# Járművek tömegének mérése utakon lassítás nélkül

*Schanda György, Kardon Béla*
*Tenzi Kft.*
*1029 Budapest, Nádor u. 25*
*www.tenzi.hu, e-mail: info@tenzi.hu, Tel.: +36 20 9226615*

**ISBN 978-615-6062-04-8**

## 1. Kulcsszavak:

Tengelyterhelés mérés, nagy sebességhatárok, nagy pontosság, nyúlásmérő-bélyeges szenzorsor, szenzor szintű jelprocesszálás, digitális szenzorkimenet, CAN kommunikáció

## 2. Összefoglaló

A közúthálózaton jelentős fuvarozói forgalom zajlik. A fuvarozó gazdasági érdeke a gépjárművek terhelhetőségének maximális kihasználása. A közutak állagának védelme és a biztonságos közlekedés érdekében maximalizálva van a gördülési össztömeg és a tengelyterhelés. Ezen határértékek betartását különböző mérőeszközökkel ellenőrzik: statikusan hídmérleggel, vagy alkalmi mérőpontokban kerékterhelés-mérőkkel, kis sebességű, 5 km/órás áthaladás mellett tengelyterhelés-mérőkkel. A fejlesztés célja egy olyan mérési elrendezés kialakítása volt, amely gazdaságosan telepíthető, és az eddigiekhez képest többféle szempontból feldolgozható adatokat ad, a rajta áthaladó gépjármű össztömegére, tengelyterhelésére, kerékterhelésére, esetleg a terhelés elosztására, vagy akár a kerekek minőségére nézve is. A „Nagysebességű jármű tengelyterhelés mérése" projekt keretében kifejlesztésre kerül a közúthálózatba is integrálható, az útburkolatba süllyesztett, nagy sebesség mellett is működőképes tengelyterhelés-mérő rendszer. A járművek tömege így forgalomterelés nélkül, folyamatos üzemben ellenőrizhető. Az erre a célra kifejlesztett nyúlásmérő-bélyeges mérőelemek és jelfeldolgozó elektronikák hálózatából álló rendszer az eddig ismert megoldásoknál nagyobb pontosságú. A hazai gyártása megoldott. A fejlesztést a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap VÁLLALATI_16 kódú pályázata támogatta.[1]

## 3. Nagysebességű jármű tengelyterhelés-mérés

### 3.1 a TEN-HSWIM szenzor

Tenzi Mérlegtechnika Kft. a saját fejlesztésű és gyártású TEN-HSWIM szenzor-hálózata az útburkolatba építve alkalmas a járművek kerekeinek mérésére. A mérési eredményekből számolható a jármű tengelyterhelései, a számolt össztömege, az áthaladási sebessége meghatározható a sávban lévő elhaladási pozíciója (pl. jól detektálható a kikerülési manőver) és egyéb a közlekedésbiztonságot is érintő paramétere (pl. aszimmetrikus terhelés, gumi fúvottságának állapota)

A mérőeszközt a forgalmi sávra merőlegesen kell az útburkolatba építeni. A sáv szélessége 200 mm hosszú szenzorokból rakható ki. Mindegyik szenzor önálló jelfeldolgozó egységet

[1] Részletes adatok a köszönetnyilvánítás részben.

tartalmaz. A szenzorok egy, a telepítési hely sávszélességéhez illeszkedő alaplemezre vannak a gyártóműben felszerelve. Telepítéskor a burkolatban egy süllyesztéket kell képezni, abban az alaplemezt rögzíteni és a szenzorsort rugalmas kiöntőgyantával kiönteni és lefedni. Az alkalmazott megoldás biztosítja az útfelszín síklapúságát, az útfelület acélseprővel, tisztítóekével történő tisztítása esetén a szenzorsor épségét.

3.2 A szenzorsor jellemzői:

- CAN-bus kommunikációval csatlakozik a kiértékelő elektronikához.
- Alkalmas egészen kis sebességű áthaladás mellett is mérni (2 km/óra) azonban nagy sebesség (150 km/óra) esetén is alkalmazható.
- Rendelkezik beépített hőmérséklet-kalibrációval, így a pontossága időjárástól független.
- Központi rendszere alkalmas rendszáma-adat kezelésére. A beépített óra naplózási lehetőséget biztosít.
- A rendszer teljesen automatikus, telepíthető a GSM kapcsolattal, így alkalmas lehet személyzet nélküli telephelyi forgalom távoli figyelésére.
- A rendszer hátránya, hogy összetettsége miatt a piezoszenzoros megoldásokhoz képest költségesebb valamint a telepítése nagyobb helyigényű (80 mm mély a szerkezet), előnye az áthaladó járműről gyűjtött sokkal több információ és a telepítési szélesség szabadsága (pl. igény esetén 6 méter széles sávfigyelés is megoldható).

3.3 A feljesztés háttere

A nagysebességű (100 km/h) jármű tengelyterhelésének mérésére a fejlesztést megelőzően piezoszenzoros rendszerek voltak kaphatók. A legismertebb és kiemelkedő minőségű Kistler érzékelő, 5%-os mérési pontosságú, az olcsóbb rendszerek csak 15%-os pontossággal működnek, tehát nem alkalmasak hiteles mérésre. A piezoszenzoros rendszerek általában nem alkalmasak kerékterhelés mérésére. A mechanikai feszültséget ellenállás-változás útján analóg jellé alakító nyúlásmérő-bélyegeket eddig oly módon alkalmazták kerék- és tengelyterhelés mérésére, hogy a gépjármű kerekének a mérés pillanatában teljes egészében a mérőfelületen kellett lennie, így az útburkolatba egy nagyobb teherviselő szerkezetet, gyakorlatilag hidat kellett telepíteni, ami az alkalmazását nagyon költségessé teszi. Az ilyen rendszerek (pl. PAT "Bending Plate" nyúlásmérő-bélyeges rendszer) pontossága tengelyterhelési mérésnél eléri a jobb minőségű piezoszenzoros rendszerek pontosságát és kerékterhelést is mér.

A kifejlesztett eljárás és termék szerkezeti alkalmas mozgó járművek kerék- és tengelyterhelésének útburkolatban telepített eszközzel való mérésére, azzal jellemezve, hogy az útpálya sávszélességében telepített, szenzorsort alkotó mérőcellákat és a szenzorsorhoz rendelt alközpontot tartalmaz, a mérőcellák mindegyike legalább egy elemi szenzort és saját A/D jelfeldolgozó elektronikát tartalmaz, amely vezetékes kapcsolatban van az alközponttal.

A mérőcellák optimális hosszúsága 150-250mm. Mindegyiknek két elemi szenzora van, ami nyúlásmérő-bélyeges érzékelő, valamint a szenzorsor az útburkolatban kiképzett árokban műgyanta alapra van fektetve és oldalról és felülről vékony rétegben rugalmas polimer kiöntőanyaggal van rögzítve és az árok az útpályához képest kiegyenlítve.

Az A/D jelfeldolgozó elektronikák nagysebességű A/D átalakítók, melyek egymáshoz és az alközponthoz a szomszéd mérőcella A/D jelfeldolgozó elektronikájának csatlakozópontján keresztül, és a szélső mérőcella csatlakozópontjáról az alközpontba vezető kábelen keresztül kapcsolódva, hálózatba vannak kötve. A szenzorsor energiaellátása, valamint a mérőcellák és alközpont közti vezérlési- és adatforgalom kábelen keresztül biztosított. Előnyösen az alközpont telekommunikációs kapcsolaton keresztül a központhoz és/vagy más alközpontokhoz kapcsolódik.

A mérőcellák kedvező esetben 200mm hosszúak, és a szenzorsornak hőmérő egysége van, amelyből érkező egyidejű adat alapján az elemi szenzorok adatai a termikus hatások figyelembevételével értékelhetőek ki.

A vevőorientált méréstechnikai feladatok megoldásában jártas fejlesztő a telepítési igény pontos megismerése alapján tud konkrét megoldást ajánlani az igényeknek legjobban megfelelő megoldásra, vagy a megoldáshoz szükséges további fejlesztésekre (pl. kisebb sebességtartomány, nagyobb sávszélesség és csak tengelyterhelés-mérés, de gazdaságosabb kivitel).

## 3.4 A fejlesztés állomásai a következők voltak:

### *3.4.1 Tesztkörnyezet kialakítása, kis-, majd közepes sebességű rendszer kifejlesztése*

- A szenzor megalkotása
- A szenzor-elektronika és központi elektronika és szoftver elkészítése
    - A véglegesnek tekinthető, érzékelőbe építhető A/D és processzort tartalmazó elektronika, valamint a központi elektronika első verziójának elkészítése, a hálózati kommunikáció meghatározása és a CAN hálózat megvalósítása, a CAN hálózattal kommunikáló kapcsoló hurokdetektor első valós méretű működő példányának elkészítése.
- A kísérleti kisminta elkészítése több verzióban
    - Kisminta elkészítése, beépítése és tesztelése, szükséges módosítások a tesztek eredményeinek függvényében
- Méréstechnikai háttér létrehozása
    - Az eredményes fejlesztés érdekében tesztberendezések készítése;
        - az elemi érzékelők hőmérsékletfüggésének vizsgálatához a hűteni (-20 °C-ig) és fűteni is tudó (70 °C), a terhelőgéphez illeszkedő klímadoboz,
        - az érzékelősáv érzékenység-helyfüggésének kimérését lehetővé tevő terhelőszerkezet,
        - a helyszíni mérések ellenőrzésére a kerékterhelés-mérő fejlesztése és eredményes EK típusvizsgálata, amely már hitelesíthető.
- Beépítéstechnológia honosítás
    - A sávszenzorhoz hasonló rendszerelemek útburkolatba történő építési technológiájának megismerése és a sávszenzorhoz adaptálása.
- Közepes sebességű rendszer fejlesztésére
    - A kisminták tapasztalatai alapján egy teljes sávszélességű rendszerkészítése ás beépítése.

### *3.4.2 Közepes sebességű rendszer telepítése és a nagysebességű rendszer előkészítése*

- Telepíthető szenzor-hálózat legyártása
    - Az első munkaszakasz tapasztalatait figyelembe véve egy olyan gyártástechnológia kifejlesztése, amely segítségével legyárthatók a telepíthető érzékelő rendszerek,
- Vezérlő szekrény elkészítése
    - Az első, egy teljes értékű, telepíthető központi vezérlő szekrény kialakítása, amely tartalmazza az erősáramú betáp-elemeket, az ipari PC-t, amin a mérőszoftver és az adatbázis fut, a kamerákat és a mérőhálózat csatlakozó pontjait, valamint a távoli elérést is biztosító a mobil kommunikációs egységet.

- Mérő PC szoftver fejlesztése
    - A telepített vezérlőszekrényben lévő ipari PC-n futó mérőszoftver elkészítése, amely vezérli a mérőrendszert, számos beállítási lehetőséget biztosít távoli eléréssel a mérőrendszer teszteléséhez, pontosításához és fejlesztéséhez.
- A mérőrendszer telepítése és tesztelése
    - A rendszer valós sávba telepítése és tesztelése. A tesztelés során bebizonyosodott a valós körülmények közötti működőképesség.

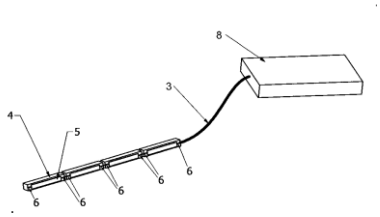
### *3.4.3 Nagysebességű rendszer telepítése*

- Telepíthető szenzor-hálózat legyártása
    - Az előző fejlesztési szakaszban legyártott rendszer befejezése, telepítésre előkészítése
- Vezérlő szekrény elkészítése
    - A továbbfejlesztett, fiókos rendszerű központi vezérlő szekrény elkészítése, amely tartalmazza az erősáramú betáp-elemeket, a PC-t, amin a mérőszoftver és az adatbázis fut, a kamerákat és a mérőhálózat csatlakozó pontjait, valamint a távoli elérést is biztosító a mobil kommunikációs egységet.
- A mérő PC szoftver továbbfejlesztése
    - A telepített vezérlőszekrényben lévő PC-n futó mérőszoftver új verziójának kifejlesztése, amely képes három mérőérzékelő-sort is kezelni, amely vezérli a mérőrendszert, számos beállítási lehetőséget biztosít távoli eléréssel a mérőrendszer teszteléséhez, pontosításához és fejlesztéséhez.
- A mérőrendszer telepítése és tesztelése
    - A rendszer nagysebességű sávba telepítése és tesztelése. A tesztelés során bebizonyosodott a nagysebességű mérési körülmények között is a rendszer működőképessége.
- A mérőrendszer típusvizsgálati bejelentése

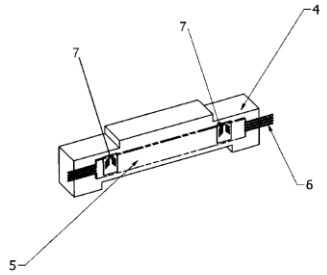
## 3.5 Sematikus modell

Az alább látható elrendezés az eddig ismert mérési eljárásokhoz képesti újdonsága:

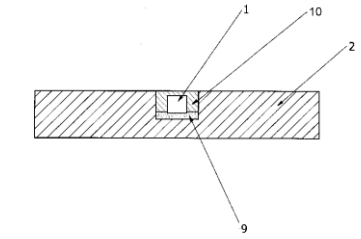
- a tengelyterhelés nagyobb mérési pontossága,
- kerékterhelés mérési lehetősége,
- aszimmetrikusan terhelt tengelyek kiszűrése,
- hibásan fúvott gumiabroncs detektálása,
- hibás áthaladás (fél tengellyel a mérőrendszer kikerülése) detektálása.




*A szenzorsor és alközpontja*




*A szenzorsor egy mérőcellája*




*A szenzorsor egy lehetséges elhelyezkedése az útburkolatban*

Jelölések:

1. szenzorsor
2. útburkolat
3. kábel
4. mérőcella
5. jelfeldolgozó elektronika
6. csatlakozópont
7. elemi szenzor
8. alközpont
9. műgyanta alap
10. kiöntőanyag

## 4. Köszönetnyilvánítás

A Tenzi Mérlegtechnika Kft. „Nagysebességű jármű tengelyterhelés mérése” című, KFI_16-1-2017-0091 azonosító számú projektjére 112.112.000 Ft támogatást nyert a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap VÁLLALATI_16 kódú pályázatán. Az 58,56%-ban támogatott projekt keretében került kifejlesztésre a közúthálózatba is integrálható, az útburkolatba süllyesztett, nagy sebesség mellett is működőképes tengelyterhelés-mérő rendszer.