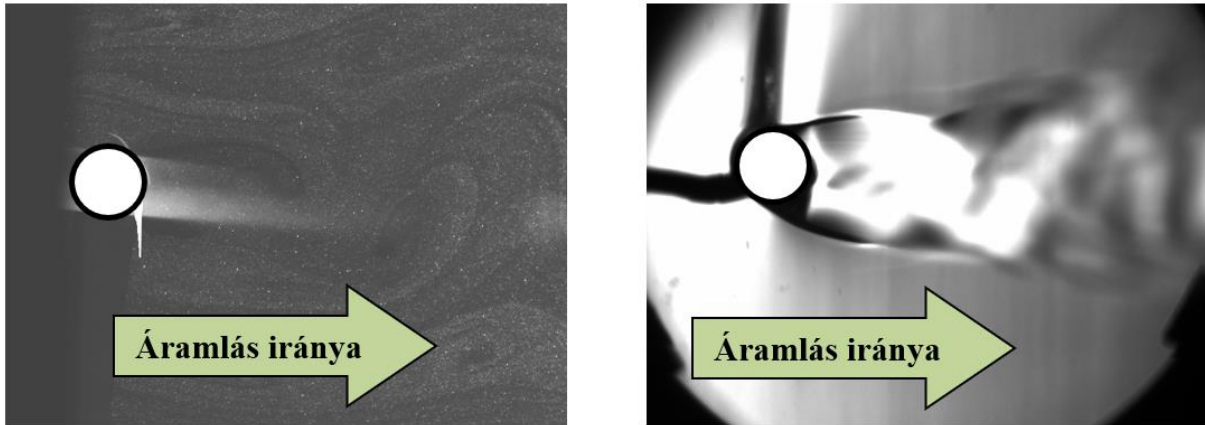
A Miskolci Egyetemen egy kapcsolódó kísérletet hajtottak végre. Ez a kísérlet alkalmazható a hőáramlás és az örvények mérésére a hőcserélőben, amely a járművekben a HVAC rendszerek létfontosságú alkatrészének tekinthető. A kísérlet két optikai mérést kombinál a hőmérséklet-mező és az áramlási sebesség egyidejű mérésére PIV és Schlieren mérőrendszerek segítségével. Egy kör alakú hengert párhuzamos áramlásnak vetettek alá egy szélcsatornában, amelyet különböző hőmérsékletre fűtöttek fel. A 7. ábrán látható, hogy a mérőrendszer egy Z-típusú Schlieren és 2D-PIV rendszerrel összekapcsolt, a PIV kamera, a Schlieren kamera és a PIV lézer kimenetének szinkronizálására szolgáló kioldórendszerrel. A PIV-rendszer egy objektívől, egy kettős képkockás CCD-kamerából, egy kétimpulzusos Wd-YAG lézerekből, egy PIV-szoftverből és egy markolókárttyából; valamint egy trigger egységből áll. A Schlieren-rendszer egy

objektívából, egy CCD-kamerából, egy Schlieren-fényforrásból, egy PC-ből szoftverrel és egy firewire-kártyából; valamint Schlieren-tükrökből áll. A mérési rész megvilágítása LED fényforrással történik. A PIV rendszer a sebességmezőt méri, és pontossága elsősorban a részecskékép sűrűségétől, eltolódásától és átmérőjétől, valamint a háttérzajtól függ. Mindezen paramétereket optimalizáltuk, és a zaj eltávolítására egy magas átjárású szűrőt használtunk. Ezenkívül az utófeldolgozáshoz minimális korrelációs szűrőt alkalmaztak a PIV-képekre. A Schlieren-rendszer a hőmérséklet-áramlást méri, és pontossága a háttérben lévő fényzajtól függ. Ezért a Schlieren-méréseket sötét szobában végezték. Ezenkívül a mérés előtt a henger mögött egy egyponthoz hőmérsékletmérést rögzítettek a Schlieren-képek utólagos feldolgozásának validálása céljából [7].

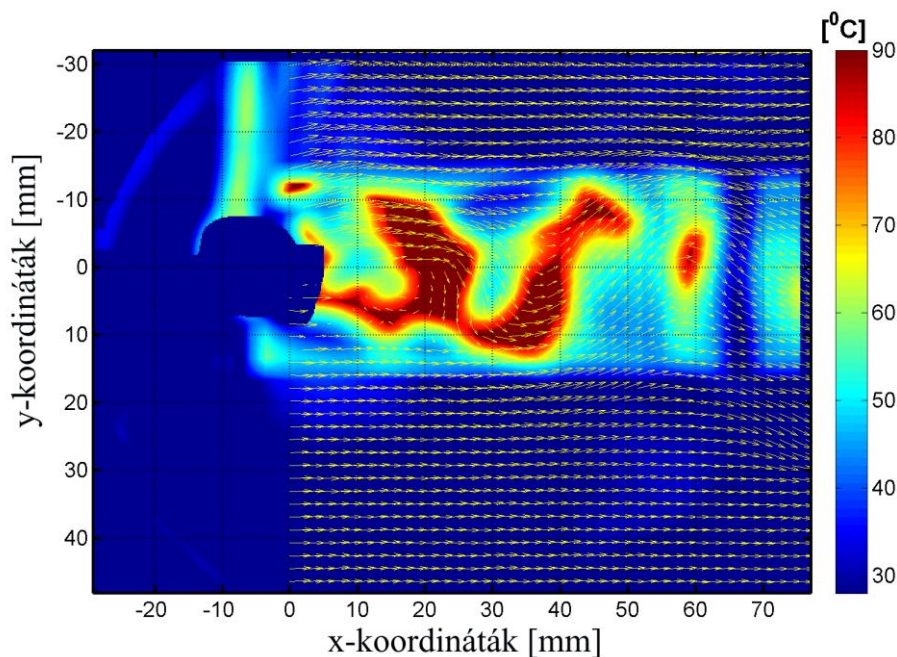
A 8. ábra a PIV-rendszer (balra) és a Schlieren-rendszer (jobbra) nyers képeinek mintáját mutatja. Ezen az ábrán mindkét képen észrevehető az örvényleválás, és a Schlieren nyers képen jól látható a levegő sűrűségkülönbsége miatti fénytörés. A PIV-képek a sebességvektormezőképek kinyerése érdekében egy dewarping-folyamaton mentek keresztül, míg a Schlieren-képeket maszkolással dolgozták fel, és így kapták meg a hőmérséklet-mező képeit. A 8. ábrán látható mintaképek feldolgozásának eredménye a 9. ábrán látható, amelyen mind a hőmérsékleti mezőt, mind a sebességvektormezőt megkaptuk. Ebből a kísérletből kiderült, hogy a Schlieren-képek még további javításra szorulnak a nagyobb pontosság érdekében, és ezt a jövőben meg fogjuk valósítani [9].



7. ábra: A kísérlet elrendezésének vázlatja [7].



8. ábra: PIV (balra) és Schlieren (jobbra) nyers mintaképek [9].



9. ábra: Hőmérsékleti mező és sebességvektormező eloszlása ugyanarról a mintáról a képfeldolgozás után [9].

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a tanulmányban az EV-kel kapcsolatos termikus légáramlási és hőveszteséggel kapcsolatos kérdések, valamint a szakirodalmi áttekintésből származó megoldások kerülnek bemutatásra. A fejlett optikai mérések felhasználását és azok hagyományos és elektromos járművekbe történő integrálását tárgyaljuk. Továbbá, hogy lépést tartjunk a rendelkezésre álló, járművekre specializált optikai mérőeszközök fejlődésével, áttekintjük az újonnan kifejlesztett optikai eszközöket, hogy azok integrálhatók legyenek a 3. szakaszban tárgyalt különböző járművek HVAC-rendszereibe.

Egy újonnan megvalósított kísérletet szemléltetünk, amely két optikai eszközt használ áramlásmérésre. Ez a kísérlet a járművek HVAC területén alkalmazható. Azonban további fejlesztésre szorul. Ennek eredményeképpen ez egy jövőbeli irányvonal lesz, amelyet meg kell valósítani.

## 6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] I. CVOK, I. RATKOVIĆ, AND J. DEUR, “*Multi-objective optimisation-based design of an electric vehicle cabin heating control system for improved thermal comfort and driving range,*” *Energies* (Basel), vol. 14, no. 4, Feb. 2021, doi: 10.3390/en14041203.
- [2] P. BENCS: Busz hűtési rendszerek áttekintése az átalakítási folyamatban GÉP 74 : 2-3 pp. 30-34. , 5 p. (2023)
- [3] A. W. GENA, C. VOELKER, AND G. S. SETTLES, “*Qualitative and quantitative schlieren optical measurement of the human thermal plume,*” *Indoor Air*, vol. 30, no. 4, pp. 757–766, Jul. 2020, doi: 10.1111/ina.12674.
- [4] G. S. SETTLES AND M. J. HARGATHER, “*A review of recent developments in schlieren and shadowgraph techniques,*” *Measurement Science and Technology*, vol. 28, no. 4. Institute of Physics Publishing, Apr. 01, 2017. doi: 10.1088/1361-6501/aa5748.
- [5] P. BENCS,; SZ. SZABÓ; R. BORDÁS; T. DOMINIQUE AND Z. KATHARINA.: “*Influence of Background Pattern on the Temperature Field Measured by Background Oriented Schlieren*” In: National, Academy of Sciences of Belarus Luikov Heat; Mass, Transfer Institute (szerk.) ISFV-15 The 15th International Symposium on Flow Visualization Minsk, Fehéroroszország : [s. n.] (2012) pp. 1-10. , 10 p.
- [6] S. KARMANN, S. EICHELDINGER, M. PRAGER, M. JAENSCH, AND G. WACHTMEISTER, “*Experimental comparison between an optical and an all-metal large bore engine,*” *International Journal of Engine Research*, vol. 24, no. 3, pp. 1223–1238, Mar. 2023, doi: 10.1177/14680874221082794.
- [7] M. J. ADKIN AND J. LAMB, “*Large Field Background Oriented Schlieren for Visualising Heated Air Projection of Fan Heaters,*” 2014.
- [8] “LAVISION AUTOMOTIVE INNOVATIVE MEASUREMENT TECHNOLOGIES.” Accessed: Feb. 15, 2024. [Online]. Available: <https://www.lavision.de/en/download.php?id=1316>
- [9] P. BENCS; SZ. SZABÓ AND O. DARIA: “*Simultaneous Measurement of Velocity and Temperature Field Downstream of a Heated Cylinder*” In: Car, Zlatan; Kudláček, Jan; Pepelnjak, Tomáš (szerk.) International Conference on Innovative Technologies, IN-TECH 2012