

Különböző típusú mézek elemanalízise

Elemental analysis of different types of honeys

FAZAKAS Dalma, MUNTEAN Norbert, SÓGOR Csilla

csilla.sogor@ubbcluj.ro

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kémia és Vegyészmérnöki Kar

Abstract

We analysed 10 honey samples for 7 elements. 6 of the samples were of commercial origin, whereas 4 were homemade. We used atom spectroscopy method in the quantitative analysis of Na, Mg, K and voltammetry method in case of Cu, Pb, Cd and Zn. The highest values measured in the samples were the following: Mg: 0,08 mg/g, K: 2,1 mg/g, Na: 1,1 mg/g. The heavy metal concentration values of the samples were in the following intervals: Zn: 0,02-0,08 mg/g, Cd: 0,002-0,038 mg/g, Cu: 0,001-0,020 mg/g, Pb: 0,001-0,040 mg/g. The cumulative heavy metal content (sum of the Cd, Pb, Cu and Zn quantity) was highest in the samples where the hives and the feed area of the bees were next to main roads.

Keywords: honey, elemental analysis, atomic absorption spectrometry, voltammetry,

Kivonat

10 mézminta elemanalízisét végeztük el 7 elemre nézve. A minták közül 6 kereskedelmi forgalomból származott, 4 házi termelésű méz volt. A Na, Mg, K, mennyiségi meghatározásokhoz atomspektroszkópiát, a Cu, Pb, Cd, Zn mennyiségi meghatározásokhoz voltametriás módszert alkalmaztunk. A vizsgált mintákban mért legmagasabb értékek a következők voltak: Mg: 0,08 mg/g, K: 2,1 mg/g, Na: 1,1 mg/g. A minták nehézfém-koncentrációinak értékei a következő intervallumokban voltak: Zn: 0,02-0,08 mg/g, Cd: 0,002-0,038 mg/g, Cu: 0,001-0,020 mg/g, Pb: 0,001-0,040 mg/g. Az össz-nehézfém-tartalom (a mintában található Cd, Pb, Cu és Zn mennyiségének összege) azokban a mintákban volt a legnagyobb, amelyeknél a kaptárak és a méhek takarmányterületei főút közelében helyezkedtek el.

Kulcsszavak: méz, elemanalízis, lángfotometria, atomabszorpciós spektrometria, voltammetria

1. BEVEZETŐ

A méhek a virág nektárját [1] és más édes nedveket, mézharmatot [2] gyűjtenek össze majd saját szervezetükben mézzé alakítják és a lép sejtjeiben raktározzák. A méz alapvetően az invert cukor koncentrált vizes oldata, amely tartalmaz más szénhidrátokat is, enzimeket, aminosavakat, szerves savakat, ásványi és aromaanyagokat, viaszokat, pigmenteket és pollen szemcséket. Tartalmazza mindazokat az anyagokat is, amelyek a begyűjtés területére jellemzők [3]. Ezért a méz reprezentatív bioindikátor, mely segítségével vizsgálható a méhek takarmányterületén a levegő, víz, növények és a talaj szennyezettsége [4], [5]. A méz különféle fémeket tartalmazhat, mint Na, Ca, Mg, Cu, továbbá nyomelemeket, mint a Cr, Co, Mn, Zn, Fe amelyek nélkülözhetetlenek az élő szervezet számára de nagyobb mennyiségben fogyasztva toxikusak. A méz tarthatalmazhat nehézfémeket is, mint a Cd, Hg, Pb, amelyek az emberi szervezet számára már kis mennyiségben is toxikusak. Ezeknek jelenléte a mézben kevésbé vizsgált, szemben más veszélyes vegyületekkel, mint a peszticidek vagy antibiotikumok [6].

A fémek, nyomelemek, nehézfémek a növényi nektárból kerülhetnek a mézbe. A bányák és acélművek, ipari és városi területek vagy autópályák a méhek takarmányterületén vagy annak közelében növelhetik bizonyos nehézfémek felhalmozódását a mézben. Ugyanakkor magas nehézfém koncentrációt tükröz, a méz betakarítása, feldolgozása, előkészítése vagy tárolása során a nem megfelelő anyagok és eszközök alkalmazása, vagy a méhek farmakológiai kezelése. [7] A légkörben levő nehézfémek lerakódhatnak a méhek

szőrös testén és a virággal együtt eljuttatják azokat a kaptárba, valamint felszívódhatnak a nektárral is a virágokból, vagy a vízen és mézharmaton keresztül. [8]

A mézben a leggyakoribb fém a kálium, amely a teljes ásványianyag-tartalom 45-58%-át is kiteheti. A kálium és a foszfor nagyon fontos a méhcsalád normális növekedése szempontjából, magasabb koncentrációban ugyanakkor a felnőtt rovarok bénulását okozhatja. A magas cink tartalom a méhkolónia összeomlást zavaróhoz is vezethet, aminek következtében a munkáméhek a kaptárt védelem nélkül hagyják. Az embereknel azonban az átlagos cink és vas tartalom megfelel a napi szükségletünk 15%-ának. [9]

A méz összetétele nagy mértékben függ a virágforrástól, valamint számos külső tényezőtől is, mint a hőmérséklet, évszak, környezeti tényezők, a méhek fiziológiai állapotától, és a méz feldolgozásától. Kémiai szempontból a méz szénhidrátok, diszacharidok és más oligo- és poliszacharidok koncentrált oldata. Monoszacharidok közül a méz fő alkotóelemei a glükóz és fruktóz, melyek körülbelül 65%-ban, míg a diszacharidok (szacharóz és maltóz) 10-15%-ban vannak jelen. A méz 18%-ban vizet tartalmaz. A szacharóz mennyisége fontos mutató lehet a méz minőségét illetően, mivel a mennyisége felhasználható a mézminták hamisításának felderítésére. A magas szacharóz tartalom arra utalhat, hogy a mézhez olcsó édesítőszeret, mint például a nádcukrot vagy finomított répacukrot, szirupokat adtak hozzá a korai betakarítás során. [10]

A méz viszkozitás és savas természetű, pH-ja 3,2-4,5 között mozog. Savtartalma és a glükóz által előidézett inzulin termelés növekedése miatt étvágyjavító hatású. [11]

Munkánk során 10 mézmintának vizsgáltuk az elemösszetételét. A minták egy része Szilágymegyei termelőtől származott, a többi kereskedelmi forgalomból szereztük be.

A vizsgált fémek (Na, Mg, K, Cu, Pb, Cd, Zn) mennyiségi meghatározásokhoz atomspektroszkópiai, valamint voltammetriás módszereket alkalmaztunk.

2. MUNKAMENET

2.1. Felhasznált vegyszerek és műszerek

A kutatásunk során a Na, K, Mg mennyiségének meghatározására egy egyutas, moduláris HEATH EU-701 (Heath Co., Benton Harbor, MI, USA) típusú spektrofotométert használtunk. A porlasztó és a ködkamra AAS1 (Carl Zeiss Jena) típusú volt, a vájtkatódú lámpa Perkin-Elmer.

Az optikai jel detektálására egy HR4000CG UV-VIS-NIR mikrospektrométert használtunk. A spektrométer jellemző adatai a következők voltak: méréstartomány: 200-1100 nm, belépő rés: 50 µm, detektor: Toshiba CCD, pixelszám: 3648, FWHM ~ 1.5 nm. A bemenő jelet egy 25 cm hosszú (QP 600 µm) optikai kábellel vezettük a spektrométerbe (Ocean Optics, Dunedin, USA). Az optikai sugárzást egy 5 mm átmérőjű és 10 mm fókuszávolságú kolimátor kvarclencse segítségével vezettük be az optikai kábelbe. Az adatgyűjtéshez Spectrasuite programot használtunk (Ocean Optics), amely lehetővé tette az alapkorrekciót, jelátlagolást és a különböző integrálási idők alkalmazását (100 ms - 300 s).

A Cd, Pb, Cu, Zn koncentrációját stripping voltammetria segítségével határoztuk meg, 797VA Computrace (Metrohm AG, Herisau, Svájc) voltamétert használtunk, differenciál impulzus voltammetria üzemmódban.

A kísérletekhez pro analysis tisztaságú vegyszereket használtunk, amelyek a következők voltak: salétromsav, hidrogén-peroxid, perklorosav, puffer oldatok, 1000 ppm-es fémion kalibráló oldatok, kétszer desztillált víz.

2.2. A minták begyűjtése és feltárása

A mézminták Románia különböző részeiről származnak. A házi mézeket Szilágymegyéből, Diósd és Dësház területeiről szereztük be, méztermelőktől, a többi mézmintát különböző élelmiszerboltokból, valamint méhészeti üzletekből vásároltuk Zilah környékéről. A mintákat a felhasználásig sterilizált műanyag-pohárban tároltuk, hűvös helyen.

A minták beszerzési helye illetve típusa az 1. táblázatban van feltüntetve.

1. táblázat: A minták fajtái, származási helye

Minta sor-száma	A méz fajtája	Származási hely
1.	Vegyes virágos (főleg napraforgó)	Désháza-Szilágy megye (házi)
2.	Akác	Diósad-Szilágy megye (házi)
3.	Repce	Diósad-Szilágy megye (házi)
4.	Napraforgó	Com. Ion Roată-Ialomița megye (üzleti)
5.	Hárs	Désháza-Szilágy megye (házi)
6.	Málna	Jilava-Ilfov megye (üzleti)
7.	Homoktövis	Jilava-Ilfov megye (üzleti)
8.	Erdei	Com. Ion Roată-Ialomița megye (üzleti)
9.	Koriander	Com. Ion Roată-Ialomița megye (üzleti)
10.	Mézharmat	Balázsfalva-Fehér megye (üzleti)

A műszeres analitikai módszerek nagy többsége, különösen a szervetlen analízis, oldatokat igényel, ezért a mézmintákat fel kellett oldanunk. Az elemek meghatározásához fontos lépés a nagy mennyiségű szerves anyag roncsolása, mivel ezek fontos nyomelemeket tartalmaznak. A minta feltárására savas eljárást alkalmaztunk. Először a kimért mézhez 20 ml tömény salétromsavat öntöttünk majd homokfürdőn szinte szárazra pároltuk, ezután 20 ml H_2O_2 -ot adtunk hozzájuk. Miután a peroxid nagyrésze elpárolgott HClO_4 -t adagoltunk a mintához és ismét majdnem szárazra pároltuk. Ezután a mintákat 50 ml-s mérőlombikba öntöttük és jellegeltöltöttük desztillált vízzel. Ezután következett a szűrés majd a mérésig műanyag edényekben tároltuk.

3. EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

3.1. A mézminták alkáli és alkáliföldfém tartalma

Az alkáli és alkáliföldfémek közül a Na-, K- és Mg-tartalmat vizsgáltuk.

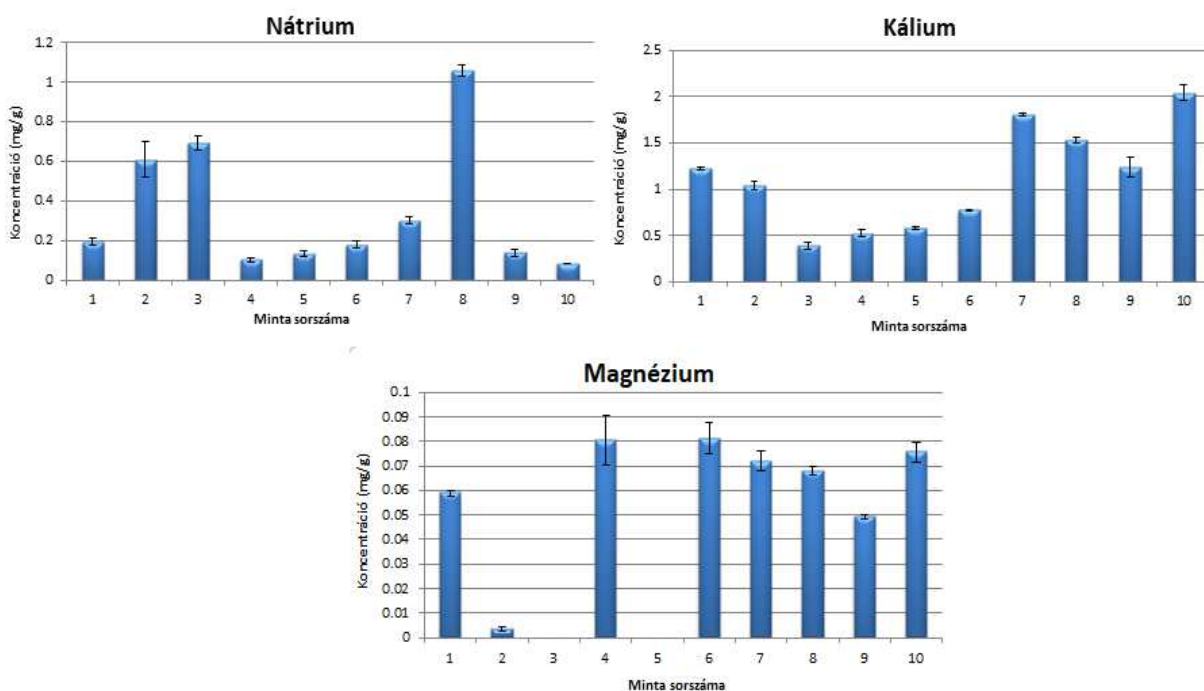
A Na és K elemek koncentrációjának meghatározását lángemissziós módszerrel a Mg-tartalom mérését lángatomabszorpciós eljárással végeztük. Az adott fémeket a következő hullámhosszon mértük, Na:589,4 nm, K:766,94 nm, Mg:285,2 nm

A kalibráláshoz a megfelelő fémion 1000 ppm-es oldatát használtuk fel, ebből készítettünk hígítást. A mérések kimutatási határát a vakpróba szórásából számoltuk ki. Minden mintát háromszor mértünk le annak érdekében hogy a relatív szórást megállapítsuk. A kapott analitikai teljesítményjelzőket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A mérések analitikai teljesítményjelzői

Fém	Kalibrálási görbe egyenlete	Kalibrálási görbe korrelációs együtthatója	Kimutatási határ (1 gramm mézre átszámolt)	Minták mérés során kapott átlag RSD %
Na	Intenzitás = $970,98c + 356,02$	$R^2 = 0,990$	7,5 µg/g	8,2
K	Intenzitás = $1490,9c + 449,73$	$R^2 = 0,994$	6 µg/g	4,5
Mg	Abszorbancia = $0,08c + 0,0526$	$R^2 = 0,992$	2,1 µg/g	7,6

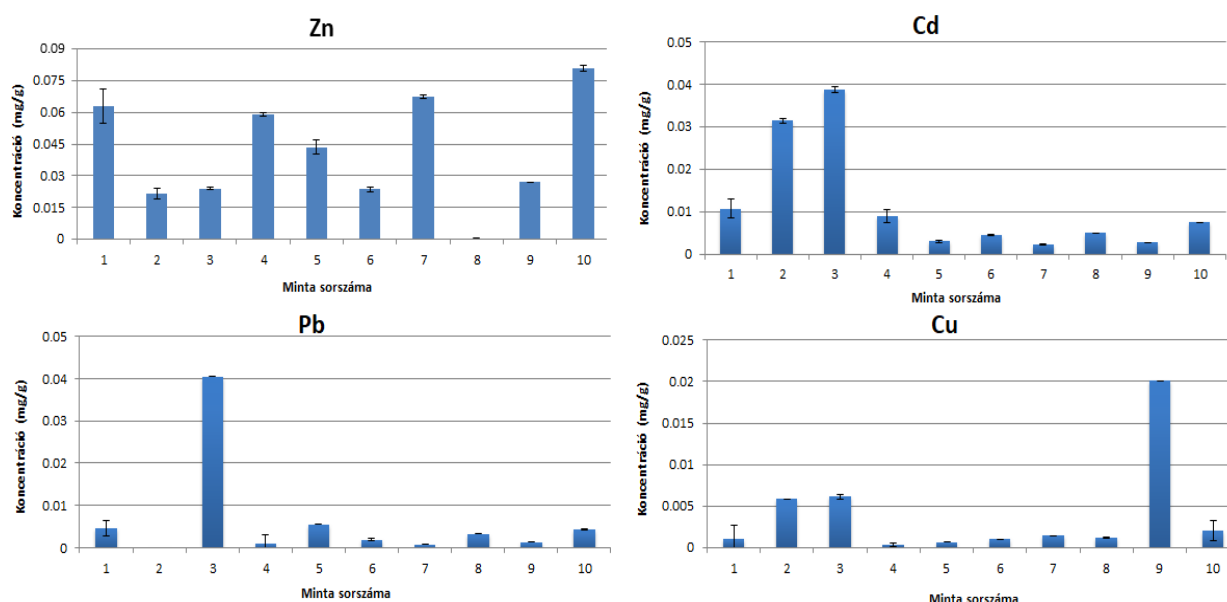
A minták mérése során kapott értékeket felhasználva kiszámoltuk hogy 1 gramm mézben hány gramm fém található. Az eredményeket a 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A mézminták Na, K és Mg-tartalma

3.2. A MÉZMINTÁK CINK, RÉZ, ÓLOM ÉS KADMINIUM-TARTALMA

A mézminták nehézfém-tartalmát stripping voltammetriás módszerrel határoztuk meg, a kalibrációt standard addíció segítségével végeztük el. Az elektrokémiai cella minden esetben 5 ml H₂O-t (kétszeresen desztillált), 5 ml puffert (4,5 pH) tartalmazott, ehhez adagoltunk 200 µl mintaoldatot, majd háromszor ugyanennyi 10 ppm-es multielemes standard oldatot. Minden egyes mintát háromszor mértünk le. Az alkalmazott módszer az alábbi kimutatási határokkal rendelkezik: Zn: 0,35 µg/g, Cd: 0,12 µg/g, Pb: 0,56 µg/g, Cu: 0,25 µg/g. A kapott eredményeket a 2. ábra mutatja be.



2. ábra. A méz minták Zn, Cd, Pb, Cu tartalma

3.3. Eredmények és kiértékelésük

A nátrium koncentráció a 2., 3. és 8. minták kivételével alacsonyabb értéket mutatott. A 2. és 3. minta mind házi mézből származott. A kereskedelmi forgalomban vásárolt minták közül csak a 8. Na-tartalma volt nagy.

A vizsgált fémek közül a kálium-tartalom bizonyult a legnagyobbak. Kimagaslóbb értékek a 7., 8., 9. és 10. minták esetén figyelhetők meg, melyek mind üzletben vásárolt mézből származtak (homoktövis-, erdei-, koriander- és mézharmat méz).

Az alkáliföldfémek közül a magnéziumot mutattuk ki. A koncentráció értékek itt többnyire alacsonyak, a 3. és 5. minták esetén a kimutatási határ alatt voltak. Mindkét minta házi mézből származik (repce- és hársmez).

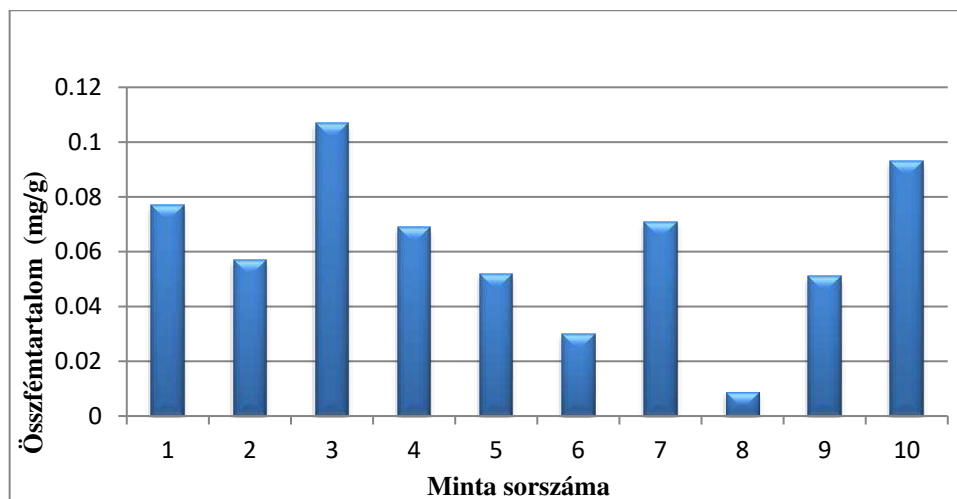
A minták cink koncentrációja 0,02-0,08 mg/g között váltakoztak. Magasabb értéket az 1., 7. és 10. minták esetén tapasztaltunk (vegyes virág-, homoktövis- és mézharmat méz). A 8. minta cink-tartalma a kimutatási határ alatt volt (üzletben vásárolt erdei méz).

Kadmium esetén mindegyik mintára meglehetősen alacsony koncentrációértékeket kaptunk, melyek 0,002-0,038 mg/g között váltakoztak. Kimagaslóbb értéket az 2. és 3. minta mutatott, melyek házi mézek (akác- és repceméz).

Az ólom tartalom is alacsony volt, 0,001– 0,01 mg/g koncentrációértékek között. A 3. mintában az ólomtartalom 0,04 mg/g-nak adódott.

A réz koncentrációk az előbbiekhöz hasonlóan alacsony értékeket mutattak, 0,001– 0,007 mg/g között váltakozva. A 9. mintában volt kimagaslóan nagy a réz-koncentráció, 0,02 mg/g.

Minden minta esetén számoltunk egy össz-nehézfém-tartalmat, összeadva a mintában található Cd, Pb, Cu és Zn mennyiségét. A kapott értékeket a 3. ábra mutatja be.



3.ábra. A mézminták össz-nehézfém-tartalma

Az 3. ábrán jól látható, hogy az 3. minta környezete a legszennyezettebb. Ez a minta Diósd (Szilágymegye) területéről származó házi repceméz. Valószínű, hogy azért szennyezettebb a minta, mert jobban ki van téve az antropogén hatásoknak. A kaptárak és a méhek takarmányterületei autópálya mellett találhatóak. A kipufogógázból, gumibroncsból, benzintől és olajokból származó szennyeződések következtében nehézfémek halmozódtak fel a mézben. A szintén Diósdra származó házi akácméz is viszonylag magas nehézfém-koncentrációt mutatott. Ebben az esetben a méhkaptárak a termelők kertjében helyezkednek el, közvetlenül a mellékút mellett, 6–7 méterre, valamint a főúttól 400 méterre, emiatt magas a mézminta szennyezettsége.

A többi házi mézminta esetén már jóval kisebb értékeket kaptunk, melyek Désháza területéről származnak, kevésbé szennyezett a környezetük, mivel a méhkaptárak nem állandó helyre vannak kihelyezve, hanem egy kamionban találhatóak, melyet a falu különböző területeire szoktak kihelyezni, az úttól távolabb eső pontokra.

Az üzletben vásárolt mézek között nem található kiugró érték, sőt sok esetben jobb eredményeket szolgáltatnak, mint a házilag készített mézek. Az Ilfov megyéből származó 6. és 7. minta, a homoktövis- és málna mézek esetén, a méhkaptárak közvetlenül egy napraforgóültetvény mellett helyezkednek el, nagy távolságban a főúttól. A szintén üzletben vásárolt mézek közül a 4., 8. és 9. minták (napraforgó-, erdei és koriander méz) származási helye Ialomița megyében található, ahol a méhészek kaptárjai egy nagyobb területű mezőn vannak elhelyezve, közelebb a főúthoz, viszont nem annyira, hogy káros szennyeződések tudjanak felhalmozódni a méhek takarmányterületén. A 10. minta Fehér megyéből származik, a méhkaptárak szintén az úttól távolabb esően vannak kihelyezve.

KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatásunk során 10 mézmintát vizsgáltunk. Savas feltárás után a fémeket (Na, K, Mg, Zn, Pb, Cd, Cu) atomspektroszkópiás illetve voltametriás eljárásokkal határoztuk meg. Az alkalmazott módszerek precizitása megfelelő volt (RSD minden esetben kisebb volt mint 10%-k). A kalibrálási görbék korrelációs együtthatója 0,99 értéknél nagyobb volt. A kalibrálási görbék meredekségéből arra lehet következtetni, hogy a mérések érzékenysége nagy volt. A kimutatási határok minden esetben kis értékek voltak.

A mézminták átlagosan 0,35 mg/g Na-t, 1,15 mg/g K-t, 0,18 mg/g Mg-ot, 0,041 mg/g Zn-et, 0,011 mg/g Cd-ot, 0,063 mg/g Pb-ot és 0,04 mg/g Cu-t tartalmaztak.

Egy adott méz elemtartalmának vizsgálatából lehet következtetni egy adott terület szennyezettségére, így ezek bioindikátoroknak is alkalmazhatóak.

A mézek fém-szennyezettségét vizsgálva arra a következtetésre lehet jutni hogy a boltban vásárolható mézek sok esetben kevesebb káros fémeket tartalmaznak.

El lehet mondani tehát, hogy a méhek takarmányterületei megválasztásakor, törekedni kell arra, hogy a lehető legtávolabb essenek azokról a helyektől, melyek jobban ki vannak téve a szennyeződéseknek. A mézben levő nyomelemek ugyanakkor segíthetnek a környezeti minőség megbecslésében, ezáltal a méztermelők felmérhetik az esetleges problémákat és kiküszöbölhetik azokat. A mérések során összességében két kiugróbb értéken kívül, minden minta esetén elfogadható értékeket találtunk, mind a házi, mind a bolti mézek esetén.

BIBLIOGRÁFIA

- [1] Pawel Pohl, Anna Dzimitrowicz, Krzysztof Greda, Piotr Jamroz, Anna Lesniewicz, Anna Szymczycha-Madeja, Maja Welna, Element analysis of bee-collected pollen and bee bread by atomic and mass spectrometry-Methodological development in addition to environmental and nutritional aspects, *Trends in Analytical Chemistry*, 2020, Volume 128, 115922
- [2] Vesna Vasić, Sladana Đurđić, Tomislav Tosti, Aleksandra Radoičić, Dražen Lušuć, Dušanka Milojković-Opse-nica, Živoslav Tešić, Jelena Trifković, Two aspects of honeydew honey authenticity: Application of advance ana-lytical methods and chemometrics, *Food Chemistry*, 2020, Volume 305, 125457
- [3] Zsófi Sajtos, Petra Herman, Sándor Harangi, Edina Baranyai, Elemental analysis of Hungarian honey samples and bee products by MP-AES method, *Microchemical Journal*, 2019, Volume 149, 103968
- [6] M. Tuzen, S.Silici, D.Mendil, M. Soyak, Trace element levels in honeys from different regions of Turkey, *Food Chemistry*, 2007, Volume 103, 325-330
- [4] Md. Solayman, Md.Asiful Islam, Sudip Paul, Yousuf Ali, Md. Ibrahim Khalil, Nadia Alam, Siew Hua Gan, Phy-sicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Compre-hensive Review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2015, Volume 15, 219-233
- [5] Stefania Squadrone, Paola Brizio, Caterina Stella, Sabina Pederiva, Fulvio Brusa, Paola Mogliotti, Annalisa Gar-rone, Maria Cesarina Abete, *Trace and rare earth elements in monofloral and multifloral honeys from Northwes-tern Italy; A first attempt of characterization by a multi-elemental profile*, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2020, Volume 61, 126556
- [7] Pawel Pohl, Aleksandra Bielawska-Pohl, Anna Dzimitrowicz, Piotr Jamroz, Maja Welna, Anna Lesniewicz, Anna Szymczycha-Madeja, Recent achievements in element analysis of bee honeys by atomic and mass spectrometry methods, *Trends in Analytical Chemistry*, 2017, Volume 93, 67-77
- [8] Oana Ciobanu, Hortensia Rădulescu, Monitoring of heavy metals residues in honey, *Research Journal of Agricul-tural Science*, 2016, Volume 48, 9-1
- [9] Aleksandar Ž. Kostić, Mirjana B. Pešić, Mirjana D. Mosić, Biljana P. Dojčinović, Maja M. Natić, Jelena Đ. Trif-ković, Mineral content of bee pollen from Serbia, *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 2015, Volume 66, 251-258
- [10] Musa Özcan, Derya Arslan, Durmuş Ali Ceylan, *Effect of inverted saccharose on some properties of honey*, *Food Chemistry*, 2006, Volume 99, 24-29
- [11] Kasperné Szél Zsuzsanna, *A selyemkóróméz kémiai vizsgálata és összehasonlítása az akácmézzel*, Budapesti Cor-vinus Egyetem Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék, Élelmiszer-tudományi Doktori Iskola, Buda-pest, 2006

Talajtömörítés IMPACT technológiával

Soil compaction with IMPACT technology

drd. FÜLÖP Balázs – Csaba¹, prof. KÖLLŐ Gábor²

¹S.C. Inreco Remix S.r.l.,
Str. Mureseni, Nr. 50, Marosvásárhely, Maros megye,
www.inreco.ro,

²Kolozsvári Műszaki Egyetem (UTC-N),
str. Memorandumui, nr. 28, Kolozsvár, Kolozs megye, www.utcluj.ro

Abstract

The load from every building, bridge, road and railroad is transmitted in direct or indirect way into the deeper earth layers, through the earthwork. Whenever a structure is damaged, the quality of earthwork is checked first and in many cases the cause is found in it. This is when the question always arises: "Why did it happen? Who is to blame? What should have been done differently?". The answers we can find in Karl von Terzaghi's words: "The one thing an engineer should be afraid of is the development of conditions on the job which he has not anticipated. The construction drawings are no more than a wish dream. I have the impression that the great majority of dam failures were due to negligent construction and not to faulty design."

Key words: compaction, compacting, verification, impactor

Kivonat

Minden egyes épület, híd, út és vasút tömegéből eredő terhelés közvetett vagy közvetlen módon, de végül egy földművön keresztül jut át a föld mélyebb rétegeibe. Valahányszor egy szerkezet megsérül, legelőször a földmű állapotát ellenőrzik és nagyon sok esetben ebben is találják meg a kiváltó okot. Ilyenkor mindig felmerül a kérdés: „Miért történt? Ki a hibás? Mit kellett volna másként tenni?”. A választ megtaláljuk Karl von Terzaghi szavaiban: „The one thing an engineer should be afraid of is the development of conditions on the job which he has not anticipated. The construction drawings are no more than a wish dream. I have the impression that the great majority of dam failures were due to negligent construction and not to faulty design.”, miszerint a kiváltó ok a legtöbb esetben nem a tervezésben, hanem a kivitelezésben keresendő.

Kulcsszavak: tömörség, tömörítés, ellenőrzés, impactor

1. TÖMÖRSÉG

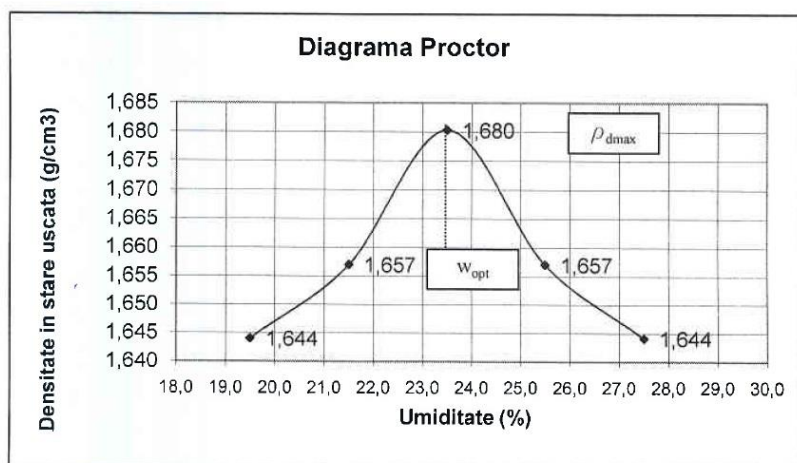
A tömörödés az a fizikai folyamat, amely során mechanikai munka hatására az anyag szilárd összetevői újra rendeződnek, csökkentve az anyag porozitását és ezáltal egységnyi tömegű anyagnak a térfogatát. Más szóval, a tömörítés hatására megnövekszik az anyag sűrűsége. Ebből a gondolatmenetből kiindulva, a tömörség ellenőrzésére a legjobb módszer a sűrűség változásának a követése.

A tömörség növekedésének következménye az anyag mechanikai ellenállóképességének a növekedése és a vízáteresztő képességének a csökkenése. Vannak tömörség vizsgálatok, amelyek az anyag mechanikai ellenállásának mérésére alapoznak. Fontos megjegyezni, hogy az anyag tömörsége nagyban befolyásolja a teherbírást, de nem írja le annak valós értékét, így minősítésére célszerű külön teherbírás mérést végezni.

A tömörség mérésére a következő módszerek vannak használatban hazánkban:

1.1. Proctor vizsgálat

Proctor vizsgálat [11] során követni lehet az anyag sűrűség változását a víztartalom függvényében. A próba sorozatban növekvő víztartalom mellett azonos mechanikai munkával tömörítik a próba testeket, majd egy Gauss görbén ábrázolják az eredményeket. A görbe csúcsán található az optimális tömörödési víztartalom (w_{opt}) hatására kialakult maximális sűrűség száraz állapotban ($\rho^{d,max}$).



CARACTERISTICI DE COMPACTARE	SIMBOL	VALOARE
Umiditatea optimă în domeniul umed	w_{opt}	23,50%
Densitatea în stare uscată maximă în domeniul umed	ρ_{dmax}	1,680 g/cm ³

1. ábra

Tömörítési jellemzők ábrázolása egy Proctor görbén: száraz térfogatsűrűség, víztartalom

A beépített anyag tömörségének a megállapításához [12] szükséges a beépített anyag sűrűségének a lemérése. Ehhez a vizsgálandó réteg teljes vastagságából mintát vesznek és megméri mérlegen (m), a minta térfogatát (V) vízzel vagy homokkal helyettesítve mérik le. Innen a beépített anyag sűrűsége $\rho^d = m/V$.

A laboratóriumban végzett Proctor vizsgálat eredményét tekintjük 100%-nak. A réteg tömörsége a Proctor vizsgálat eredményéhez viszonyított arány szám, százalékban kifejezve: $D = (\rho^d / \rho^{d,max}) * 100$ (%).



2. ábra

Tömörség mérés talajjavítás után: NTN Csarnok, Szeben, Szeben megye

1.2. Könnyű ejtősúlyos tárcsa

Dinamikus tárcsás teherbírás vagy könnyű ejtősúlyos teherbírás (LWD – Light Weight Deflectometer) esetén [18] egy dinamikus erő hatására mért elmozdulást mérnek. A kapott adatokat (E_{VD}) felhasználhatjuk teherbírás mérésére (MN/m^2) és a tömörség kiszámítására. Európa nagy részén széles körben használják úgy teherbírás, mint tömörség mérésére, úgy szemcsés, mint kötött talajok esetén, de nem javasolt stabilizált talajok vizsgálatára, főleg miután a kötési folyamat megindult. Romániában ez a mérési módszer a földmunkák [1] belső ellenőrzéshez elfogadják, kapunk hozzá iránymutatást és határértékeket, de nincs szabványosítva.



3. ábra
LWD teszt: DJ 693, Temes megye

1.3. Statikus tárcsa

Statikus tárcsás teherbírás [4] [17] vagy Lucas tárcsás teherbírás esetén egy statikus, több lépcsős erő terhelés hatására mért elmozdulást mérnek. A második terhelésből (E_{v2}) kapott adatokból kiszámítható teherbírás (MPa vagy N/mm^2) és a két terhelés adataiból következtethetünk egy valószínű tömörségre. Ezt tömörödési tényezőnek [1] hívjuk (E_{v2}/E_{v1}).

Pământuri coezive		Pământuri necoezive	
Gradul de compactare D (%)	Raportul E_{v2}/E_{v1}	Gradul de compactare D (%)	Raportul E_{v2}/E_{v1}
>100 %	<2.3	>100 %	<2.3
>97 %	<2.5	>98 %	<2.5
>95 %	<2.6	>97 %	<2.6

4. ábra
AND 530 – tömörödési tényező (E_{v2}/E_{v1}) és tömörödési fok (D%) kapcsolata szemcsés és kötött talajok esetén

A tömörödési tényezőt nem tekinthetjük egyértelmű eredménynek a tömörség meghatározására. Értelmezése tapasztalatot igényel és nehéz számszerűsíteni. Mivel a dinamikus tárcsával ellentétben, a statikus tárcsás mérés szabványosított hazánkban [13], a tervezési fázisban az elérendő teherbírást gyakran az E_{v2} értékében határozzák meg és vele együtt a tömörödési tényezőt $E_{v2}/E_{v1} < 2$ -ben. A realitás azt mutatja, hogy ez az érték csak zúzott kő és CKT esetén garantálható optimális körülmények között, míg a talajok esetén a fenti táblázatban is leírt 2,3 érték a várható, de előfordulhat cementes és meszes talajstabilizáció esetén a $E_{v2}/E_{v1} < 2$ eredmény.



5. ábra

Lucas teszt: Kaufland Brassó, Brassó megye

Továbbá fontosnak tartom megjegyezni, hogy a fenti mérések és a tömörség közti relációk hiányosak és nehezen értelmezhetők. Ugyanakkor a statikus és a dinamikus tárcsás mérések [1] közötti összefüggésre van egy megközelítő képlet, ami nagy szórást eredményez $E_{v2}/E_{vD}=(1-4)$. Elméletileg lehetségessé teszi a tárcsás teherbírás kiváltását, de gyakorlatilag nagy valószínűséggel újabb téves eredményekhez vezet.

$$E_{v2} \approx 600 \times \ln \frac{300}{300 - E_{vD}}$$

2. TÖMÖRÍTÉSI MÓDSZEREK

A helyes tömörítési módszer [6] kiválasztásához szükséges előzetesen meghatározni a tömörítendő anyag típusát és a tömörítendő réteg vastagságát/mélységét.

Statikus tömörítés során a tömörödéshez csak a gép saját súlya járul hozzá, ami a kerekek felületén adódik át. Legtöbb esetben gumikerekekkel szerelt henger vagy juh lábas vaspalástú henger.



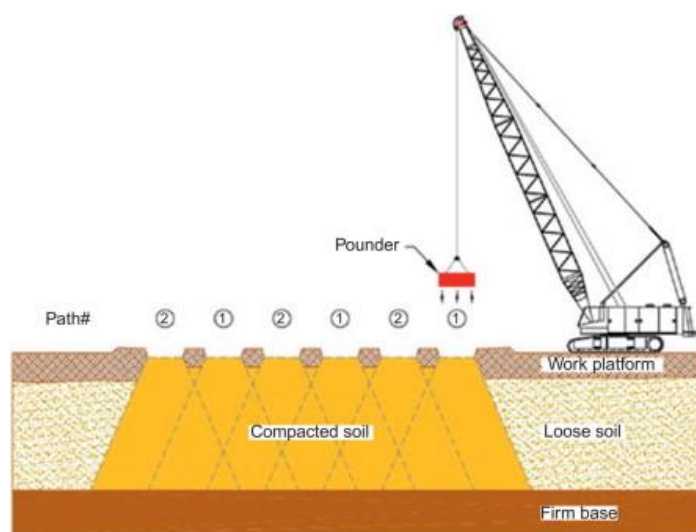
6. ábra

Szemcsés anyag statikus tömörítése gumihengerrel: DJ693, Temes megye

Dinamikus tömörítés során a tömörödéshez együttesen járul hozzá a gép saját súlya és egy mozgási energia. Annak függvényében, hogy a tömörítendő réteg hol helyezkedik el, beszélhetünk felszíni és mély tömörítésről.

2.1. Mélytömörítés

Dinamikus mélytömörítés esetén egy beton és acélból álló, mérettől függően 6-40 tonna tömegű súlyt engednek szabadon esni 10-30 méter magasságból. Ezen módszer javasolt azoknak a homokos és lösszőid altalajoknak melynek vastagsága minimum 2-3 m, de a gép méreteinek függvényében lehet akár 6-8 méter is.



7. ábra

Dinamikus mélytömörítés: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/dynamic-compaction>

2.2. Felületi tömörítés

Felületi dinamikus tömörítés esetén a célgép rendelkezik egy vibráló szerkezettel. A súlyok szabad- esése helyett az általa keltett vibrációkkal járul hozzá a folyamathoz. Az előző gépekhez képest tömegük kisebb: 100 – 25.000 kg, ahogy az általuk tömörített vastagság is: ~50cm. Ebből az okból kifolyólag nem javasolják a szabványok [1] [3] a 30 cm-nél vastagabb rétegek betöltését/ tömörítést.



8. ábra

Dinamikus felszíni tömörítés: WDP Ștefănești de Jos, Ilfov megye

Saját tapasztalataink alapján, az optimális tömörség eléréséhez a henger méretének megválasztásakor a következőket érdemes tartani:

- kötött talajok: 500 kg/cm
- szemcsés anyagok: 500 kg/cm

2.3. Impact technológia

Az Impact technológia felszíni és a mélytömörítés közti rést hivatott kitölteni, azaz 50-200 cm közti rétegek tömörítésére képes. A szerkezet a vontatott hengerek csoportjába tartozik [5]. Működési elve ugyan-csak az előbbi két technológia keveréke. A vontatott eszköz egy forgó szögletes test valamely élével üti meg a felületet. Ez lehet három, négy vagy öt oldalú.



9. ábra

Impactor 2000 típusú vontatott impact henger: <http://www.impactor2000.com/>

A dinamikus hengereknél látott vibráló szerkezet helyett, egy a szabadesést felgyorsító rugós szerkezet segíti növelni a becsapódási energiát. Mivel az ütések frekvenciája és amplitúdója a két korábbi technológiában tapasztaltak közé esik, úgy az általa kifejtett hatás is ezen kettő közé esik.

Munka stílusa a felületi tömörítéshez hasonló, mozgás közben végzi az energia átadást. Ugyanakkor a hatása a mélytömörítésre hasonlít inkább, nagy energiát ad át viszonylag kis felületen. Ennek következtében pontszerű süllyedések következnek be és mivel többszöri átmenet szükséges előfordulhat, hogy a folytatás előtt ki kell egyenlíteni a felületet. Vannak modellek, amelyek gyárilag fel vannak szerelve a henger mögött egy profilozó vágólappal, a munkák felgyorsításának érdekében.

3. ESETTANULMÁNY: ATERM CSARNOK, MEDGYES, SZEBEN MEGYE

3.1. Előzmények

A munkaterület Medgyes településen, Szeben megyében található. Az eredeti természetes talajszint megközelítőleg 2,5 - 6 méter mélyen volt a mellette található út aszfalt szintjétől. Ezt a területet három éven keresztül építési hulladék lerakónak használták, így közel az aszfalt szintjéig töltötték a területet. Ez a folyamat megközelítőleg három évig tartott és nem alkalmaztak semmilyen tömörítést. Az így kialakult földmű egy minimális természetes konszolidáción esett át, amelynek teherbírása elhanyagolható.

cote foraj x [-1] raportate la cota teren natural =0,00m			Grosimea stratului	Adâncimea apei subterane (NA-Nivelul apei, NH-Nivel Hidrostatic la data executării)	Simbol	Litologie	Descrierea Stratului	Proba	Granulozitate ISO 14688 1-2-2018							Limite Atterberg				Caracteristici de stare				Caracteristici Mecanice			
Nr. Probă / Sample No.	Adâncime Probă	Argilă< 0,002 mm	Praf 0,002-0,063 mm	Nisip 0,063-2,00 mm				Pietriș 2-63 mm	Bolovani 63-200 mm	Umiditate naturală (W)	Limita de lichiditate(WL)	Limita inferioară de plasticitate(Wp)	Indice de plasticitate (Ip)	Indice de consistență (Ic)	Greutate volumică naturală (γe)	Greutate volumică uscată (γd)	Porozitate(n)	Indicele porilor (e)	Grad de umiditate (Sr)	Modulul edometric (M 200-300)	Tare specifică la 2daN/cm² (Ep200)	Unghi de frecare sp. φk	Coeziune ck	Presiunea convențională de bază (Np 112-2014)			
(m)	(m)	(m)						m	%	%	%	%	%	%	%	%	kN/m³	kN/m³	%	-	kPa	%	°	kPa	kPa		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
4,00	4,00			UMPLUTURĂ (material argilos nisipos cu pietris, resturi mat.construcție)																							
5,00					S1	5,00	11	45	44	0	0	26,24	34,80	16,76	18,04	0,47	18,19	14,41	44,98	0,818	0,556	4500	6,24				
7,00	3,30			Praf nisipos cafeniu deschis-gălbui cu nivele argiloase de consistență scăzută, moale	S2	7,00	12	51	37	0	0	26,02	36,47	15,81	20,66	0,51	18,39	14,59	44,30	0,795	0,874	5200	5,92	9		130 - 150	
7,30																											
7,80				Nisip prăfos-argilos, cenușiu																							
9,00	2,40			Pietriș cu nisip grosier, cenușiu, mediu îndesat	S3	9,00	2	21	38	41	0	8,79								0,593	0,393					300	
9,70																											
11,00	2,30			Argilă prăfoasă- nisipoasă cenușie, cu aspect mălos, moale/ consistentă	S4	11,0	21	58	21	0	0	24,02	38,43	13,05	26,38	0,58	18,33	14,78	43,99	0,785	0,823	6600	5,38	9		130-150	
12,00				Nisip argilos cenușiu, umed, moale/ consistent	S5	12,0	12	24	64	0	0	17,55	24,31	11,21	13,16	0,52	17,88	15,19	42,01	0,724	0,645						
Obs.: Zona forajului F8= paleorelief cu teren slab consolidat, înmuiat cu capacitate portantă scăzută																											

Obs.: Zona forajului F8= paleorelief cu teren slab consolidat, înmuiat cu capacitate portantă scăzută

10. ábra

ATERM csarnok, Medgyes, Szegen megye - Tala vizsgálat fúrt mintavételből: természetes talajszinthez viszonyított fúrési mélység, réteg vastagsága, talajvíz szintje, réteg leírás (kavics, homok, agyag, iszap), természetes víztartalom, plasztikus index

A földmunkálatokat egy közel 1-1,5 méter vastag réteg eltávolításával kezdődött, kialakítva ezzel a földmű felső szintjét. Ezt a felületet dinamikus felszíni módszerrel tömörítették egy 16 tonnás kombi-vibro hengerrel.

3.2. Elvárások, munkavégzés, eredmények

3.2.1. Elvárások

Tervezési fázisban a legelső és csaknem a lefontosabb feladat az alapozás megtervezése. Ez a földmű a geotechnikai szabványok alapján gyengének számít alapozáshoz, így cölöp alapokat terveztek az épületnek. A gond az úthálózat és az épület padlólemezének lehetséges süllyedésében van.

Tekintve, hogy a földmű nem homogén, a benne található nagyobb beton darabok miatt penetrációs vizsgálattal a teherbírás nem volt megállapítható. A padlólemez szerkezete alatti földmű teherbírását $E_{v2} \geq 45$ MPa-ban határozták meg. A tömörítési folyamat befejeztével, ahol szemcsés anyagból volt a töltés, ott nagyrészt megközelítették a mérési eredmények az elvárt értékeket, a felületen magas agyag tartalmú zónák messze elmaradtak. További gondot jelentett, hogy az egyetlen rétegvastagság és nem homogén rétegek süllyedési mértéke nem előre látható.

Client: SC ATERM SRL	Nr. Contract:
Date de identificare: Medias, Sos. Sibiu nr. 48	Nr. Comandă: 463/17.08.2021
Locul și poziția recoltării: P2	Nr. probei: 2021/01/2763/G.T.F.
Denumirea lucrării: Construire Hala Aterm - Medias	
Tipul materialului: Umplutura (pietris, pamant, praf, caramida)	
Utilizarea rezultatelor: verificarea capacității portante	
Documente ce au legătură cu prezentul raport de încercare:	Data prelevării probei: -
Foile de prelevare de probe nr.: -	Data sosirii probei: -
Foi de încercări nr.: 2021/01/2763/G.T.F.01.21.F.I.	Data efectuării încercării: 17.08.2021

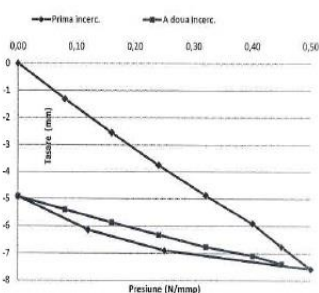
Rezultate obținute:

Grad de compactare < 96%

Nr. Crt.	Presiune N/mm ²	Tasare mm
1	0,00	0,00
2	0,08	1,31
3	0,16	2,55
4	0,24	3,76
5	0,32	4,88
6	0,40	5,91
7	0,45	6,76
8	0,50	7,58
9	0,25	6,90
10	0,12	6,14
1	0,00	4,93
2	0,08	5,40
3	0,16	5,87
4	0,24	6,32
5	0,32	6,76
6	0,40	7,09
7	0,45	7,39

Tasare maxima	mm
S1	7,58
S2	7,39

Modul de deformatie linară	N/mm ²
E1	15,4
E2	41,4
E ₂ /E ₁	2,69



Observatii:

Valorile E1 și E2 au fost calculate după DIN 18134.

Client: SC ATERM SRL	Nr. Contract:
Date de identificare: Medias, Sos. Sibiu nr. 48	Nr. Comandă: 463/17.08.2021
Locul și poziția recoltării: P9	Nr. probei: 2021/01/2763/G.T.F.
Denumirea lucrării: Construire Hala Aterm - Medias	
Tipul materialului: Umplutura (pietris, pamant, praf, caramida)	
Utilizarea rezultatelor: verificarea capacității portante	
Documente ce au legătură cu prezentul raport de încercare:	Data prelevării probei: -
Foile de prelevare de probe nr.: -	Data sosirii probei: -
Foi de încercări nr.: 2021/01/2763/G.T.F.01.21.F.I.	Data efectuării încercării: 17.08.2021

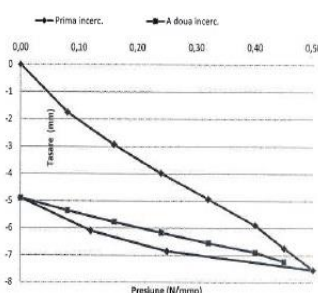
Rezultate obținute:

Grad de compactare < 96%

Nr. Crt.	Presiune N/mm ²	Tasare mm
1	0,00	0,00
2	0,08	1,75
3	0,16	2,93
4	0,24	3,98
5	0,32	4,93
6	0,40	5,89
7	0,45	6,73
8	0,50	7,53
9	0,25	6,85
10	0,12	6,10
1	0,00	4,89
2	0,08	5,35
3	0,16	5,77
4	0,24	6,17
5	0,32	6,54
6	0,40	6,89
7	0,45	7,22

Tasare maxima	mm
S1	7,53
S2	7,22

Modul de deformatie linară	N/mm ²
E1	17,0
E2	44,7
E ₂ /E ₁	2,62



Observatii:

Valorile E1 și E2 au fost calculate după DIN 18134.

11. ábra

ATERM csarnok, Medgyes, Szegen megye

Statikus tárcsával mért teherbírás: nyomás, süllyedés, lineáris deformáció modulus

Elvárásként a következők fogalmazódtak meg:

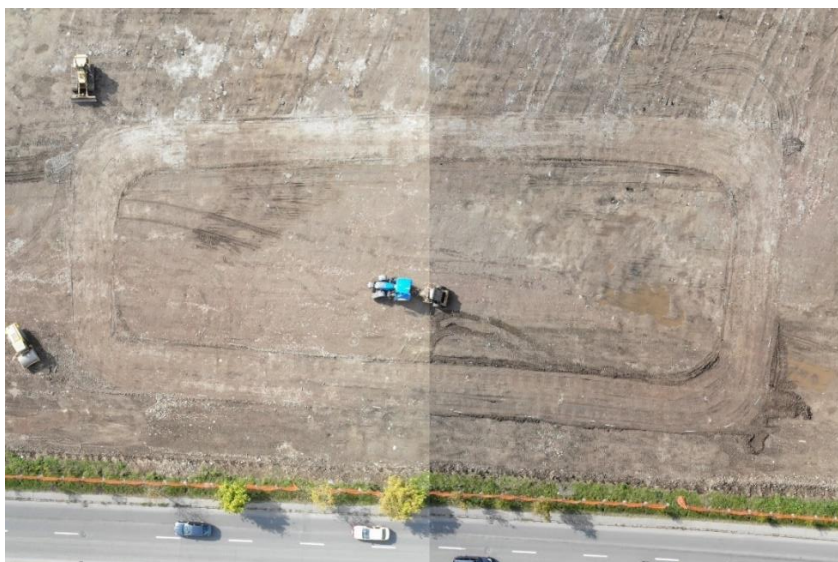
1. általánosan el kellett érni az $E_{v2} \geq 45$ MPa értéket
2. minimálisra csökkenteni a későbbi süllyedés esélyét
3. megtalálni és kijelölni azon területeket a földműből amit feltétlenül szükséges kicserélni

3.2.2. Munkavégzés

A munkavégzés első szakaszában indokolt egy próbaszakasz építése annak érdekében, hogy meg lehessen állapítani a szükséges menetek számát. Ennek érdekében egy ellipszis alakú pályát alakítottunk ki úgy, hogy az egyik fele a szemcsés anyagon míg másik fele az agyagos területen feküdjön. Ahhoz, hogy a felület minden pontját ütés érje, minimum 3 hengerjárt szükséges. Többszöri próba után, a minimum szükséges hengerjárt számot 5-ben állapítottuk meg.

Amint az Impactor végzett a szükséges számú járattal, az így egyenletlenné vált felületet buldózerrel egyenesre simítottuk, ügyelve arra, hogy csak a próbaszakasz területéről ne hordjon ki anyagot. Az így lazává vált felületet földmunka hengerrel újra tömörítettük.

A próba szakasz felületét és a tengerszinthez mért magasságát, a geodéták felmérték GPS segítségével és összetett drón felvételeket készítettek úgy tömörítés előtt mint a tömörítés után. Fotogrammetriával követni lehet a szint változásokat, a méréseket egymásra helyezve meghatározhatjuk süllyedés mértékét. A méréseket a SC. MTC Real Consulting S.r.l. hajtotta végre az INRECO Remix S.r.l. megrendelésére. A mérésekhez egy GNSS Hi-Target V90 jelző készüléket és egy DJI Mavic 2 Enterprise Dual típusú drónt használtak.



12. ábra

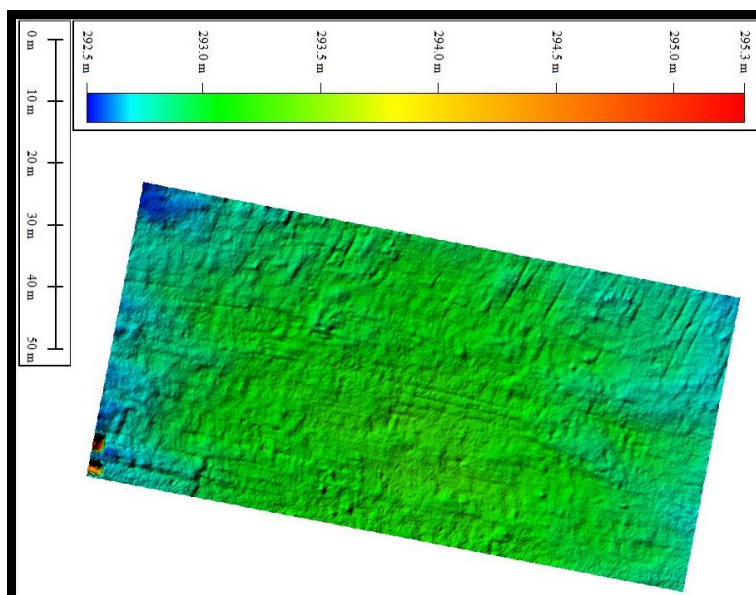
Próbaszakasz felülnézetből: ATERM csarnok, Medgyes, Szeged megye

Első szakaszban, a GNSS technológiával pontokat vettek fel a próbaszakasznak kijelölt területen, tömörítés előtt. Ezt követően légifelvételeket készítettek a drón segítségével a talajszint feletti 80 m magasságból.

Név	N	E	Z
pt1	518157.7475	448145.0329	292.301
pt2	518156.4105	448151.1305	292.2711
pt3	518156.9111	448156.3255	292.2883
pt4	518161.7037	448162.0438	292.3356
pt5	518174.3125	448165.1136	292.3121
pt6	518193.5915	448169.6518	292.4438
pt7	518212.3943	448173.3729	292.4085
pt8	518226.5859	448176.4235	292.403
pt9	518232.5454	448173.1873	292.3572
pt10	518236.0909	448165.2561	292.3941
pt11	518238.8985	448154.0711	292.3069
pt13	518236.86	448148.6324	292.4347
pt14	518227.6422	448143.2588	292.3513
pt15	518213.3085	448140.6841	292.4237
pt16	518197.8592	448138.8127	292.4512
pt17	518181.8066	448136.8136	292.3996
pt18	518168.5207	448135.1525	292.4241
pt19	518160.2779	448138.7167	292.409

13. ábra

Első szakaszban készített felmérés: ATERM csarnok, Medgyes, Szeged megye



14. ábra

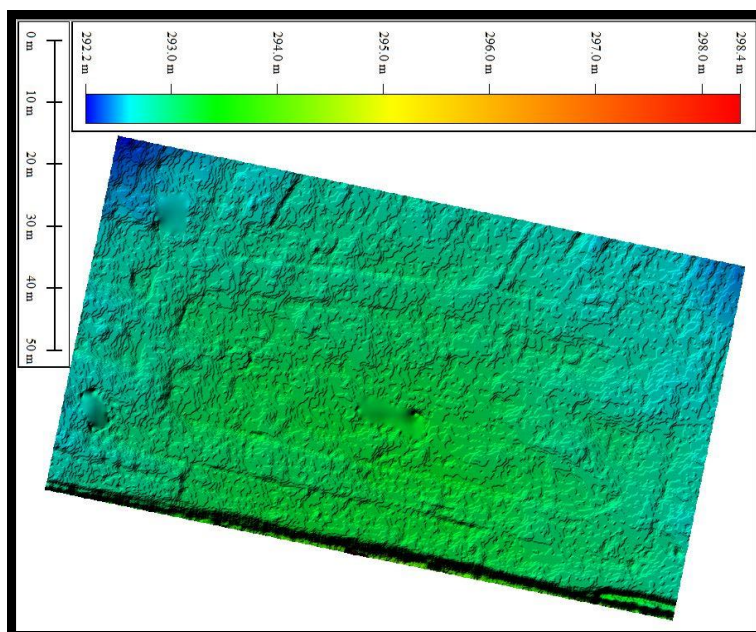
Első szakasz légi felvétele digitális 3D modellje: ATERM csarnok, Medgyes, Széchenyi megye

Második szakaszban a tömörítést követően, a GNSS technológiával újra felmérték a próbaszakasz területét, ügyelve arra, hogy az újonnan felvett pontok pontosan az előzőleg felvett pontok helyén legyenek. Ezt követően légifelvételeket készítettek a drón segítségével a talajszint feletti 80 m magasságból, az előző felvételekkel megegyező körülmények közt.

Név	N	E	Z
100	518157.7366	448145.0456	292.287
101	518156.3836	448151.1697	292.2021
102	518156.9496	448156.3782	292.2453
103	518161.7126	448162.0478	292.3016
104	518174.2801	448165.1427	292.2361
105	518193.5794	448169.6114	292.3688
106	518212.3483	448173.3698	292.3995
107	518226.5397	448176.4171	292.372
108	518232.5565	448173.2395	292.3322
109	518236.0958	448165.2672	292.3891
110	518238.9005	448154.0844	292.2899
111	518236.9204	448148.6386	292.3897
112	518227.6301	448143.2415	292.3133
113	518213.3084	448140.6502	292.3817
114	518197.8495	448138.7753	292.3482
115	518181.7967	448136.8138	292.3466
116	518168.4618	448135.1491	292.3121
117	518160.2417	448138.72	292.323

15. ábra

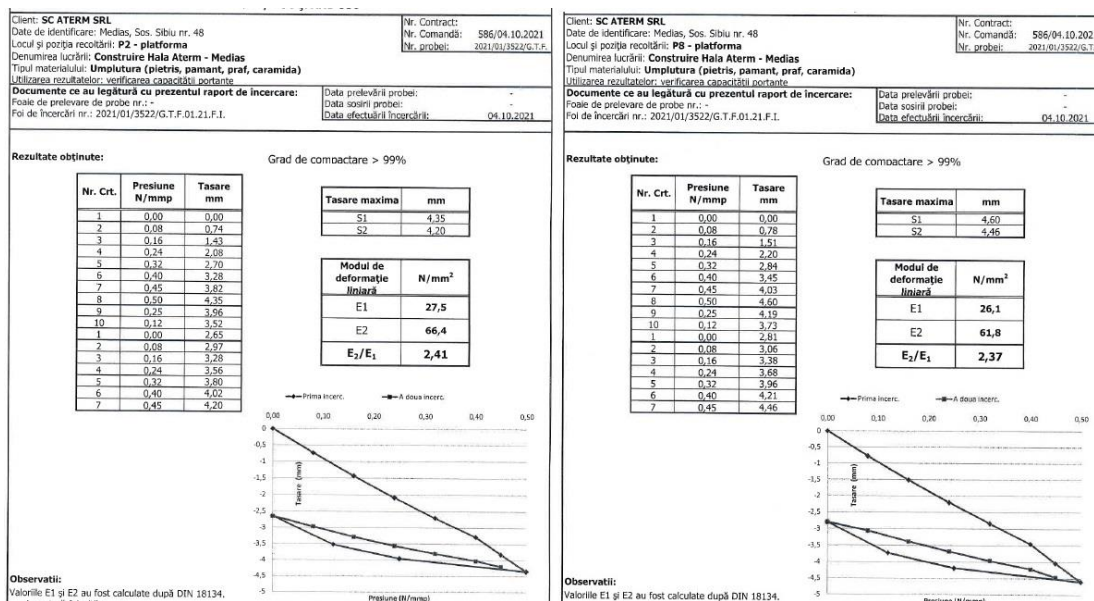
Második szakaszban készített felmérés: ATERM csarnok, Medgyes, Széchenyi megye



16. ábra

Második szakasz légi felvétele digitális 3D modellje: ATERM csarnok, Medgyes, Széchenyi megye

A próbaszakasz építése a labormérésekkel ért véget. Ellenőrizve lett a tömörség és a teherbírás statikus tárcsás (Lucas) mérésel. Annak érdekében, hogy a változások minél inkább nyomon követhetőek legyenek, próbáltuk a méréseket a korábbi mérések közelében végezni. Mivel a töltés nem homogén és nagyobb beton elemeket is tartalmaz, nem sikerült sem a tömörítés előtt sem utána penetrációs vizsgálatot végezni.



17. ábra

ATERM csarnok, Medgyes, Széchenyi megye

– Statikus tárcsával mért teherbírás: nyomás, süllyedés, lineáris deformáció modulusz

3.2.3. Eredmények

Amint a labor visszaigazolja, hogy az eredmények megfelelnek az elvárásoknak, a munkálatok folytathatók a teljes felületen. A munkálatok előre haladtával folytatódhatnak a labor mérések is. A teljes felületet megvizsgálva a következő eredményeket kaptuk:

- sikerült elérni az $E_{v2} \geq 45$ MPa értéket mindenhol, ahol a töltés szemcsés anyagból készült és vele együtt az $E_{v2}/E_{v1} < 2,5$ tömörödési tényezőt is
- az agyagos területek elvesztik a stabilitásukat a nagy energiájú vibrációk hatására, ezáltal jól behatárolható az a terület, ahol kötelező módon ki kell cserélni a töltést

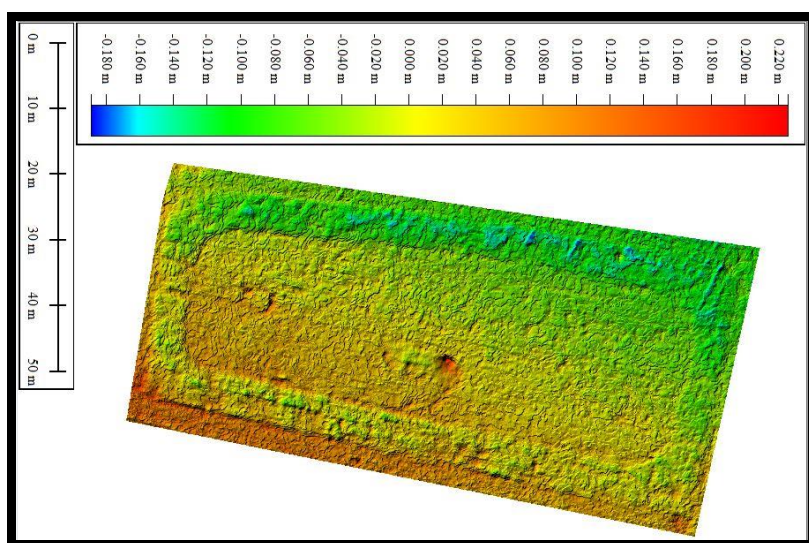
- átlagosan 5-10 cm-t süllyedt a felület. Figyelembe véve, hogy a felület előtte már tömörítve volt, így tényként könyvelhetjük el, hogy a süllyedés 50 cm-nél mélyebben fekvő rétegben jött létre, ezáltal csökkent a későbbi süllyedés esélye

A süllyedés mértékét a két földön készített felmérés különbsége és a légi felvételek digitális modelljének egymásra helyezésével állapítottuk meg.

Pontok	Szintkülömbség Z [m]
pt1-100	0.014
pt2-101	0.069
pt3-102	0.043
pt4-103	0.034
pt5-104	0.076
pt6-105	0.075
pt7-106	0.009
pt8-107	0.031
pt9-108	0.025
pt10-109	0.005
pt11-110	0.017
pt13-111	0.045
pt14-112	0.038
pt15-113	0.042
pt16-114	0.103
pt17-115	0.053
pt18-116	0.112
pt19-117	0.086

18. ábra

A két szakaszban készített felmérés különbsége: ATERM csarnok, Medgyes, Széchenyi megye



19. ábra

*A két szakaszban készült légi felvételek digitális 3D modelljeinek a különbsége:
ATERM csarnok, Medgyes, Széchenyi megye*

Szeretnénk ezen méréseket újra elvégezni egy homogén, természetes állapotában található, lehetőleg kevésbé kötött talajon. Ez esetben egy homogén környezet kizárná a téves eredmények lehetőségét. Ugyanakkor előtte és utána végezhetnénk penetrációs tesztet. Így remélhetőleg még pontosabb rálátást adna a tömörödés mélységéről és mértékéről. Vele egyidejűleg láthatnánk a teherbírás növekedését, olyan eredményeket kapva, amik sokkal értékelhetőbbek és relevánsabbak a tervezés folyamatában.

3.3. Következtetés

Az Impactor 2000 és az impact technológia nagyon hatásos altalajok tömörítése és akár kontrolált töltések készítésére is. Gyenge teherbírású altalajok esetén alternatívát nyújthat a talaj cserére vagy a cementes/meszes talaj kezelésére, továbbá kiválthatja a nehezen szállítható mélytömörítő gépezeteket a homokos és lösszöid talajok esetén.

Tekintve az elmúlt években példátlanul magas üzemanyag és építkezési anyag árakat, a fent bemutatott technológiákhoz hasonló alternatívákat kell keresnünk egy gazdaságosabb földmunka építéshez, szem előtt tartva a minőségi előírások betartását.

SZAKIRODALOM

- [1] „AND 530-2012 - Instructiuni privind controlul calitatii terasamentelor”.
- [2] „C 169-1988 - Normativ privind executarea lucrărilor de terasamente pentru realizarea fundațiilor construcțiilor civile și industriale.”.
- [3] „C 182-87 - Normativ privind executarea mecanizata a terasamentelor de drumuri”.
- [4] „DIN-18134 - Determining the deformation and strength characteristics of soli by plate loading test”.
- [5] „EN 16907 - Earthworks”.
- [6] „GE 026-1997 - Ghid pentru executia compactarii in plan orizontal si inclinat a terasamentelor”.
- [7] „GT 067-2014 - Ghidul privind controlul lucrarilor de compactare a pamanturilor necoezive”.
- [8] „NE 008-97 - Normativ privind imbunatatirea terenului de fundare prin procedee mecanice - Indicativ C 29-85”.
- [9] „NP 125-2010 - Normativ privind fundarea constructiilor pe pamanturi sensibile la umezire”.
- [10] „SR 4032-1-2002 - Lucrari de drumuri - Terminologie”.
- [11] „STAS 1913-13 - Teren de fundare, Determinarea caracteristicilor de compactare, incercarea PROCTOR”.
- [12] „STAS 1913-15 - Teren de fundare, Determinarea greutatii volumice pe teren”.
- [13] „STAS 2914-4 - Determinarea modulului de deformatie liniara - Lucrari de drumuri si de cale ferata”.
- [14] „STAS 2914-84 - Lucrari de drumuri, Terasamente_Conditii tehnice generale de calitate”.
- [15] „STAS 8840-83 - Lucrari de drumuri, Straturi de fundatii din pamanturi stabilizate mecanic, Conditii tehnice generale de calitate”.
- [16] „STAS 9850-89 - Verificarea Compactarii Terasamentelor, Lucrari de imbunatatiri funciare”.
- [17] „MSZ 2509-3 – Útpályaszerkezetek teherbíró képességének vizsgálata_Tárcsás vizsgálat”.
- [18] „UT 2-2.124 - Dinamikus tömörség és teherbírásmérés kistárcsás könnyűejtősúlyos berendezéssel”.

Kétütemű motorkerékpár-motor teljesítménynövelésének környezetvédelmi és közlekedésbiztonsági összefüggései

Environmental and traffic safety relations of tuning a two-stroke motorcycle engine

NAGY Péter¹, Dr. SZABADOS György², Prof. ZSOLDOS Ibolya³

¹ Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki kar, Belsőégésű motorok és Járműhajtások Tanszék, 9027 Győr, Egyetem tér 1., nagy.peter@ga.sze.hu

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék,

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., szabados.gyorgy@mogi.bme.hu

³ Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki kar, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, 9027 Győr, Egyetem tér 1., zsoldos@sze.hu

Abstract

Although the majority of motorcycles on the road are powered by a four-stroke engine, the number of two-stroke motorcycles is still not negligible. Increasing the performance of smaller, older motorcycles used in road traffic under workshop conditions is quite common. The aim of our research was to make design changes to the engine of a selected cycle, and to evaluate the effect of performance increase and other parameters objectively with a by our own built measuring system. In our article, we first introduce two-stroke motorcycles in today's road traffic environment and analyze opportunities to increase performance. This is followed by the presentation of comparative tests of the base engine and the power-enhanced engine fitted to the built test system and the evaluation of the results. The final part of our study deals with how to harmonize tuning with the requirements of Regulation (EU) No. 168/2013 of the European Parliament and of the Council, which deals with the requirements for changes in emissions, noise, speed and power.

Keywords: motorcycle, two-stroke engine, tuning, traffic environment, traffic safety

Kivonat

Bár a közúti forgalomban lévő motorkerékpárok nagy része négyütemű motorral hajtott, még mindig nem elhanyagolható a kétütemű motoros kerékpárok száma. A kisebb teljesítményű, régebbi gyártású közúti forgalomban használt motorkerékpárok teljesítményének műhely körülmények közötti növelése meglehetősen elterjedt. Kutatási munkánk célja az volt, hogy egy kiválasztott kerékpár motorján konstrukciós változtatásokat végezzük el, és az önállóan felépített mérőrendszerrel objektíven tudjuk értékelni a teljesítmény növelés és egyéb paraméterekre gyakorolt hatását. Cikkünkben, először bemutatjuk a kétütemű motorkerékpárokat a mai közúti közlekedési környezetben és elemezzük a teljesítmény növelés lehetőségeit. Ezt követi az épített vizsgáló rendszerre felszerelt alapmotor és a teljesítmény-növelt motor összehasonlító vizsgálatainak bemutatása és az eredmények értékelése. Dolgozatunk záró része azzal foglalkozik, hogyan hangolható össze a tuningolás a 168/2013/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet elvárásaival, amely foglalkozik az emisszió-, zaj-, sebesség-és teljesítmény változás tekintetében támaszt követelményeket.

Kulcsszavak: motorkerékpár, kétütemű motor, tuning, közlekedési környezet-szennyezés, közlekedésbiztonság

1. BEVEZETÉS

A közúti közlekedésben résztvevő járművek egyre szigorodó előírásaival szemben a kétütemű motorok nehezen maradnak talpon. Kis közúti motorkerékpárok, például robogók hajtására is egyre elterjedtebben használnak négyütemű motorokat. Ezért ezeket olyan helyeken használják, ahol ezek a szigorú előírások nem érvényesek, vagy kevésbé szigorú előírások vannak hatályban. Ilyen területek lehetnek például a technikai, jármű versenysportok [17].

Bizonyos további területeken viszont nem várható a kétütemű munkaciklussal működő belsőégésű

motorok visszaszorulása. Ezek a nem közúti alkalmazások, erdészeti, mezőgazdasági gépek hajtása, mint például a láncfűrészek, motoros fűkaszák, és még számtalan gépfajta, ahol az egyszerűség, kisebb méretek, és könnyebb súly figyelembe vétele tervezéskor szükségszerű. Bizonyos technológiák integrálása a kétütemű motorok körébe – mint például a befecskendezés, feltöltő rendszerek, résvezérlések helyett elektrohidraulikus szelepvezérlések – még piacképessé, előírások szerint elfogadottá fejleszthetők bizonyos területeken [2].

Egy jármű, esetünkben egy motorkerékpár szempontjából megkülönböztethetünk külső, optikai módosításokat, melyek ugyan növelik jármű versenyképességét, de a környezetre és a közlekedés biztonságára nincsenek negatív hatással. Viszont vannak teljesítménynövelő módosítások is, melyek alkalmazása esetén a motor üzemi paraméterei: nyomaték, fordulatszám, teljesítmény növekszik, de ekkor figyelembe kell venni a növekedés más szerkezeti elemekre gyakorolt hatását pl. váz statikai kialakítása, féknyergek maximális terhelhetősége stb., a jármű kezelhetőségének megváltozását pl. súlypont, villaszög, valamint a környezetre való kihatását pl. a zaj és károsanyag-kibocsátás növekedését is [21].

Az említett – bármilyen – a gyáritól – azaz az ún. típusbizonyítványban foglaltaktól – eltérő változtatást követően a már forgalomba helyezett motorkerékpárt átalakítását engedélyeztetni kell, és a járművet újra műszaki vizsgára kell vinni, annak érdekében, hogy megvizsgálják, hogy az átalakítás után is megfelel a közúti forgalomba helyezés követelményeinek. Ez érvényes mind a közlekedés biztonsági, mind a környezetvédelmi jellemzőkre. Ez alól kivételt képeznek a közúti hatósági jelzés (rendszámtábla) nélküli segédmotor kerékpárok, ahol a regisztráltság, és így a folyamatos műszaki vizsga kötelezettség hiányát kihasználva a járműtulajdonosok módosításokat végezhetnek, végeztethetnek – jelenleg kontrollálatlanul. Itt kell azonban megjegyezni, hogy attól még jogszabályi szinten deklarálva van, hogy a segédmotoros kerékpár is típusvizsgálatára kötelezett [1].

1.1. Kétütemű motorkerékpárok a mai közúti közlekedési környezetben

Az egyre szigorodó Közösségi rendeletek, pl. [12] alapján a segédmotorkerékpár, mint motorkerékpár típus a közúti közlekedésben egyre jobban háttérbe szorul, s a motorgyártó cégek fejlesztése az off-road motorkerékpárok (motokrossz, enduro, trial stb.) felé orientálódik.

A motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok legnagyobb tervezési sebességéről, valamint a motor legnagyobb nyomatékáról és legnagyobb hasznos teljesítményéről szóló, Európai Parlamenti és Tanácsi Irányelv [18] lehetővé tette a tagállamoknak, hogy elutasítsák területükön a 74 kW-nál nagyobb hasznos teljesítményű motorkerékpárok első nyilvántartásba vételét, valamint az ezt követő nyilvántartásba vételüket. Több olyan tudományos tanulmány is van azonban, amelyek nem erősítik meg a biztonság és a teljesítménykorlátozás között feltételezett összefüggést. Ezért és az uniós piac belső kereskedelmi akadályainak eltávolítása érdekében nem szabad, hogy ez a lehetőség továbbra is fennmaradjon [12].

A 168/2013/EU rendelet [12] a két- vagy háromkerekű járművek és a négykerekű motorkerékpárok jóváhagyásáról és piacfelügyeletéről szóló újabb Rendelet, amely új biztonsági és környezetvédelmi követelményeket állít fel e típusú járművek jóváhagyásával kapcsolatosan. Hazánkban a két-, három- és négykerekű segédmotoros kerékpár (L1e, L2e és L6e járműkategória), a kétkerekű motorkerékpár (L3e járműkategória), az oldalkocsis motorkerékpár (L4e járműkategória), valamint a három- és négykerekű motoros tricikli (L5e és L7e járműkategória) járműkategóriába sorolásának műszaki feltételeit [1] tartalmazza.

A jelenleg érvényes Közösségi előírás szerint 2016 januárjától csak EURO 4, míg 2020-tól kizárólag az EURO 5 követelményrendszernek megfelelő típusú kétkerekűek helyezhetők forgalomba Európában. Az alapvetően verseny- és hobbicélú endurókra is érvényes ez a szigorítás, mivel a hagyományos motorkerékpárokhoz hasonlóan rendszámozható, közúton is használható modellekről van szó.

A Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján az utolsó 15 évben több, mint megduplázódott a motorkerékpárok száma Magyarországon. Ma a személygépkocsik és motorkerékpárok közös halmazából a motorkerékpárok 5%-ot tesznek ki, és előszeretettel használják nagyobb városokban (pl.: Budapesten) a könnyebb közlekedés végett [19].

1.2. Kétütemű motorok teljesítmény növelésének korlátai és lehetőségei

Kétütemű motorok legfontosabb előnye, hogy egy munkaciklus (körfolyamat), a motor 1 teljes fordulata alatt lezajlik, szemben a négyütemű motorokkal ahol ugyanaz 2 teljes fordulat alatt megy végbe. Ebből következik, hogy elvileg ugyanakkora hengerűrtartalmú motor esetében, a kétütemű közel dupla akkora teljesítményt ad le. További előnyeként lehet megfogalmazni, hogy egyszerű konstrukció, és javítása olcsó [4]. Azonban vannak hátrányai is a négyüteműekhez viszonyítva. A gázcserehez (öblítéshez) kb. 130 fok forgattyústengely-szög áll rendelkezésre (ez egyharmada a négyütemű motor gázcsereidejének). A rövidebb töltétsereidő nagyobb töltési veszteséggel jár, ezáltal a tüzelőanyag-fogyasztás nagyobb, mint a négyütemű motorok

esetében. Átöblítés során a kipufogónyíláson eltávozó, nem hasznosított tüzelőanyag következtében rosszabb a hatásfok, az emissziós értékek is nőnek. Az tüzelőanyag-levegő keverék tartalmazza a kenéshez szükséges olajat, melynek kisebb-nagyobb része szintén elég. Minden fordulatszám és terhelés tartományban azonos a kenést ellátó olaj mennyiségének aránya, ennek következtében általános felhasználás mellett, ahol nincs mindig csúcson járva a motor, az olaj nem ég el teljes mértékben, kéken füstöl, melynek következtében jelentősen nagyobb a motor HC kibocsátása [4].

A belső égésű motorok effektív (valós) teljesítményének meghatározására szolgáló összefüggés tartalmazza a motor összlökettérfogatát, a fordulatszámát, az effektív középnyomást és az ütemszámot, mint motorjellemzőket [5]. Utóbbival fordított arányosság áll fenn. Legnépszerűbb tuningolási eljárás a lökettérfogat növelése. Viszont az egyes hengerek térfogatát nem lehet, és nem is érdemes a végtelenségig növelni, mert számos problémába ütközhetünk. Egy példa erre, hogy ha a lökethosszt növelik, akkor a dugattyúnak ugyanakkora idő alatt nagyobb utat kell megtenni, így nő a dugattyú középsebessége, ami a henger-dugattyú egységek kopása, tehát a motor élettartama szempontjából releváns érték [5].

A motorok egyéni, garázs körülmények közötti teljesítmény növelésének lehetősége abból adódik, hogy a gyári motorokat többszörös biztonsági tényezőkkel tervezték, és méretezték. A vonatkozó szakirodalom szerint alapvetően 4 fő teljesítménynövelési lehetőség van: (i) növelni kell a hengerek töltését, a (ii) kompresszióviszonyt, a (iii) motor fordulatszámát és (iv) csökkenteni kell a motorban fellépő súrlódásokat [3]. Ezek elvégezhetők egyenként, de hatékonyabb, ha ezek közül többet hajtanak végre.

Ha megvizsgáljuk a levegő útját a környezettől az égéstér felé haladva, a kiindulási pont a légszűrő/légszűrőház, melynek feladata a beszívott levegő mechanikai szűrése, esetenként temperálása és nyomásának megnövelése. A motor ebben a pontban szívja be az égéshez szükséges levegőt a környezetből. A levegő útja során, növelni lehet annak nyomását pl. turbófeltöltővel, vagy a jármű sebességétől függő torló nyomással [2].

A gyári légszűrő általában szivacs, vagy papírbetétes szűrő, melyen a porszemcsék szűréséhez a levegőt ezen keresztül kell szívnia a motornak. Ennek előnye a jó szűrési hatásfok. Hátránya, viszont az átszíváshoz tiszta szűrő esetében is nagyobb erőt kell kifejteni, nagy veszteség lép fel (szívási veszteség). Sportlégszűrők esetében a levegő kisebb ellenállásba ütközik, melyre többféle megoldást is kitaláltak, például fémszövetes hálón keresztül történik a szűrés. Előnye a kisebb ellenállás, veszteség, nagyobb teljesítmény. Nagy hátránya a megnövekedett szívási zaj, valamint tüzelőanyag-fogyasztás is.

A légszűrő után a következő elem a karburátor, mely a motor számára az optimális keveréket állítja elő

Ha növeljük a motor fordulatszámát, vagy hengerűrtartalmát, akkor ezzel arányosan növelni kell az tüzelőanyag-ellátást is. Tehát meg kell növelni a karburátor be és kimeneteni átmérőjét (vagy felteszünk egy nagyobb porlasztót, vagy anyagvastagságtól és lehetőségektől függően nagyobb méretre reszeljük, marjuk), valamint a többlet tüzelőanyag miatt a fűvókák átmérőjét. Ha lehetőség van karburátor cserére, akkor olyan típust érdemes választani, melyben van ún. Power Jet fűvóka. Ez egy teljesen különálló fűvóka, mely közvetlenül az úszóházzal van összeköttetésben, és a légtorok tetején helyezkedik el. Közel teljes gázállásig a karburátor a megszokott módon viselkedik, teljes gázon viszont akkora lesz az áramlási sebesség, hogy a Power Jet-en keresztül a vákuum plussz benzint tud felszívni a porlasztó tetejére így dúsabb keveréket képez [6].

A pontos olajadagoláshoz létrehozták a különolajzású motorkat, ahol a porlasztóban egy külön nyíláson a keverékhez még hozzáadódik az olaj is, ezzel biztosítva az optimális kenést, emellett kedvezőbb emissziós értékek kaphatóak. A szükségesnél több olaj nem csak környezetszennyezőbb, hanem befolyásolja a menet-teljesítményt is, mert az olaj rontja a tökéletes égést, kokszosítja az alkatrészeket [6].

Következő elem a hengert és a karburátort összekötő cső. Rögzítésen kívül fő szerepe, hogy a működés következtében felhevült henger hőjét elszeparálja a porlasztótól. Ezt sok esetben egy bakelit darab közbeiktatásával oldják meg. A cső belső felületét érdemes felpolírozni, mellyel a gázáram súrlódását lehet csökkenteni. Valamint az elhelyezését illetően úgy kell eljárni, hogy a forgattyús tér szívási vonalával a lehető legkisebb legyen a bezárt szöge, hogy a szívócsőben a gáz áramlása az egyenest közelítse. Külön a szívócsőnk hosszát nem érdemes változtatni, mert a szívórendszer teljes hossza a mérvadó a gázok lengését illetően. Ez azért fontos, mert a nagy sebességgel érkező gázok a kanyarulatokat nem képesek lamináris áramlással követni, leválások keletkeznek, a hasznos áramlási keresztmetszet lecsökken [3].

Ami a forgattyúházat illeti, több teljesítménynyerési lehetőség is adódik annak szerkezeti elemeire vonatkozóan. Magában a házban a legkézenfekvőbb módosítás, hogy a karter térfogatát a lehetőségekhez mérten csökkentik. Általában ezen típusú motoroknál, a forgattyús térben van elhelyezve a lendítőkerék. Ilyenkor a forgattyúházhoz egy egyedileg gyártott térfogat kitöltő gyűrűt csavarozhatnak. A forgattyúház térfogatát azért célszerű csökkenteni, mert a nagyobb vákuum több keveréket szív be, másrészt mert a lefelé haladó dugattyú a nagyobb volumenű beszívott keveréken nagyobb mértékű elősűrítést tud létrehozni. A minél jobb felületi minőség kialakítása itt is kedvező hatással van a gázsúrlódás csökkentésére. A jobb minőségű

szimeringek tömítőele teflonnal, vagy más egyéb, nagyon jó siklási tulajdonságokkal bíró anyaggal van bevonva. Ez azért is fontos, mert kisebb lesz a súrlódási együttható a főtengely és a szimering között, így kisebb a súrlódási veszteség, valamint a keletkező hő nagysága [9].

A forgattyús mechanizmus tömegerei, és a súrlódási veszteségek a fordulatszám függvényében négyzetesen nőnek, ezért nem mindig célszerű megoldás a fordulatszám növelése, viszont ez az egyik legnagyobb teljesítmény nyerési lehetőség. E pontban ellentmondás merül fel, amelyet fel kell oldani. Ahhoz, hogy a fordulatszámot növelhessük, vele arányosan a mozgó tömegeket csökkenteni, kiegyensúlyozni és optimalizálni kell. Alternáló erőket csökkenteni lehet például a dugattyú csapszegek tömegének csökkentésével (nagyobb szilárdságú, kisebb falvastagságú, kisebb tömegűre cserélés) a dugattyú alsó (szoknya) részének csökkentésével, valamint a hajtórúdak bizonyos keresztmetszeteinek csökkentésével, és a hajtórúd felületi minőségének javításával. Nagyon fontos a motor kiegyensúlyozottsága, különben rezonancia és ebből kifolyólag korai elhasználódás keletkezhet. Ha az egyenes vonalú mozgást végző alkatrészek tömegét csökkentjük, akkor az egyensúlyban maradáshoz a forgó tömegeket is csökkenteni kell. A hajtórúd könnyítést már az alternálónál elvégeztük, viszont a forgó súlyokban kétharmad részt tesz ki, emelett jó lehetőséget nyújt a lendítőkerék könnyítése, melyre több lehetőség is van [7].

A súrlódási együttható csökkentésére jó minőségű alkatrészeket, és kenőolajat kell használni! A hagyományos acél golyóscsapágyak kiváltására szolgáló kerémia golyóscsapágyakkal kísérletezések folynak, melynek számos előnye van. A jövőben ez lehetőséget biztosít a csapágyak „tuningolására” is. [3, 8].

Ha a hengerfejen, kipufogó csatornában, és csőben lévő lehetőségeket elemezzük, lehetőség nyílik a kompresszióviszony növelésére. Ezáltal nagyobb lesz a sűrítési végnyomás, mellyel nagyobb hasznos munka nyerhető, valamint kevesebb égéstermék marad vissza az öblítést követően. Ezekon kívül az égést is kedvezően befolyásolja, viszont figyelni kell az öngyulladás és a kopogásos égés elkerülésére. Több megoldás is van az égéster csökkentésére [3]. Átlagos kétütemű motorkerékpár motorok kompresszióviszonya 1:8 – 1:10 [4]. Versenymotoroknál ez az arány akár 15:1 is lehet, de volt rá példa, ahol akár 20:1 is előfordult. Ez már megközelíti a diesel motorok kompresszió viszonyát. Az égéstermék ezen keresztül távozik a hengerből a kipufogóba. Ha növelik a csatornák szélességét, akkor a közép és maximális fordulatszám tartományban érhető el teljesítmény növekedés. Ha a kipufogóablak magasságát is van lehetőség növelni, akkor még nagyobb teljesítmény-növekedés realizálható, de ebben az esetben a teljesítménysáv szélességének csökkenésével kell számolni. A magasság beállításával, azaz nyitás/zárás vezérlésének ideje, tehát a főtengelyfok, mindig attól függ, hogy milyen üzemi fordulatszámot szeretnénk kapni [11].

A felsorolt módosításoknak a fejezet elején már említett, gyárilag túlméretezett, nagy biztonsági tényezővel való tervezés nyit szabad utat. Fontos megjegyezni, hogy természetesen a teljesítménynövelés a motor élettartamát csökkentheti, valamint a környezetre gyakorolt káros hatásokat (levegőszennyezés és zajkibocsátás) növelheti.

1.3. Egy motorkerékpár motor teljesítmény növelésének összehangolási lehetőségei az európai Parlament és Tanács Rendeleteivel

Az Európai Parlament 168/2013/EU Rendelete, alapján a járműgyártó cégek újabb kihívás elé néznek a környezeti teljesítményre vonatkozó követelmények szigorodásának tekintetében [12]. Az ENSZ-EGB 40. számú Előírás 6. bekezdése alapján: „A járműtípus bármiféle módosítását be kell jelenteni ahhoz a hatósághoz, amely a jármű típusát jóváhagyta.” A garázs vagy műhely körülmények közötti motorikus tuningolást szemmel, nehezíteni fogja a 168/2013/EU Rendelet, III. fejezet, 21. cikke alapján az OBD I-II. fázisú felügyeleti rendszer kötelezővé tétele az új motorkerékpárok esetében [12].

Az említett típusjóváhagyáshoz, és műszaki vizsga megfelelőségéhez többek között szükség az emisszió (károsanyag kibocsátás) mérésére is. A pontos vizsgálati leírásokat az ENSZ-EGB 40. számú előírás 5. bekezdése tartalmazza [20].

A légszennyező károsanyag-kibocsátás vizsgálata mellett, a motorkerékpár gyártás másik legnagyobb feladata, hogy az egyre szigorodó előírásokat tartani tudják mind az állóhelyzeti, közeltéri, mind pedig elhaladási zaj-kibocsátás tekintetében. Járművek esetében három féle zajforrást különböztetünk meg, ezek a következők: (i) mechanikai, (ii) szívási (gázáramlás) és (iii) kipufogási (gázáramlás) zaj [13]. Zajkibocsátást többféle módon lehet mérni. Az ENSZ-EGB 41. számú Előírás, 3. melléklete [22] alapján megkülönböztetünk: (i) mozgó motorkerékpár zajának a mérését, (ii) álló motorkerékpár által kibocsátott zaj mérését és (iii) mozgásban lévő motorkerékpár által keltett zaj mérését.

Ami a teljesítménynövekedéssel elérhető sebesség és teljesítmény változást illeti, a motorkerékpárokat több szempontból is besorolhatók a bizonyos járműkategóriákba: (i) hengerűrtartalom, (ii) leadott teljesítmény, (iii) végsebesség és (iv) kivitel. A járműkategóriákat az 168/2013/EU Rendelet, I. fejezet, 4. cikke tartalmazza

[12]. Műszaki vizsgálataink tárgyát képező motorkerékpár, [14] alapján az A1 kategóriába sorolható, amely a következő jellemzőkkel bír: hengerűrtartalom $\leq 125 \text{ cm}^3$, hasznos teljesítmény $\leq 11 \text{ kW}$, és a motor teljesítmény-jármű tömeg arány $\leq 0,1 \text{ kW/kg}$.

Ezeket az értékeket is a 1.2 alfejezetben tárgyalt jármű-szerkezeti módosításokkal át lehet lépni, így az A1 kategóriából, sőt, akár Moped kategóriából is lehet A2-es kategóriájú (hasznos teljesítmény $\leq 35 \text{ kW}$, teljesítmény-tömegarány $\leq 0,2 \text{ kW/kg}$) motorkerékpárt készíteni [14].

2 A VIZSGÁLT MOTORKERÉKPÁR

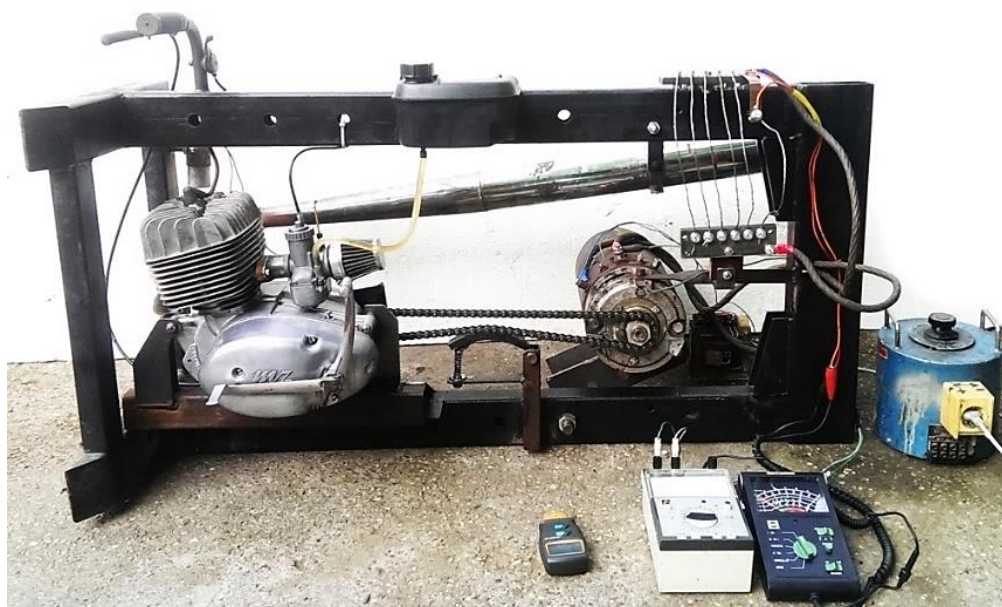
A vizsgálataink tárgyát képező motorkerékpár legfontosabb műszaki adatait az 1. táblázat mutatja. Ezen tulajdonságokkal bíró motor, [14] alapján még A1 kategóriájú jogosítvánnyal vezethető gépjármű. Az általunk vizsgált motorkerékpár hatósági jelzéssel rendelkezik, heti szinten használatban van.

1. táblázat A vizsgált motorkerékpár legfontosabb műszaki adatai [15]

Első forgalomba helyezés	1975
Kereskedelmi	MZ ES
Lökettérfogat [cm^3]	123
Teljesítmény [kW] / fordulatszám [1/min]	7,35 / 6000 ÷ 6300
Tüzelőanyag-olaj	1:33
Tüzelőanyag oktánszám	88
Keverőtörök átmérő	22
Főfűvőka átmérő [mm]	0,90

3. A MÉRŐRENDSZER ÉS A VIZSGÁLATI ELJÁRÁS BEMUTATÁSA

A motor teljesítményének vizsgálatához kiszerelt motorú (motorfékpadi) elrendezést választottunk. Ehhez saját berendezést (motorfékpadot) építettünk, amelyet az 1. ábra mutat.



1. ábra Saját építésű motorfékpad [saját felvétel]

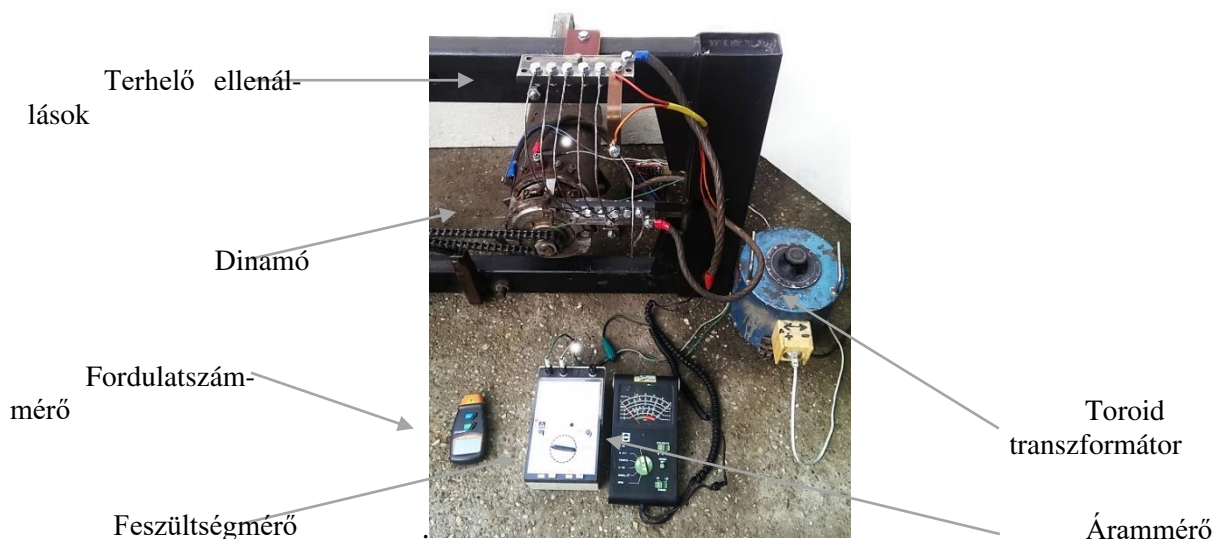
A mérőrendszer felépítése a következő: a vázhoz rögzített motorblokk láncajtás segítségével hajtja a BELAZ típusú egyenáramú dinamót, amely maximum 24 V feszültség mellett maximálisan 150 amper áramot képes előállítani fordulatszám és gerjesztés függvényében. A konstans mágneses mező biztosítása végett külső gerjesztést alkalmaztunk, melynek értékét egy toroid transzformátorra kötött, egyenirányítóval ellátott 24 V-os transzformátor látott el. Ahhoz, hogy villamosteljesítményt lehessen mérni, úgynevezett műterheléssel

kellett a készüléket terhelni. Ezt 6 darab, egymással egyenlő értékű, terhelő-ellenállás biztosította, mely a dinamó kivezetéseire sorba (az ellenállások egymással párhuzamosak) volt kötve (2. ábra). Ezek közül az egyikre áramerősség mérőt, s a dinamó kivezetéseire feszültségmérőt kapcsolva, megmérhető a két paraméter, amelynek segítségével a villamos teljesítmény számítható [16].

A dinamón és a motorblokkon kívül, a terhelő ellenállások is – egy bakelit lap segítségével – a vázhoz lettek erősítve. Valamint a motor működéséhez elengedhetetlen gáz-, és kuplungkart, gyújtótrafót, láncfeszítőt, gyári kipufogót és benzintankot is fel kellett szerelni a vizsgálatok elvégzéséhez. A fordulatszám-mérést az alábbi módon végeztük el: a főtengely, gyújtás felőli oldalán a védő burkolatot leszerelve, a vezérlő büttyköt tartó csavar alá egy vékony bakelit tárcsát helyeztünk el. Ennek egyik sugarán egy fehér, fényvisszaverő papírcsíkot ragasztottunk. Erre azért volt szükség, mert az alkalmazott fordulatszám-mérő egy lézeres fordulatszám-mérő volt. A paraméterek méréséhez használt készülékek a következők voltak: (i) Fordulatszám mérő: Digital Tachometer DT-2234C+, (ii) Feszültségmérés: Ganzuniv 1, (iii) Áramerősség mérés: Hella Optilux többfunkciós készülék.

A motor beindítását követően 1-es sebességi fokozatba kapcsolással, állandó gerjesztés (terhelés) mellett, gázkar állás változtatással növeltük a motor fordulatszámát az alapjárat fordulatától a motor maximális fordulatszámaig. A dinamón megjelenő villamos teljesítmény paraméter volt az összehasonlítás alapja. Igaz, ez villamos teljesítmény, de amennyiben mérhető egy bizonyos százalékos növekedés, úgy feltételezhető, hogy nőtt a motor teljesítménye is, tehát az előző fejezetekben leírtak alátámasztottak lesznek. A motor által leadott mechanikus teljesítmény minden esetben ugyanazzal a módszertannal lehetne visszaszámolható, figyelembe véve a láncajtás veszteségteljesítményét. Ennek kimérésével, kiszámításával jelen vizsgálat sorozat keretében nem foglalkoztunk. Először a gyári állapotú motorblokkon egy referenciamérést hajtottunk végre, hogy később, minden módosítást követően ugyanazon elv alapján mérhető legyen a teljesítményváltozás. Minden mérést 3-szor végeztem el, minden fordulatszámon, majd az így kapott eredményt átlagoltam. Erre azért volt szükség, hogy az egyenetlen járásból, mely a kívánt fordulatszám ± 50 ford/min-es eltéréséből adódó mérési hibát csökkenteni lehessen.

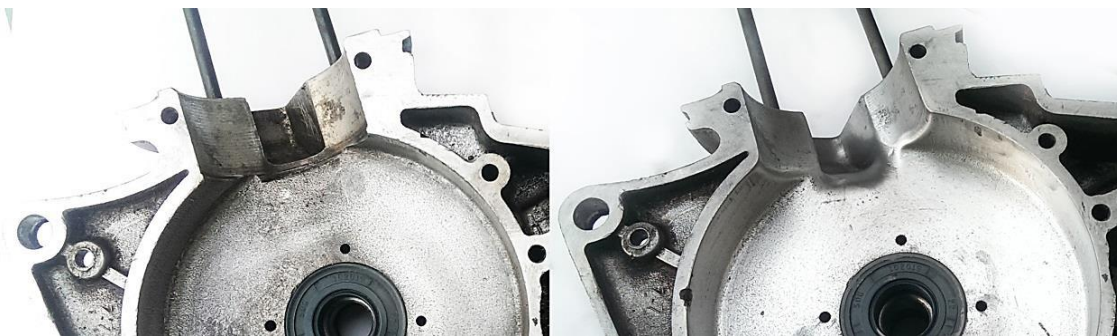
A motor által kibocsátott légszennyező károsanyagok és a zaj mérését nem motorfékpadi, hanem szerelői műhely körülmények között végeztettük el a motorblokkon történő bármely módosítást megelőzően és az összes módosítás elvégzését követően. Ez azt jelenti, hogy ekkor a motor a motorkerékpárra még illetve már fel volt szerelve. Ez a szerelő műhely egy az NKH által akkreditált, hivatalos autószerelő műhely volt. Ez azt jelenti, hogy a motorkerékpáron műhely körülmények közötti időszakos műszaki megvizsgálás szintű méréseket végeztek el. A mérőkészülékek következők voltak: (i) gázelemző: Brain Bee AGS-200 és (ii) zajszintmérő: Beijing ADD SZTT35850. Ezek a készülékek, a mérések megtörténtekor érvényes kalibrálási és hitelesítés bizonyítványokkal rendelkeztek.



2. ábra A terhelő és mérő eszközök [saját felvétel]

4. A KÉTÜTEMŰ MOTORON ELVÉGZETT VÁLTOZTATÁSOK

Első lépésként a forgattyús téren végeztünk el módosításokat. Erről látható két felvétel (előtte-utána) a 3. ábrán.



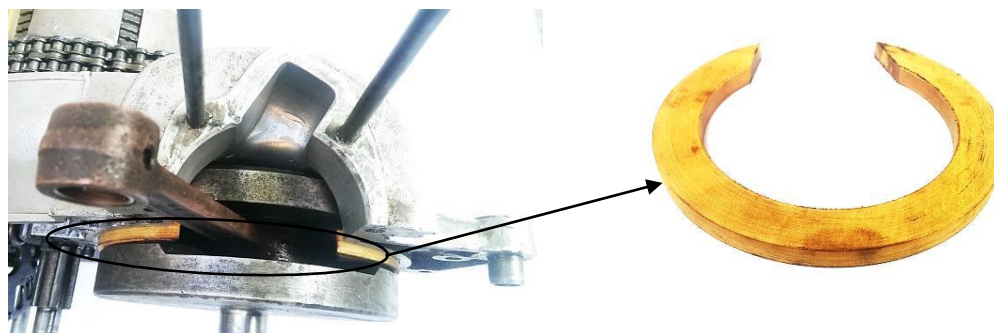
3. ábra A gyári (bal), és a módosított (jobb) forgattyús tér [saját felvétel]

Az áramlási viszonyok javítása érdekében a karter alumínium házát finom csiszoló papírral kis felületű érdességűre dolgoztuk. A turbulens áramlás kialakulási lehetőségét csökkentendő, a gyárilag megtalálható éles sarkokat lekerekítettük, mivel így a gázok nagy sebességű és nyomású áramlásuk közben nem ütköznek éles sarkokban, és irányuk az egyeneshez közelít. Ezt követően a hengerpersely alsó felömlő nyílását szélesítettük, ezzel nagyobb keresztmetszetet biztosítva az átömlésnek (4. ábra). Ezzel a kartertől a hengerpalástig egy szűkülő járat került létrehozásra, mellyel a gázok áramlási sebességét volt cél növelni.



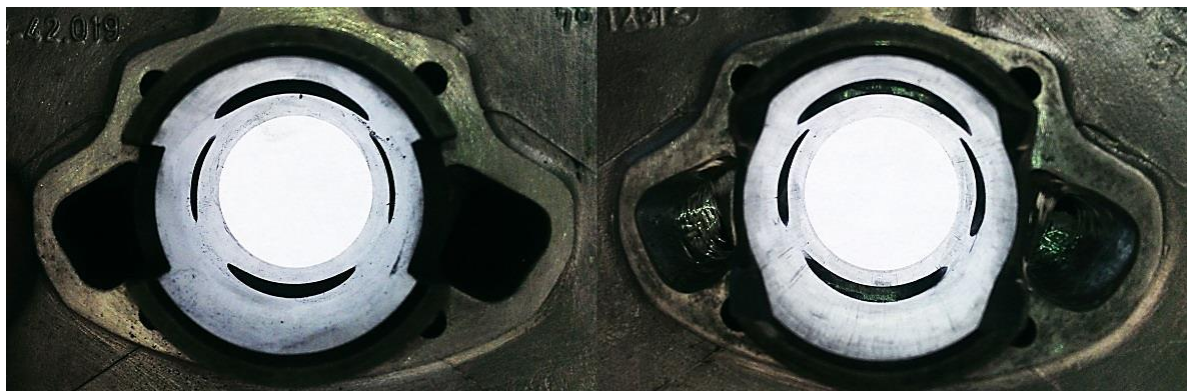
4. ábra A gyári (bal), valamint módosított (jobb) hengerpersely [saját felvétel]

A forgattyús tér legszámottevőbb módosítása maga a térfogat szűkítése, melyet egy házilag, bakelitből készített gyűrűvel oldottunk meg (5. ábra), melyet 4 darab csavarral rögzítettünk a motorblokkhoz.



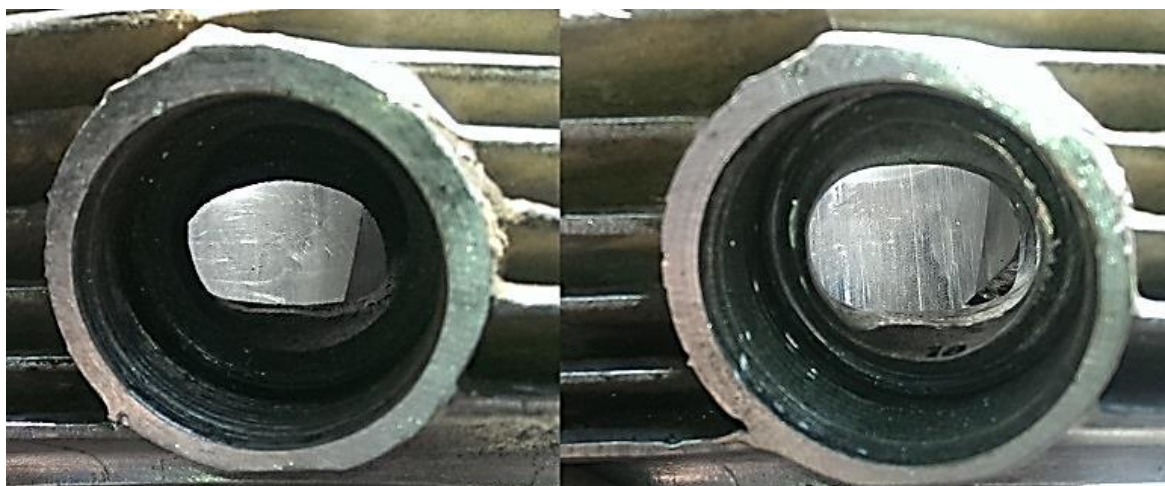
5. ábra A szűkített forgattyúház térfogat (bal) és maga a szűkítő gyűrű (jobb) [saját felvétel]

Ezen gyűrűt a főtengely ellentömegek közé méreteztük, és szereltük, melynek külső átmérője: 139 mm, belső átmérője: 103 mm, szélessége pedig: 8,8 mm. Külső átmérője a forgattyús tér átmérőjéhez lett igazítva, belső átmérőjének pedig a köríven forgó csapszeg szabott gátat. Figyelni kellett arra, hogy a hajtókar oldalirányú elmozdulása közben ne érjen a gyűrűhöz. A karter térfogatát ezáltal 49,32 cm³-rel sikerült leszűkíteni. Ezzel növelni tudtuk a dugattyú alsó holtpont irányú mozgásának következtében, a forgattyús térben létrejövő kompresszió (elősűrités) nagyságát, melynek következtében a gázok dugattyú fölé áramlásának sebessége nagymértékben növelhető. A dugattyú felső holtpont felé közelítése közben pedig nagyobb dekompresszió keletkezik, így több tüzelőanyagot szív be egységnyi idő alatt. Ez volt az első számú változtatást. Ennek hatása a motor teljesítményre, a fent leírt módon került lemérésre. Az áramlást követve a következő módosítási elem a henger, azon belül a felömlők, beömlő és kipufogó nyílások voltak. Ennek eredményét lehet látni a 6. ábrán.



6. ábra A gyári (bal), és a módosított (jobb) nyílások [saját felvétel]

A ábrán látható, hogy a felömlő csatornák keresztmetszete, valamint a hengerpersely paláston a csatornák nyílásai is szélesítve lettek, ezáltal biztosítva lett a henger gyorsabb, és nagyobb mértékű öblítése, így a fordulatszám növekedett. A beömlő nyílás keresztmetszetét azért kellett növelni, mert az emelkedett fordulatszám következtében több tüzelőanyag beáramlására van szükség. Szintén a fordulatszám növekedés több égéstermék, azaz kipufogógáz keletkezését okozza, így gondoskodni kell annak szabadabb áramlásáról, tehát növeltük a nyílás keresztmetszetét (7. ábra).



7. ábra A gyári (bal), és a módosított (jobb) kipufogó nyílás [saját felvétel]

A kipufogó nyílás szélessége növelésének a dugattyúgyűrűk összeeresztései szabnak határt. Figyelni kellett arra, hogy a két gyűrű biztosító stiftje közötti távolságnál jobbról-balról 1-1 mm-t elhagyva lehet maximum a nyílás szélessége. A nyílás magasságát az égéster felé növeltük, ezzel nagyobb teljesítmény várható közép,- és felső fordulatszám tartományában.

A legjelentősebb módosítás a kompresszió tér szűkítése volt. A módosítás értékét a préréssáv határozta meg. Gyárilag 1,4 mm volt mérhető a dugattyútető és az égéstér között, melyet a gyújtógyertya furatán keresztül bedugott ón rúddal, melyet a dugattyú lassú felfelé mozgásával, majd a rúd összepréselésével, és ennek mikrométerrel való lemerésével került meghatározásra [10]. A hengerfejet, egy a hazai szakirodalmi folyóiratban található táblázat alapján 0,9 mm préréssávig esztergáltuk [10].



8. ábra A gyári (bal), és a módosított (jobb) hengerfej [saját felvétel]

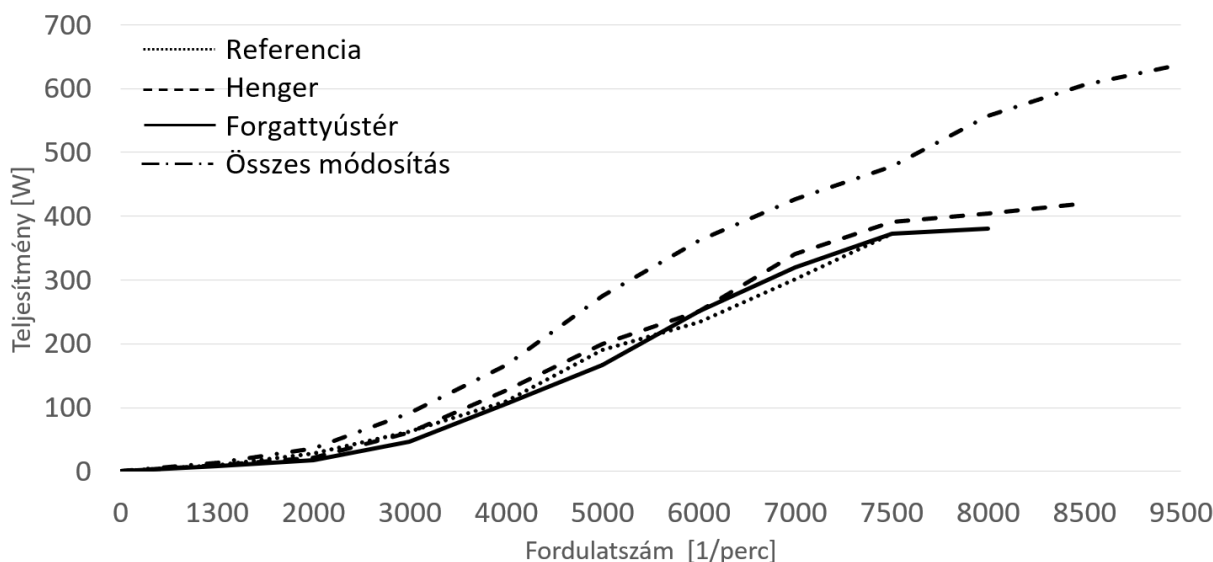
Ezáltal a gyárilag 15 cm³-es sűrítő tér 9 cm³-re szűkült, valamint a sűrítési végnyomás Optilux Compression Tester készülék segítségével mérhető volt, hogy a nyomás 9 barról 12 bár-ra növekedett. Ha kiszámítjuk a henger térfogatát, valamint a kapott kompressziós térfogat alapján meghatározható a kompressziós viszony értéke. A gyári 9,2:1 kompresszió viszony 14,7:1-re növekedett, amely egy versenymotor értékéhez közelít. Normál, 95-ös oktánszámú tüzelőanyag használata esetén kopogásos égés következett be a magasabb sűrítési arány miatt, így 100-as oktánszámú üzemanyagra váltottunk, melynek következtében a jelenség megszűnt. A fordulatszám, és teljesítmény növekedésével a motor hőmérséklete is növekedett, így kisebb hőértékű gyújtógyertyára kellett cserélni az eredetit. A motor saját hűtési teljesítményét nem volt lehetőségünk a megnövekedett hőmérsékleti viszonyokhoz átkészíteni, ezért a vizsgálatok során a teljesítmény mérések alkalmával kiegészítő ventilátort alkalmaztunk.

Az előgyújtást, és a porlasztóban végbemenő keverékképzést a módosításokat követően mindig optimalizálni kellett. A leírt változtatásokat követően a motor nem jutott elég tüzelőanyaghoz, és a fordulatszám növelésének nagymértékben határt szab, így a gyári 22 mm átmérőjű keverőtorkú porlasztót, egy MZ ES 250/2-es típusú, 28 mm átmérőjűre cseréltük, ezzel biztosítva a megfelelő tüzelőanyag ellátást. Illetve a gyári légszűrő helyett egy sportlégszűrőt is alkalmaztunk. A leírt változtatásokkal nagymértékben megnövekedett a motor maximális üresjáratú fordulatszáma, emiatt szükséges volt a mechanikus gyújtásmegszakító rugóját egy erősebb kivitelre cserélni.

5. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELES

5.1. Motor teljesítmény

A vizsgálat sorozatot 4 fő részre osztottuk szét, amelyek a következők: az első a referenciamérés vagy alapmérés, melyhez a későbbiekben viszonyítani lehet a forgattyús tér, a henger, valamint a hengerfej módosításait. A méréseket a motor teljes fordulatszám tartományán végeztük el, 1000 1/perc lépésközzel. A méréseket minden fordulatszámon 3-szor végeztük el, majd a kapott feszültség és áramerősség értékeket átlagoltuk. Az áramerősséget a műszer mérési tartománya miatt csak egy darab terhelő ellenálláson lehetett mérni, így ennek értékét, meg kellett szorozni a terhelő ellenállások számával, mivel az villamos ellenállások értéke azonos. A kapott áram értéket megszorozva az aktuális kapocsfeszültséggel meghatározható a villamos terhelő ellenállás értéke. Az eredmények a 9. ábrán láthatóak.



9. ábra A kétütemű motor által leadott teljesítmény a különböző teljesítmény növelő hatásokkal [saját szerkesztés]

A pontozott vonal jelzi a referencia méréssel kapott teljesítményt. Megfigyelhető, hogy a folytonos vonal teljesítmény görbe, melyet a forgattyúház módosításai következtében kaptunk, leginkább a teljesítmény görbe karakterisztikáját befolyásolta. Észrevehető még, hogy az alapmotornál maximális 7500 1/perc fordulatszám helyett 8000 1/perc-ig lehetett mérni, így maximális fordulaton kicsivel nagyobb teljesítmény volt nyerhető, de körülbelül 5500 1/perc fordulat alatt a motor ezekkel a változtatásokkal gyengébbnek bizonyult az eredetihez képest. Ehhez még a henger módosításának hatásai következtében a szaggatott vonal terhelés alatt még 500 1/perc-el nőtt fordulatszám, és a teljesítmény is, az alpméréshez képest 12,6 %-kal növekedett. Az utolsó mérést követően (pontvonal), mely magában foglalja a kompressziós tér szűkítését, a gyertya cserét, a magasabb oktánszámú motorbenzin használatát, valamint a sportlégszűrő és karburátor cserét is, látható a jelentős mértékben megnövekedett teljesítmény a teljes fordulatszám tartományban. A megfelelő beállítások következtében a maximális üresjárat fordulat száma a gyári 8800 1/perc-ről 10700 1/perc-re nőtt. A referencia mérés csúcsteljesítményéhez (372,5 W) képest, mely 7500 1/perc fordulaton volt elérhető, a tuningolást követően a legmagasabb mért teljesítmény 638 W volt 9500 1/perc fordulatszámon, mely összesen 71%-os teljesítménynövekedést jelent. Ezen a fordulaton a motor már sokkal több égéstermékot termel, mint a gyári paraméterekkel bíró, így szükséges lenne egy egyedi, vagy sportkipufogót is felszerelni a gyári helyett, mert ezzel tovább növelhető még a teljesítmény. Ha ezt a növekedési arányt, a gyári adatokhoz hasonlítjuk, mely szerint az MZ TS 125 típusú motorkerékpár 7,35 kW teljesítményű, akkor a tuningolt megközelítőleg 12,6 kW-ot tesz ki. Ez azt jelenti, hogy a gyárit vezethetjük A1 kategóriájú jogosítvánnyal, míg 11 kW felett már A2-es kategóriájú jogosítványra van szükség.

5.2. Károsanyag- és zajkibocsátás

Míg motorteljesítmény mérést minden egyes végrehajtott konstrukciós változtatás után végeztünk, addig, károsanyag-kibocsátás és zaj-kibocsátás vizsgálatokat csak az alpmotorral és a véglegesen, minden teljesítménynövelő változtatást tartalmazó motorral felszerelt járművön végeztünk. A károsanyag-kibocsátás vizsgálatának eredményeit a 2. táblázat foglalja össze. A vizsgált két motorüzemi ponthoz tartozó fordulatszám, motorolajhőmérséklet és légviszony-tényező értékeit próbáltuk a lehető legközelebb beállítani egymáshoz az alpmérés és a hatásvizsgálat esetében. Erre azért van szükség, hogy e tényezőkben való eltérés ne befolyásolja a károsanyag-kibocsátás eredményét, hanem csak az eszközölt konstrukciós változtatások által indikált eredményt mérhessük. A hőmérséklet és fordulatszám paramétereket sikerül szűk tartományon belül tartani, de a lég-viszonytényező (λ) értéke nagyobb mértékben csökkent, a teljesítmény-növelés érdekében használt nagyobb karburátor és főfűvőka, és az ezekkel beállított tüzelőanyagban dúsabb keverék miatt. Ez látszik a motor által kibocsátott CO értékeken is, mivel CO kibocsátás elsősorban a légfelesleg-tényezőtől függ. Az el nem égett szén-hidrogén kibocsátás eredményekkel kapcsolatban összefoglalóan a következőket állapítjuk meg: A nem megfelelő tüzelőanyag-olaj keverék használatának következtében a kipufogóban olaj, és kokszt lerakódás feltételezhető, mert a mérés következtében magas CH kibocsátás volt mérhető az alpmotoron. A tuningolás alapja, hogy csak tökéletes műszaki állapotú motorok módosíthatók eredményesen,

ennek következtében a kipufogóból az olaj eltávolításra került, így a szénhidrogén kibocsátás már ennek köszönhetően is, nagymértékben csökkent.

2. táblázat Az emisszió mérés eredményei [saját szerkesztés]

Mért paraméter	Alapjárat fordulatszám		Emelt üresjárat fordulatszám	
	Alapmotor	Megnövelt teljesítményű motor	Alapmotor	Megnövelt teljesítményű motor
Motorolaj hőmérséklete [°C]	80	79	94	99
Fordulatszám [1/perc]	870	890	2180	2140
Lambda [-]	1,169	1,148	1,042	1,011
CO-kibocsátás [V/V %]	2,88	3,14	5,11	6,08
HC-kibocsátás [V/V ppm]	4740	2090	6710	3730

A zajkibocsátás esetében, az eredmény a feltételezettek szerint alakult. Vagyis a zajemisszió a megnövelt teljesítményű motor esetében megnövekedett, az alapmotor zajkibocsátásához képest. Ami a konkrét értékeket illeti az eredeti motorral felszerelt motorkerékpár zajkibocsátása a jármű álló helyzetében, a motort a maximális fordulatszáman járattva 98,8 dB értékű volt. A teljesítmény-növelt motor esetében a motorkerékpár zajkibocsátása az előzőekkel megegyező módon mérve 108,3 dB volt. Utóbbi érték meghaladja a közúti forgalomban tartás követelményeiben megfogalmazott 100 dB-es értéket [1].

6. KÖVETKEZTETÉSEK

Tanulmányunkban kétütemű motorral hajtott motorkerékpárral foglalkoztunk. Elemeztük a helyzetüket a ma érvényben lévő jogszabályrendszerben és bemutattuk a szakirodalomban található teljesítménynövelő lehetőségeket. Egy kiválasztott motorkerékpár kétütemű motorján teljesítménynövelő szerkezeti átalakításokat végeztünk, amelynek mérésére saját mérőrendszert építettünk. A teljesítmény növelés járulékos hatásait, úgy mint károsanyag-kibocsátás és zaj kibocsátás változás értékeléséhez a teljes motorkerékpáron végeztünk vizsgálatokat akkreditált műhelykörülmények között. A gyakorlati eredmények a következőkkel foglalhatók össze:

- a forgattyús házon elvégzett változtatások a teljesítmény karakterisztikát kismértékben megváltoztatták és kismértékű maximális fordulatszám növelő hatásuk volt.
- a hengeren eszközölt változtatások eredményei a motor teljesítményét a teljes fordulatszám tartományban megnövelték az eredeti motorhoz képest.
- A legnagyobb mértékű teljesítménynövelő hatása a hengerfej, kompresszióviszony, és karburátor átalakításoknak volt. Ezek hatására a motor teljesítményét közel a kétszeresére lehetett megnövelni, amellet, hogy a maximális fordulatszáma is jelentősen megnövekedett. Ezzel a motor egy olyan teljesítménykategóriába került, hogy az ezzel a motorral hajtott motorkerékpár közúti forgalomban való vezetéséhez már egy másik kategóriájú jogosítvány szükséges.
- A motor CO kibocsátása dúsítás miatt megnőtt, míg a HC a kipufogó rendszer tisztítása következtében lecsökkent. A motorkerékpár zajkibocsátása jelentősen emelkedett.

Az összefoglalt teljesítmény változtatások további változtatási igényeket vonnak maguk után, amelyeket érdemes elvégezni ahhoz, hogy a motor és a jármű hosszútávon károsodás nélkül üzemeljenek, a közúti forgalomban tartás műszaki feltételeinek való megfelelés mellett.

6.1. További lehetséges célok

- A forgattyúház szűkítése nagyobb elősűrítési nyomást okoz, így például a tömítő szimeringek nagyobb igénybevételnek lesznek kitéve. A megnövelt kompressziós viszony, növeli az égési csúcsnyomást, mely által már említettem, hogy az égési hő is növekedni fog. Ha a hőmérséklet növekszik, akkor annak elvezetésére szolgáló hűtési módot is optimalizálni kell. Például egy vízhűtéses motor esetében, nem elég

csupán nagyobb hűtőradiátort felszerelni, hanem a hűtő közeg keringtetésére szolgáló vízpumpa térfogatát is növelni kell, valamint a henger körüli folyadékteret. Látható, hogy ez által számos problémába kerülhetünk. Ha a hűtés viszont nem kielégítő, akkor a dugattyú megragadhatnak, melynek veszélyeit, és káros hatásait már részleteztem

- Tuningolás során nem csak a teljesítményváltozásra, az emisszió, és zajszint növekedésére kell gondolni, hanem más szerkezeti elemekre gyakorolt hatására is. A megnövekedett teljesítmény által a motorblokk felfogatási pontjain, valamint a hajtásláncon keresztül nagyobb igénybevétel keletkezik a vázszerkezeten és a kerekeken egyaránt. Ha a rögzítési pontok nem elég szilárdak, akkor azokat is célszerű módosítani, mert kifáradás hatására a hegesztések eltörhetnek, ezzel balesetet okozva.

- Fékezés következtében a nagyobb sebesség hatására megnövekedett mozgási energiát felemészítő gyári fékberendezés nem feltétlenül elegendő. A fékezéskor keletkező súrlódási hő minden esetben növekszik. Ha a fékezés intenzitásának értékén nem változtatunk, akkor az igénybevétel tovább tart, melynek hatására például tárcsaféknél a fékpofák és a féktárcsa között fellépő súrlódási hő megnő. Így első teendő, hogy magasabb hőértékű fékfolyadékot kell alkalmazni, mert ha túlmelegszik az folyadék, akkor a fékhatás romlik. Ajánlatos viszont az egész fékberendezést nagyobb teljesítményűre cserélni, a biztonságos közlekedés érdekében.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A szerzők rendkívül hálásak Molnár László címzetes egyetemi docens úrnak a vizsgálatokban és a kidolgozásokban nyújtott szakmai segítségéért.

IRODALOMI HIVATKOZÁSOK

- [1] A közlekedési, hírközlési és építészeti miniszter: 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet a közúti járművek műszaki megvizsgálásáról. Online. URL: https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99000005.koh (Megtekintés: 2021. 05. 13.)
- [2] Wikipédia: Kétütemű motor. Online. URL: https://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9t%C3%BCtem%C5%B1_motor (Megtekintés: 2021.04.03.)
- [3] Dr. Ternai Zoltán: A motorkerékpár. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
- [4] Kovács László: Motorkerékpár-szerelés. Multi Performance Kft., Gyömrő, 2006.
- [5] Bagány Mihály: Belsőégésű motorok - Egyetemi tananyag. Typotex Kiadó, Kecskemét, 2011.
- [6] Kovács László: Motorkerékpár-szerelés, Multi Performance Kft., Gyömrő, 2006.
- [7] Gál Péter-Csizmazia József: Gépjárműmotorok II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996.
- [8] Confidenza csapágyszolgálat: Precíziós csapágyak. Online. URL: <http://confidenza.hu/csapagyak/precizios-csapagyak> (Megtekintés: 2017.04.15.)
- [9] AdComNet Kft.: Technika: kétütemű vezérlések - 2. rész. Online. URL: <https://www.sportmotor.hu/magazin/ketutemu-motorok-hibai> (Megtekintés: 2021.04.19.)
- [10] Kovács László: Kétüteműek technikája 2. rész. Motorrevü magazin, 1994/12.
- [11] Kovács László: Kétüteműek technikája 11. rész. Motorrevü magazin, 1995/9.
- [12] Az Európai Parlament és a Tanács: Az Európai Parlament és a Tanács 168/2013/EU rendelete (2013. január 15.) a két- vagy háromkerekű járművek, valamint a négykerekű motorkerékpárok jóváhagyásáról és piacfelügyeletéről EGT-vonatkozású szöveg. Online. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32013R0168> (Megtekintés: 2017.04.25.)
- [13] Totalcar.hu Kft.: Hangos legyen a kipufogó vagy ronda? Online. URL: <http://totalbike.hu/magazin/2010/03/04/hangos- legyen- a- kipufogo- vagy- ronda/> (Megtekintés: 2021.05.02.)
- [14] Magyarország Kormánya: 326/2011. (XII. 28.) Korm. rendelet a közúti közlekedési igazgatási feladatokról, a közúti közlekedési okmányok kiadásáról és visszavonásáról. Online. URL: <http://net.jogtar.hu/jr/gen/getdoc2.cgi?docid=A1100326.KOR> (Megtekintés: 2021.05.05.)
- [15] mzt125.atw.hu: MZ TS 125 Műszaki adatok. Online. URL: http://mzt125.atw.hu/muszaki_adatok.htm (Megtekintés: 2021.05.08.)
- [16] Dezsényi, G., Emőd, I., & Finichiu, L. Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata: egyetemi tankönyv. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- [17] Tesztmotor.hu: Mire számíthatunk 2016-ban? A motoripar trendjei – 2. rész. Online. URL: http://tesztmotor.hu/motoripar_trendek_2016_2_resz/ (Megtekintés: 2021.05.11.)
- [18] Az Európai Parlament és a Tanács: Az Európai Parlament és a Tanács 95/1/EK irányelve (1995. február 2.) a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok legnagyobb tervezési sebességéről, valamint a motor legnagyobb nyomatékáról és legnagyobb hasznos teljesítményéről. Online. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A31995L0001&qid=1647337034105> (Megtekintés: 2021.08.15.)
- [19] Központi Statisztikai Hivatal: Magyarországon első alkalommal forgalomba helyezett közúti járműállomány. Online. URL: <https://statinfo.ksh.hu/Stainfo/haViewer.jsp> KSH adatok

- [20] United Nations: Uniform provisions concerning the approval of motor cycles equipped with a positive -ignition engine with regard to the emission of gaseous pollutants by the engine. Online. URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r040e.pdf> (Megtekintés: 2021.10.23.)
- [21] Li Bao, Xizhao Li: The compiling of the motorcycle frame load spectrum Based on Dynamic Characteristic Analysis. Applied Mechanics and Materials Vol. 151, pp 150-154, 2012. Online. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.151.150> (Megtekintés: 2021.10.23)
- [22] United Nations: Uniform provisions concerning the approval of motor cycles with regard to noise. Online. URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R041r2e.pdf> (Megtekintés: 2021.10.23)

Termálvíz tanulmányozása – Kémiaszakköri tevékenységi eredmények

The study of thermal water – Activity results in the field of chemistry

SZILÁGYI József¹, Dr. SÓGOR Csilla²

¹Érmihályfalvi 1. számú Technológiai Líceum, Érmihályfalva,
Hunyadi Mátyás utca, 43 szám, Bihar megye, 415700, telefon: 0746668821,
e- mail: szilas197@yahoo.com

²Babeş–Bolyai Tudományegyetem, Kémia és vegyészmérnöki kar,
Arany János utca, 11 szám, Kolozsvár, csilla.sogor@ubbcluj.ro

Abstract

In addition to theoretical natural science knowledge, it is important to raise everyday problems and analyze life-like situations. The fixed school curriculum is often not enough to cover these issues. Starting a chemistry course provides adequate space to expand science education and try out different teaching and learning techniques. Since the duration of the sessions is not fixed, we can work on each topic more freely, we can also promote learning based on independent discovery, and we can also develop problem-solving skills. It can give them extra motivation if we also include local features in the specialized activities. In the presentation, we will present the program of chemistry activities launched for the ninth and tenth grade students of the Érmihályfalvi Technological High School No. 1 studying natural sciences. Our investigations proved that the professional after-class activity has an important role in the development of the students' cooperation skills and that their relationship to the subject of chemistry has improved.

Keywords: field of chemistry, methodology of chemistry education, experiment, research

Kivonat

Az elméleti természettudományos ismeretek mellett fontos a mindennapokban megjelenő problémák felvetése, az életszerű helyzetek elemzése. A kötött iskolai tanterv sokszor nem elegendő ahhoz, hogy ezekre a kérdésekre kitérjünk. Egy kémia szakkör indítása megfelelő teret biztosít a természettudományos nevelés kibővítésére, különböző tanítási-tanulási technikák kipróbálására. Mivel a foglalkozások időtartama nem kötött, szabadabban dolgozhatunk fel egy- egy témát, ezen kívül az önálló felfedezésen alapuló tanulást is elősegíthetjük, a problémamegoldó képességet is fejleszteni tudjuk. Plusz motivációt adhat számukra, ha a helyi adottságokat is bevonjuk a szakköri tevékenységekbe. Az előadásban az Érmihályfalvi 1. számú Technológiai Líceum természettudományok szakra járó kilencedikes és tizedikes diákjai számára indított kémiaszakköri tevékenység programját mutatjuk be. A vizsgálataink igazolták, hogy a szakköri tevékenységnek fontos szerepe van a diákok együttműködési készségének fejlődésében és javult a kémia tantárgyhoz való viszonyuk.

Kulcsszavak: kémia szakkör, kémia oktatás módszertana, kísérlet, kutatás

1. BEVEZETŐ

1.1. A termálvíz

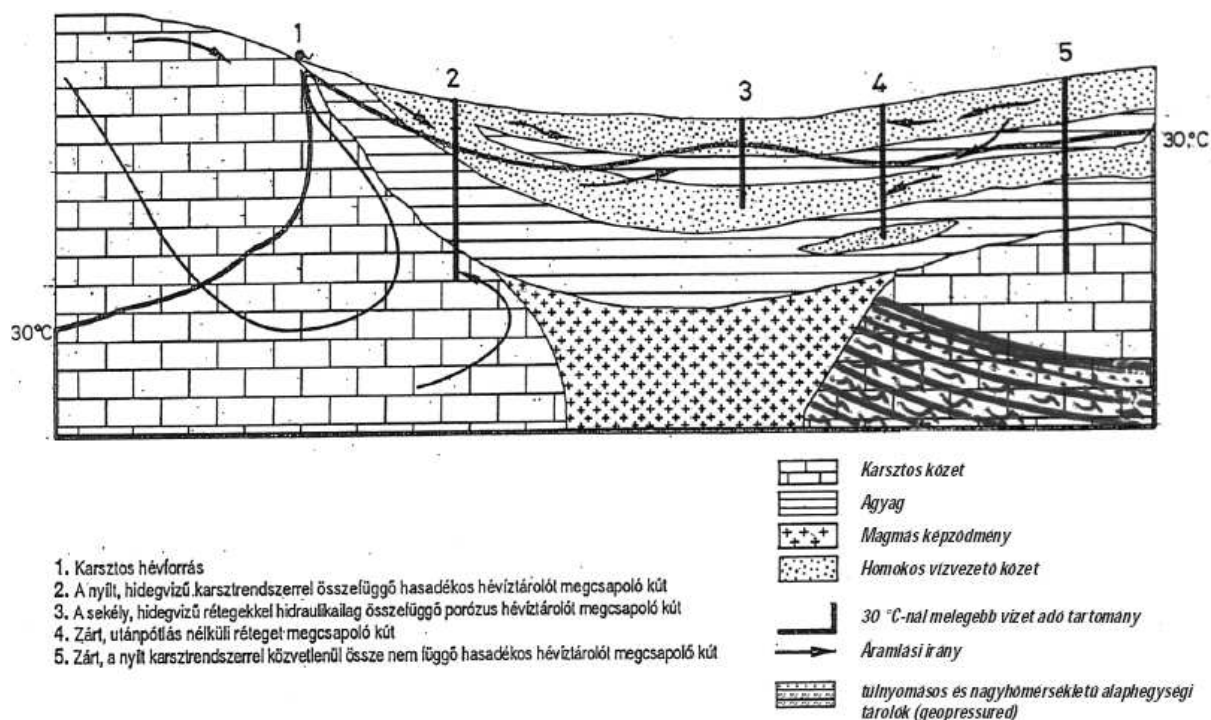
A termálvíz (hévíz) forrásként a felszínre törő, vagy fűrésszel feltárt 20 °C - nál melegebb felszín alatti víz.

A Föld középpontja körülbelül 7000 °C meleg, ami a Föld közepén levő hatalmas nyomásnak és a különböző izotópok radioaktív bomlásának köszönhető. Ez a hőmennyiség vulkanikus területeken, üledékes medencékben (pl.: Izland, Kárpát - medence) természetes úton gyorsan tör a felszín felé. A Kárpát- medence nagy része egy ilyen üledékes medencén terül el, aminek következtében geotermikus adottságaink igen jónak mondhatóak. A forró magma itt nagyjából 10 km-el közelebb van a felszínhez, így a mélységi radioaktív folyamatok eredményeként keletkező hőenergia nálunk általában jóval könnyebben hozzáférhető, mint másutt. A termálvíz több helyen a 6 km-es mélységet is meghaladó üledékes kőzetekben található.

A magas entalpiájú területeken bőven van vulkanikus hő, azonban az alacsony entalpiájú régiókban a hőforrások két típusát különböztetjük meg:

- Az üledékes medencékben a víztározó rétegek vizet szállítanak a mélybe, ami ott felmelegszik, és hasznosíthatóvá válik.

- Léteznek forró, száraz kőzetek, ahol a természetes hőtermelés nagy ugyan, de ezekhez mesterségesen kell aquifert építeni, hogy az energiát hasznosítani tudjuk.



1. ábra. Hévíztárolóló rendszerek [1]

A geotermikus energia közvetlen felhasználása hőmérséklet szerint az alábbiak szerint oszlik meg:

- 20°C Haltenyésztés
- 30°C Uszodafűtés, biolebonatás, erjesztés
- 40°C Talaj melegítés
- 50°C Gombatermesztés, balneológia
- 60°C Állattenyésztés, üvegházak lég- és melegágyfűtése
- 70°C Alacsony hőmérsékletű hűtés
- 80°C Fűtés, üvegházak légfűtése
- 90°C Intenzív jégtelenítés, raktározott hal szárítása
- 100°C Szerves anyagok szárítása, tengeri moszatok, zöldségek, széna szárítás, gyapjú mosás és szárítás
- 110°C Hűtés, cementlapok szárítása
- 120°C Desztillálás, összetett párologtatás
- 130°C Bepárlás a cukorfinomításban, sók extrakciója, sűrítés, kristályosítás
- 140°C Mezőgazdasági termékek szárítása, konzerválás
- 150°C Timföld gyártás Bayer módszerrel
- 160°C Halhús és fűrészarú szárítás
- 180°C Magas koncentrációjú vegyületek bepárlása, ammónia abszorpcióval történő hűtés, diatómaföld szárítás.

Pannóniában a rómaiak igen fejlett fürdőkultúrával rendelkeztek. Az általuk épített meleg vizes fürdőkben megvoltak a higiénia elengedhetetlen kellékei, s a fürdő kulturális és szórakozási központ is volt. Aquincumban eddig 11 fürdőt tártak fel. A X. századi népek is áhítattal tisztelték a természet erőit, a vizeket,

forrásokat, hévizeket. Szívesen telepedtek le meleg források környékén. A keresztény szerzetesek a VI. századtól klastromokat, ispotályokat (kórházakat) építettek a gyógyvizek köré. A Kárpát-medence fürdői Zsigmond király uralkodásának idején tettek hírnévre szert. Mátyás király idején felvirágzott a fürdőzés. A török korban sok minden hanyatlott, de a török fürdőket fényűzően építették meg. A törökök kivonulása után a fürdők fejlődése megkezdődött. XVIII. század végén kezdtek kialakulni a vidéki gyógyfürdőközpontok. A XXI. században az orvostudomány, a balneológia, a mélyfűrészi technika kifejlődésének eredményeként sok helyen olajat keresve termálvizet találtak.

1.2. Tanítási módszerek

Oktatási munkánk fontos része tevékenységeink szakszerű leírása. Az oktatási stratégia fontos része az alkalmazott módszerek leírása, csoportosítása. Falus Iván [2] szerint a tanítási módszereket, a következőképpen lehet csoportosítani:

- klasszikus módszerek,
- interaktív módszerek,
- újgenerációs módszerek

A klasszikus módszer munkaformái a hagyományos tanítási gyakorlathoz, hagyományos tanári és diák szerepkörhöz köthetők. Ebben a tanulási környezetben a tanár nagymértékben irányítja a tanulási folyamatot, a kommunikációt. A diákok kevés lehetőséget kapnak saját véleményük, igényeik megfogalmazására. A tananyag átadása frontálisan történik, többnyire tanári magyarázattal, utasításokkal. A tanuló befogadja, és jó esetben visszaadja a tanártól kapott információt. Hiányzik a kétirányú kommunikáció, a párbeszéd. Ide tartoznak: a frontális osztálymunka, a tanári magyarázat, az egyéni munka, a tanári prezentáció, a tanári számonkérés, értékelés és a megbeszélés. Az interaktív módszerekhez soroljuk: a csoportos feladatmegoldást, a tanulói kiselőadást és a tanulói prezentációt, a játékot, a közös ellenőrzést és értékelést, a vitát és a versenyt. Az interaktív módszerek használatakor a diákoknak aktívabb szerep jut a tanulási folyamatban. „Ebben a megközelítésben a tanulás egymáshoz kapcsolódó interakciók sorozataként aktív tanulói részvétellel, konstruktív szellemben történik. Didaktikai szempontból a folyamat egyaránt fontos meghatározója a tanár, a diáktárs, a feladat együttes jelenléte”. [2] A tanóra folyamán a tanár több teret enged a tanulók megnyilvánulásának. Ugyanakkor meghatározó szerepet kapnak az órán „az egymástól való tanulás, a közösségi tevékenységek”, az együttműködés. A tananyag tartalma mellett fontossá válik a tanultak megértése is. A harmadik kategória az úgynevezett, újgenerációs módszerek. Ide tartoznak: a kooperatív tanulás, a projekt módszer, az önértékelés és az önellenőrzés, a dramatizálás, a számítógép segítségével történő anyaggyűjtés és a számítógépes módszerek. Ennél a módszercsoportnál a tanulók központú tevékenységeknek köszönhetően a tanulók a tudásépítés részesei lehetnek. A tervezett tanítási- tanulási stratégiák elősegítik a tanultak megértését és értelmezését. Az ismeretek bővítése mellett fontossá válik a tanulók motiválása, a képességek fejlesztése. Az újgenerációs módszereknek köszönhetően a tanulók nem csak információkat gyűjtenek a számítógép segítségével, de a gyűjtött információkat felhasználhatják új tartalmak létrehozására. „Ebben a folyamatban a szereplők, tanulók és tanár, információfogyasztók helyett aktív tudás alkotóvá válnak”. [3]

Egy tanítási óra során általában több módszer kombinációját használjuk. Ezt a „módszer kombinációt” az osztályok összetétele, a személyiségünk és a felkészültségünk, az adott tananyag, a célok határozzák meg. A kutatások és felmérések eredményei azt mutatják, hogy sajnos a mai magyar nyelvű oktatásban az egyik leggyakrabban előforduló módszer, még mindig a frontális osztálymunka. Legtöbb pedagógus még mindig azt gondolja, hogy csak frontális magyarázattal lehet átadni a tudást és még mindig nem ad lehetőséget a diákoknak saját elképzeléseik, gondolataik megfogalmazására. Ez megnehezíti a tanulók figyelmének és érdeklődésüknek a fenntartását. A pozitív változás érdekében, elsősorban, nekünk pedagógusoknak kell változni, lépést tartani az új kihívásokkal, újabb és újabb módszerekkel próbálkozni, a tanulás- tanítás hatékonyságának növelése érdekében.

1.3. Csoportmunka

A gyerekek különböző jellegű csoportos tevékenységét igen fontosnak és hasznosnak tartják napjaink különböző pedagógiai elgondolásaiban. A csoportos tevékenységek közben a diákoknak beszélniük kell, ez a leghatásosabb módja a tanultak feldolgozásának. Mindeközben kipróbálhatják az új szavakat, lehetőségeket, az új módszerek kísérleti megfogalmazását. A félig struktúrált beszélgetésnek az a formája, amit akkor alkalmaznak a gyerekek, amikor a diákok egy kis csoportja beszámolót készít az egész osztálynak, nagyon értékes, talán sokkal értékesebb, mint ténylegesen elkészíteni a beszámolót, vagy megtervezni, majd végrehajtani a kísérletet, először a csoportban, majd közösen az osztállyal elemezni annak eredményét.

Rendkívül hasznos, ha a gyerekek tét nélküli kísérleti helyzetekben alkalmazhatják ismereteiket, gondolataikat, és így tökéletesíthetik a megértést. A beszéd oly módon lehet kutató jellegű, ahogy az írás nem. Sok esetben komoly kísértést jelenthet a tanár számára, hogy siettesse, „segítse” a folyamatot, hiszen sokkal gyorsabbnak gondolja az elsajátítási folyamatot, ha ő maga mond el mindent. De ez sok esetben csak rövidzárlatot okoz egy szükségszerű fejlődésben. Azt is figyelembe kell venni, hogy az adott szinten nem az a fontos, hogy a diákok éppen akkor jók legyenek valamiben, hanem az, hogy azzá váljanak. Ugyanakkor azt látjuk, hogy a tanárok csak mintegy legfeljebb közepes mértékben alkalmazzák ezt a tanulószervezési módot.

A felnövekvő gyermeknek felnőtt korára alkotónak és gyakorlati szakembernek is kell lennie, ha választott szakmájában eredményes akar lenni, ezért nem elegendő, ha csak mesterséges problémákon „gyakorolnak” a diákok, hanem mindennapi életből vett, őket érintő problémákat kell nekik adni, aminek megoldásához szükséges információkat is a mindennapi élet forrásaiból lehet előkeresni, majd ezeket kritikusan kezelni, elemezni, rendszerezni, és végül a probléma megoldásához konstruktívan szintetizálni. Ahhoz, hogy bonyolultabb, összetettebb problémával is meg tudjanak birkózni a diákok, fontos a megfelelő munkaforma kiválasztása is. A fejlesztendő, szociális képességeket - készségeket is figyelembe véve (együtt dolgozni, közösen gondolkodni, más véleményét elfogadni, kooperatívan tanulni) összességében a kiscsoportos munka bizonyul a legalkalmasabbnak. Ez az a munkaforma, amelyben, ha jó problémát kell megoldani, akkor sokkal hatékonyabban tanulnak és dolgoznak a diákok, mint az egyéni munka során. [4]

2. A KUTATÁS BEMUTATÁSA ÉS CÉLJA

Az Érmihályfalvi 1. számú Technológiai Líceum diákjainak mintegy fele helyi, másik fele pedig a környező településekről jár az Érmellék fővárosába tanulni. A kémia órák során igyekszünk felhívni diákjaink figyelmét egy olyan kincs léteire és fontosságára, amely a környékünkön fellelhető. A tapasztalat az, hogy a gyerekek nagy része igen keveset vagy semmit sem tud a termálvíz jellemzőiről, jelentőségéről. Ez késztetett arra, hogy kémia kör formájában, kötetlenül, az órai kereteket túllépve megismertessük velük a termálvíz tulajdonságait. Ezekben a foglalkozásokon különböző interaktív módszereket alkalmaztunk. Igyekeztünk megkeverni azokat a módszereket, amelyekkel elérhetjük, hogy diákok ne nyűgként gondoljanak a kémiára, ne a szükséges rossz szerepét töltsék be a kémia tudománya.

A kémiakör lehetőséget adott, hogy ne csak az általános órai szabályok keretei között mozoghassunk a gyerekekkel.

2.1. A kutatás kérdései és hipotézisei

Kutatás során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Eredményesebben sajátítják-e el a tananyagot az interaktív módszerekkel tanuló diákok?
- Interaktív tanulás hatására fejlődik-e a tanulók együttműködési készsége és javul-e a kémiához való viszonya?
- Hogyan viszonyulnak a tanulók az interaktív csoportmunkához? Mi a véleményük róla?

A fenti kérdések alapján a következő hipotéziseket állítottuk fel:

- Interaktív módszereket használva nő a tanulók tudásszintje.
- Az interaktív módszerek alkalmazása kémia órán motiválja a tanulókat a tanulásban, amely a javuló egyéni teljesítményben nyilvánul meg, ezáltal vonzóbbá teszi a kémiát a diákok számára.
- Interaktív módszereket használva a diákoknak fejlődik az együttműködési készsége és javul a kémiához való viszonya, mert szeretik a közös munkát, jobban mernek kérdezni és van idejük, hogy rájöjjenek a megoldásra.

2.3 A kutatás résztvevői

Kémia kör során az Érmihályfalvi 1. számú Technológiai Líceum IX. és X. osztályos természettudományok szakára járó 16 diákkal vizsgáltuk a termálvíz tulajdonságait, illetve felhasználhatóságát.

2.4 A kutatásban felhasznált módszerek

A kutatás során a következő interaktív módszereket, eljárásokat alkalmaztuk: csillagrobbanás, piramis, párválasztás behunyt szemmel, színes pöttyök, hajlított véleményvonal, kölcsönös tanítás módszere, Bumm!, kísérletezés, állj föl csendben, állatképek, elvárások fája, „változtasd meg a társad” módszer, Szervusz!, 3-2-1 módszer. [5] [6]

2.5 A szakköri foglalkozások témái és az alkalmazott oktatási módszerek:

1. *A termálvízzel kapcsolatos előzetes ismeretek, munkavédelmi szabályok [7]*

A csillagrobbanás módszerével a diákok eddigi termálvízzel kapcsolatos ismereteit mértük. A módszer célja, hogy minél több kérdést és ezáltal minél több kapcsolódást kapjunk a fogalmak között. Ösztönzi a kreativitást, részt vett benne az egész csoport. A csillagrobbanás módszerénél a tanár szerepe az irányítás. A diákok frontálisan dolgoztak, felírták a táblára a termálvízzel kapcsolatos kérdéseiket. Az általuk feltett kérdésekre a következő órákon kerestük meg a választ. A tevékenység másik felében a munkavédelmi szabályok megbeszélése következett.

2. *A termálvíz eredete [8]*

A foglalkozás során munkalap segítségével a termálvíz eredetéről szerezhettek információkat, valamint az érmelléki talaj összetételéről, amely a felszínre kerülő termálvíz kémiai összetételét is befolyásolja. A munkafolyamatban a piramis módszert alkalmaztuk. A piramis vagy hógolyó módszer alapja az egyéni tevékenységek ötvözése a csoportos együttműködéssel. Abból áll, hogy az egyes tagok tevékenységét belefoglaljuk a kollektív munkálkodásba, melynek célja az adott feladat megoldása.

3. *A termálvíz felhasználása [9]*

A hajlított véleményvonal segítségével négy főből álló csoportokat alakítottunk ki, négy csoport jött létre. A kölcsönös tanulási- tanítási módszer középpontjában négy tanulási stratégia áll, melyek a következők:

- összefoglalás – a kapott szöveget összefoglalja
- kérdések megfogalmazása – kérdéseket tesznek fel az olvasott információval kapcsolatban
- adatok tisztázása – az ismeretlen, nehezebben érthető szavak, kifejezések megvitatása
- pontosítás – az olvasottak alapján, kifejezése annak, amit a diákok vélnek, hogy fog történni

A módszer szakaszai: a módszer megmagyarázása, a diákok szerepeinek kiosztása, csoportokba való felosztás, a kapott szövegen való munka, a kölcsönös tanulás megvalósulása, értékelés és magyarázat. Minden csoport egy nagyméretű lapra jegyezte föl a feladatban szereplő tevékenységének megfelelő észrevételeket, tapasztalatokat. A csoportos munka után frontálisan megbeszéltük a következtetéseket, ami felkerült a táblára is. Ugyanazt a munkalapot készítettük el minden csoport számára a megjelölt könyvszeret alapján. Közösön levonhatták a következtetéseket: a geotermikus energiából eredően a termálvizet az emberiség sokrétűen alkalmazza, legnagyobb területen fűtésre. Az állattenyésztéstől kezdve a növénytermesztésen át egészen a külső és belső gyógyászatig, az élet számos helyszínén alkalmazzák.

4. *Mintavétel [7, 10]*

A foglalkozás első részénél egy csoport kialakítása volt a cél, akik részt vesznek a mintavételezésben. A Bumm! módszer során a négy diákból álló csoport tagjai körben álltak. Két diákot megkértünk, hogy gugoljanak le. A fennmaradó két diáknak egy kérdésre kellett válaszolnia, aki gyorsabb, az nyer. A győztes lett az első a csoportban, majd a másik két diákból szintén a gyorsabb csatlakozhatott hozzá. Ez a módszer csak látszólag véletlenszerű a két csoport kialakítására, a cél az volt, hogy mindegyik csoportba jusson egy jobb kézügyességű. Ezt követően a mintavétel Székelyhídon történt, amely az Érmelléken, Érmihályfalvától 25, Nagyváradtól 42 km-re, északra fekszik. A minták konzerválására tömény salétromsavat (63%) használtunk. A pH-, illetve hőmérséklet esetén mért értékeket feljegyezték egy kísérleti munkalapra.

5. *A termálvíz vizsgálata – 1 rész [7, 10, 11]*

A következő két tevékenység laborgyakorlat volt. Ezt ugyancsak egy oktatási módszerrel vezettük be, amely segíti a csapatmunkát. A „Szervusz! Módszer” egy játék, amellyel megteremthetjük a hangulatot. Mivel játék során a diákok meg kellett fogják egymás kezét, segít az egymással szembeni bizalom növelésében. A játék végén sa diákok megkapták a kísérleti munkalapot. A továbbiakban alkalmazott módszer az „Elvárások fája”. Egy üres lap közepére rajzoltak egy fát mely fölé a következő kérdést írták: „Milyen anyagokat tartalmazhat oldott állapotban a termálvíz?” A táblára is helyeztünk egy fát ábrázoló posztert, melyre kis cédulákat ragasztottak az ionok képletével és elnevezésével. A kísérletek során az ammónium- és foszfát- ion koncentrációjának vizsgálata valamint a vízkeménység megállapítása volt a feladat.

6. *A termálvíz vizsgálata – 2 rész [7, 10, 12]*

A foglalkozás során potenciometriás titrálás segítségével a minta klorid ion- koncentrációjának meghatározása történt. A „Változtasd meg a társad” csoportban végzendő munkamódszer. Két koncentrikus kört hoztunk létre székekből úgy, hogy a székek egymással szemben helyezkedjenek el. Szabadon választhattak helyet, ám mivel a „barátok” egymással szembe ültek, megkértük őket, hogy induljanak el az óramutató

járásával ellentétes irányba, majd az ötödik székre üljenek. Az így létrejött párok a kiosztott munkalapok alapján dolgoztak. Végül frontálisan elemeztük ki a megoldást, ami a táblára is felkerült.

7. Ismétlés, véleménykutatás

A tevékenységek értékelése a 3-2-1 módszerrel történt. A diákok le kellett írjanak három tanult fogalmat, két dolgot, amiről a továbbiakban tanulni szeretnének, illetve egy képességet, jártasságot vagy készséget, amelyről úgy gondolják, hogy a tanítási- tanulási folyamatban kialakult bennük. A fogalmak közül leggyakrabban a geotermális energia, gyógyvíz, analízis voltak. A legtöbben arról szeretnének még tanulni, hogyan alkalmazhatnák ki az érmellékiek a termálvizet. Készségként az együttműködést, illetve a kezűgyességet jelölték meg.

3. KIÉRTÉKELÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A harmadik óra utáni véleményfelmérő kérdőív kiértékelését az 1. Táblázatban foglaltuk össze. A diákoknak tetszetek a foglalkozások, hárman adtak 1-es és 2-es osztályzatot.

Milyenek voltak a foglalkozások?	0 Szörnyű	1	2	3	4	5 Remek
Válaszok száma	-	1 diák 6,25%	2 diák 12,5%	3 diák 18,75%	8 diák 50%	2 diák 12,5%

1. táblázat. Az első véleménykutatás eredményei

A tevékenység legvégén egy újabb véleménykutatást végeztünk, melynek eredményei a 2. táblázatban tekinthetők meg.

Állítások	Lehetséges válaszok			
	1 Nem igaz	2 Kisebb részben igaz	3 Nagyobb részben igaz	4 Teljesen igaz
1. Többet tanultam így, mint egy hagyományos órán	-	-	4 diák 25%	12 diák 75%
2. Mindig érdekes volt az óra	-	1 diák 6,25%	5 diák 31,25%	10 diák 62,5%
3. A hatékony tanuláshoz szükséges rend és fegyelem biztosított volt a tanórán	-	-	2 diák 12,5%	14 diák 87,5%
4. Egyedül is ugyanolyan eredményeket kaptam volna	14 diák 87,5%	1 diák 6,25%	1 diák 6,25%	-
5. Vártam a következő aktivitást	-	-	-	16 diák 100%
6. A hagyományos órákat kedvelem inkább	8 diák 50%	5 diák 31,25%	2 diák 12,5%	1 diák 6,25%

2. táblázat. Véleménykutatás – az interaktív módszerek hatékonysága és eredményességére vonatkozóan

Mindegyik hipotézis esetében pozitív volt a válasz, melyet a diákok által kitöltött kérdőívek is alátámasztanak. A tanártól sokkal több munkát igényelt, mint egy hagyományos óra, de megéri a fáradságot. Természetesen a hagyományos módszereket sem lehet kizárni, de egy kis játékosággal szinte minden órán elérhetjük céljainkat.

Az interaktív módszerek sokkal játékosabbak. A gyerekek „játszva tanulnak”, ezáltal aktív részesei az órának, folyamatos mozgásban vannak, így nem lankad a figyelmük. Mindenre azonnal „ráharapnak”, alig várják a következő feladatot. Az új módszer alkalmazása megakadályozza azt is, hogy a megszokott tanári rutink és módszerek uralkodóvá váljanak. Mivel élményszerű a tanulás folyamata, jobban rögzülnek a tanulások. Ezzel segíti a motiváció fenntartását, fejleszti a problémamegoldó készséget, a toleranciát, építi a közösséget. Számos esetben aktiváló szerepe is van az interaktív módszereknek. Ám néhány hátránnyal is jár ez a mozgalmasság. Egyike ezeknek a zaj, mellyel zavarhatjuk a szomszéd osztályteremben levőket, de ez kémia-kör során nem állt fenn. A játékoság olykor viszájára is fordulhat, mert a diák magára a játékokra emlékszik vissza, nem rögzül a tartalom. A tanárnak lényegesen több feladatot jelent a foglalkozásokra való előkészület.

A tanár nem megfelelő felkészültsége miatt a módszer kudarcba fulladhat, ez pedig a gyerekek számára demotiváló lehet. Az interaktív módszereknél még fontosabbá válik a tanár irányító szerepe.

Az elméleti természettudományos ismeretek mellett nagyobb szerepet kapnak a mindennapokban megjelenő problémák, az életszerű helyzetek elemzése. Ennek elérése érdekében nagyon fontos a tanulási technikák tanítása, úgymond a tanulás tanulása, a kooperatív módszerek használata, az önálló felfedezésen alapuló tanulás segítése, a probléma megoldó képesség fejlesztése. A különböző tanuló központú módszerekkel feldolgozott leckék segíthetnek abban is, hogy a gyerekek személyiségét jobban megismerjük, igényeikhez igazodjunk. Ha diákjaink ezekkel a módszerekkel szerzik meg természettudományos ismereteiket, fejlődik a természettudományos gondolkodásuk.

Fontos, hogy a tanulók a különböző témák feldolgozása, bemutatása kapcsán elgondolkodjanak, az új tananyag részeknél használják előzetes ismereteiket. A tanórák megtervezésekor fontos szerepet kell szánunk a kooperatív módszerek használatának. A csoportmunka elősegíti az önismeret fejlesztést és társaik megismerését. Lehetőséget ad a foglalkozások, önmagukat és társaikat folyamatos értékelésére. A tanulók nagyon szeretik, amikor a különböző tanult témák alkalmával feladatként diáktársaikat taníthatják.

A különböző témakörökhöz kapcsolódó élet közeli problémahelyzetek feltárásával, a tanulók motiváltabbak lesznek a kémia fogalmainak, folyamatainak és törvényeinek a tanulásában. A tanítás- tanulás tevékenységek során minél több valós példát, mindennapokban előforduló helyzetet kell felvetni a gyerekeknek és együtt keresni azokra a magyarázatot. Nagyon fontos, hogy ezeket az ismereteket saját addigi tapasztalataik tükrében ismertessük meg, ne feledkezzünk meg, hogy a természettudományos megismerés alapja a megfigyelés, a kísérlet és a mérés. Adjunk lehetőséget a tanulóknak, hogy megfogalmazzák gondolataikat a különböző témakörökhöz tartozó tapasztalataikkal kapcsolatban, és helyezzük ezeket a tapasztalatokat, gondolatokat kémia közegébe. A hatékony tanulás érdekében adjunk lehetőséget a kísérletezésre és mérési feladatok elvégzésére. Segítsük őket felismerni, hogy ezen ismeretek segítségével sikereket érhetnek el életük során, illetve munkájukban. Minderre a sokszínűségekre kell felhívni a figyelmüket tanórákon és, ha lehetőség van, tanórán kívüli foglalkozásokon is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Miklósi Árpád, A termálvíz többcélú hasznosításának helyzete és lehetőségei Magyarországon, Kőolaj és Földgáz 35. (135.) évfolyam 9-10. szám, 2002. szeptember-október
- [2] Falus Iván: Didaktika: elméleti alapok a tanítás tanulásához, Nemzeti Tankönyvkiadó, 7. kiadás változatlan utánnyomás, Budapest. 2013
- [3] Falus Iván: A gyakorlat pedagógiája. In: Golnhofer Erzsébet és Nahalka István (szerk.): A pedagógusok pedagógiája. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 15-27., 2001
- [4] Radnóti Katalin: Milyen oktatási és értékelési módszereket alkalmaznak a pedagógusok a mai magyar iskolában? Megjelent: In. Kerber Zoltán (Szerk.) Hidak a tantárgyak között. Országos Közoktatási Intézet, Budapest. 131-167. oldalak, könyv fejezet
- [5] Tóth Zoltán: Korszerű kémia tantárgy-pedagógia, Híd a pedagógiai kutatás és a kémiaoktatás között, Debreceni Egyetemi Kiadó, 2015
- [6] Szalay Luca és mtsai: A kémiatanítás módszertana, ELTE, Budapest, 2015
- [7] Luca Adrian, Boldea Elena Petria, Marcu Vasile: Oktatási-nevelési interaktív módszerek- képzési tananyag, 2013
- [8] Augustin Țenu: Zăcămintele de ape hipertermale din nord – vestul României, Editura Academiei, București, 1981
- [9] http://www.google.co.hu/geotermális_energia, Monoki Ákos, Geotermikus energia (hozzáférés 2006. 01. 25)
- [10] Válatiné Baldos Éva, Terepi vizsgálatok III: vízvizsgálatok
- [11] Silvia Breben, Elena Gongea, Georgeta Ruiiu: Metode Interactive De Grup, Editura Arves, Craiova, 2007
- [12] Újszerű módszerek a kémia tanításában Megjelent: Módszertani Lapok, Kémia 9. évfolyam 3. szám 1-13. oldal

A probiotikus baktériumok antibiotikum rezisztenciája

Antibiotic resistance of probiotic bacteria

SZULCZER-BALOG Viktoria egyetemi hallgató¹

Drd. SALAMON Pál egyetemi tanársegéd¹

Dr. BOTH Emese egyetemi adjunktus¹

¹Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Kar, Biomérnöki Tanszék,
Csíkszereda, Szabadság Tér 1. sz., 530104, Tel.: +40-266-314-657, Fax: +40-266-372-099,
E-mail: csikszereda@sapientia.ro, www.sapientia.ro

ABSTRACT

The modern form of life starting from stress, toxins and other environmental factors come with a negative impact on the general health of humanity. In addition, the frequent use of antibiotics lead to the forming of multidrug resistant strains, with the formation of these, is hard to threat microbiotic diseases. Considering this situation loads scientific researchers trying to find a solution to these virulent microbes. That is why probiotic bacteria which has been proven to have a beneficial effect on the human/animal immune system is now prioritized, these microbes interfere or in some situations completely destroy the pathogens located in the intestine, in addition the microbes contribute in the settling of the natural intestinal microbiome and preventing the infections. In the present study we aimed to evaluate the food safety aspects of antibiotic resistance in probiotic lactic acid bacteria.

Keywords: probiotics, lactic acid bacteria, antibiotics, antibiotic resistance, gene transfer

KIVONAT

A modern életforma, a stressz, toxinok és egyéb környezeti tényezők az emberi egészségre romboló hatást fejtenek ki, emellett az antibiotikumok gyakori használata ahhoz vezetett, hogy számos multidrog rezisztens törzs létrejötté által nehezen kezelhető mikrobiális eredetű betegségek terjedhetnek. Emiatt sok tudományos kutatás irányul arra, hogy egy fenntartható megoldást találjanak ezen virulens mikrobák ellen. Így kerültek előtérbe az emberi/állati szervezetre jótékony hatással rendelkező probiotikus baktériumok, ugyanis ezen mikroorganizmusok gátolják, esetleg elpusztíthatják a bélben lévő patogéneket, emellett antibiotikumok kezelése után hozzájárulnak a természetes bélmikrobióta újratelepedéséhez és egy újabb fertőzés megelőzéséhez. Jelen tanulmányban a probiotikus tulajdonsággal bíró tejsavbaktériumok lehetséges antibiotikum rezisztenciájának élelmiszerbiztonsági kérdéseit szándékoztunk körvonalazni.

Kulcsszavak: probiotikumok, tejsavbaktérium, antibiotikum, antibiotikum rezisztencia, géntranszfer

1. BEVEZETŐ

A mikrobiális antibiotikum rezisztencia egyik legégetőbb probléma világszerte, az Egészségügyi Világszervezet (WHO), Élelmiszer- és Mezőgazdasági Szervezet (FAO), az Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatala (FDA) és az Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) mind felhívták a figyelmet ezen téma fontosságára. Minden egyes alkalommal amikor antibiotikumot használunk embernél vagy állatoknál, az antibiotikum rezisztencia elterjedéséhez járulunk hozzá. Miképp a tejsavbaktériumok is felelősek lehetnek az antibiotikum rezisztencia gének terjedéséért, úgy a probiotikus tejsavbaktériumok használata az élelmiszerekben új élelmiszerbiztonsági kérdéseket vet fel.

2. A PROBIOTIKUS BAKTÉRIUMOK JELLEMZÉSE

A probiotikum elnevezést a 60-as években használták először olyan élő mikroorganizmusokra, amelyeknek fogyasztása jótékony hatással van az emésztőrendszerre, valamint a fogyasztó egészségére. A probiotikumot tartalmazó élelmiszerekben az a cél, hogy a probiotikus mikrobának minél több élő sejtje érje el a vastagbelet és ott képes legyen megtelepedni. Ez az állítás egyértelműen igaz a probiotikus joghurtokra, melyek a tejsavbaktériumokon kívül valamely humán eredetű *Bifidobacterium* faj törzsét tartalmazzák élő állapotban, 10^6 – 10^7 sejt/mL koncentrációban. A *Bifidobacterium* fajok az egészséges vastagbél mikrobiotájának aktív tagjai, amelyeknek immunrendszert stimuláló és a patogén baktériumokat gátló antibiotikus hatást tulajdonítanak. A patogén baktériumok gátlásában a tejsav termelésén kívül egyéb szerves savak, valamint a bakteriocinek termelésének is szerepe van [1].

Probiotikus tejsavbaktérium fajok a következők: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus gasseri* és *Lactobacillus reuteri*. A *Bifidobacterium* fajok közül ugyancsak probiotikus tulajdonságokkal rendelkeznek a *Bifidobacterium bifidum*, a *Bifidobacterium longum* és a *Bifidobacterium infantis* [2]. A tejsavbaktériumokon és bifidobaktériumokon kívül más baktériumoknál is kimutattak probiotikus hatást: néhány *Bacillus* faj (többnyire a *B. clausii*, *B. pumilus*, *B. cereus*) élő spórái is az immunrendszert stimuláló hatást fejtenek ki, ami azonban a vegetatív sejtekre nem jellemző [1].

A gasztrointesztinális (GI) traktuson áthaladó probiotikumok eljutását a vastagbélbe számos fiziológiai paraméter befolyásolhatja, például: alacsony pH, epesók, enzimek, perisztaltikus mozgás stb. A probiotikus termékek hatékonysága növelhető olyan élelmiszerekben használható vivőanyagokkal (kapszulázás) amelyek védelmet biztosítanak a sejtek számára, valamint erősítik a probiotikus hatást, tehát potenciális prebiotikumként funkcionálhatnak. Tudományos közleményekben olvashatunk arról, hogy kapszulázással próbálják javítani a probiotikus baktériumok (pl. *L. rhamnosus*) életképességét és stabilitását emésztőrendszert szimuláló (*in vitro*) körülmények között. Ezek a kapszulázó anyag- részecskék magukba zárják a probiotikus baktérium sejteket, biztosítják azok megmaradását az élelmiszerben, valamint a sejtek túlélését javítják az emésztőrendszerben. A potenciális probiotikus izolátumok hozzájárulnak az egészség megőrzéséhez és javításához, és alkalmasak funkcionális probiotikus termékek fejlesztésére [5].

2.1. Antibiotikum rezisztencia megjelenése probiotikumoknál

A starterkultúrákban vagy a tejtermékekben probiotikumként használt *Lactobacillus*ok nagy számban kerülnek be a béltraktusba, ahol kölcsönhatásba lépnek a bélmikrobiótával. Ennek következtében megvan a lehetőség arra, hogy gazdaszervezetként szolgáljanak az antibiotikum-rezisztencia gének számára és fennáll annak a veszélye, hogy a géneket számostejsavbaktériumnak és más patogén baktériumnak továbbítsák. A *Lactobacillus* fajok magasfokú természetes ellenállóképességgel rendelkeznek a bacitracinnal, cefoxitinnel, ciprofloxacinnal, fuzidinsavval, kanamicinnel, gentamicinnel, metronidazollal, nitrofurantoinnal, norfloxacinnal, sztreptomocinnal, szulfadiazinnal, sztreptomocinnal, szulfadiazinnal, sztreptomocinnal, trimetoprim/vind-2, teikoprim/ szulfa, 3, 2,5 methoprim/vind-0, 2,0- és van-3-szulfacinnal szemben. Egy tanulmány szerint a *Lactobacillus*ok alacsony minimális gátlási koncentrációt (MIC) mutattak ki az imipenem, a piperacillin tazobaktám, az eritromicin és a klindamicin esetében, de a penicillinre és a cefalosporinokra eltérő érzékenységgel rendelkeztek (Bernardeau és mtsai. 2008).

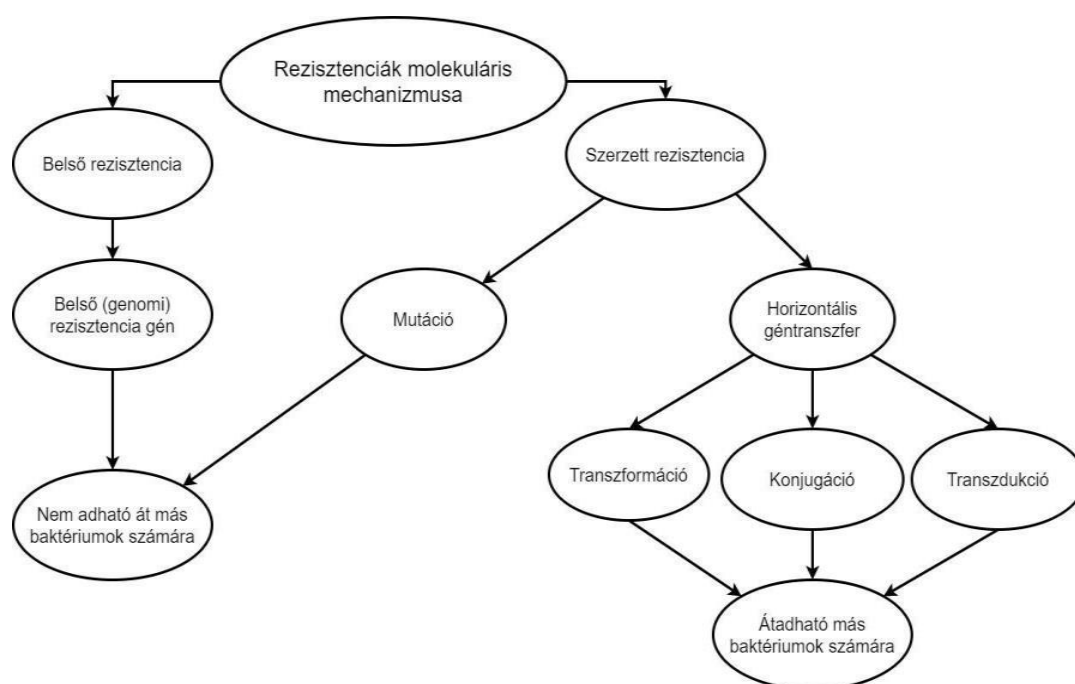
3. AZ ANTIBIOTIKUMHASZNÁLAT VESZÉLYEI

Világszerte évente több mint 50 millió kilogramm antibiotikumot használnak felélelmiszer-állattenyésztésben. Az Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hatóság (FDA) jóváhagyta az antibiotikumok alkalmazását takarmány-kiegészítőként az élelmiszer-állat-tenyésztési iparágakban, például: az ampicillin, amoxicillin, cefadroxil, klórtetraciklin, doxiciklin, eritromicin, flumequin, gentamicin, veneomicin, oxitetraciklin, spiramicin, penicillinek, szulfadiazin, szulfadimetoxin és tetraciklinek széles körben használt antibiotikumok. Azonban az Egészségügyi Világszervezet (WHO) korlátozta ezen antibiotikumok felhasználását az élelmiszer-állat-tenyésztési iparban, mivel megnövekedett a rezisztens fajok kialakulásának veszélye a túlzott antibiotikum-használat következtében (Harikrishnaraj és mtsai. 2021).

3.1. Antibiotikum rezisztencia megjelenése probiotikus baktériumoknál, természetes- és szerzett rezisztencia

A kórokozó baktériumokhoz hasonlóan a probiotikumok antibiotikum-rezisztenciája lehet „belső” vagy „szerzett” rezisztencia. Az előbbit más néven természetes rezisztenciának nevezzük, egy természetes bakteriális biológiából eredő tulajdonság; ez egyes probiotikus baktériumok természetes jellemzője. A természetes rezisztencia kromoszómálisan, főként a kromoszómák belső rezisztencia génjein kódolt; nem vihető át más baktériumokra. A szerzett rezisztencia akkor jön létre, amikor egy előzőleg antibiotikumra érzékeny baktérium rezisztenciát alakít ki: génmutáció vagy horizontális géntranszfer révén. A szelektív nyomás gyakran okozza a probiotikumok szerzett rezisztenciáját az adott antibiotikum ismételt- vagy hosszú távú alkalmazásának következményeként. Ilyenkor a baktériumok szerkezete és fiziológiai vagy biokémiai funkciója megváltozik, beleértve a genetikai anyagok mutációját vagy az exogén genetikai anyagokat (rezisztencia gének), ami végső soron a más, de hasonló mechanizmussal ható antibiotikumokkal szembeni érzékenység csökkenéséhez vezet.

A probiotikus baktériumok esetén a szerzett rezisztencia átvihető egyik baktériumról a másikra, ami nagyobb és szélesebb körű kockázatot jelent, mint a belső rezisztencia [4].



1. ábra: Bakteriális rezisztencia-mechanizmus

A baktériumok horizontális génátvitelének három fő mechanizmusa van: a konjugáció, a természetes transzformáció és a transzdukció. A konjugáció a horizontális génátvitel leginkább tanulmányozott mechanizmusa az emberi bélben. Ez a mechanizmus sejt-sejt érintkezést igényel, általában egy piluson vagy póruson keresztül, amely egy csatornát képez, amely lehetővé teszi a plazmidok átjutását. A természetes transzformáció lehetővé teszi a plazmid DNS, valamint a kromoszómális DNS felvételét. Emiatt széles körben elfogadott, hogy a természetes transzformáció a mikrobák evolúciójának egyik fő mechanizmusa. E folyamat során a baktériumsejtek szabad DNS-t vesznek fel a környezetből és beépítik a genomba [3].

A transzdukció átalakította a bakteriális genom evolúcióját. A bakteriofágokon keresztül történő antibiotikum-rezisztencia géntranszferről szóló információ mennyiség korlátozott a természetes transzformációval és konjugációval összehasonlítva. A bakteriofágok szerepe azonban az antibiotikum-rezisztencia gének transzdukálásában egyre világosabbá válik. A bakteriofágok olyan vírusok, amelyek megfertőzik a baktériumokat. A temperált fágok profág állapotban épülnek be a gazda genomjába, amíg a környezeti feltételek ki nem váltják lítikus növekedésüket. Ez az állapot korlátlan ideig tarthat és rezisztenciát biztosíthat az azonos csoportba tartozó bakteriofágok fertőzéseivel szemben. A konjugáció, a természetes átalakulás és a transzdukció fontos mechanizmusként szolgál a baktériumok evolúciójában. Vannak azonban bizonyítékok arra vonatkozóan, hogy ezek a mechanizmusok szerepet játszanak abban az evolúcióban, amely jelenleg a vastagbélben az antibiotikumok szelektív nyomása alatt zajlik. Úgy gondolják, hogy a horizontális génátvitel leggyakoribb mechanizmusa természetes környezetben a plazmidok konjugációja révén valósul meg. Ez az állítás a gyomor-bél traktusra is igaz [3].

3.2. Antibiotikum rezisztenciával rendelkező probiotikus baktériumok (tejsavbaktériumok) élelmiszeripari alkalmazhatósága

A tejsavbaktériumokat és a bifidobaktériumokat szándékosan juttatják be a táplálékláncba starter kultúrákként, és a gazdaszervezetre gyakorolt egészségügyi előnyeik miatt probiotikumként is, azonban csak azok a törzsek használhatóak probiotikumként, starterkultúrákként vagy takarmány-adalékanyagként, amelyekben nem található szerzett rezisztencia gén, amelyek klinikai jelentőségű antimikrobiális szereket kódolnak vagy hozzájárulnak azokkal szembeni rezisztenciához [6].

Tehát összegzésként elmondható, hogy csupán azon probiotikus tejsavbaktérium törzseket használhatjuk élelmiszerekben, amelyeknek az antibiotikum rezisztenciája természetes, azaz nem szerzett rezisztencia, az extrakromoszomális DNS-en kódolt rezisztencia horizontális géntranszferének veszélye miatt.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1.] Deák T. et al., Élelmiszer-mikrobiológia, Mezőgazda Kiadó, 2006
- [2.] Heller, K.J., Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics and starter organisms', The American Journal of Clinical Nutrition, 2001, 73(2), pp. 374s–379s. doi:10.1093/ajcn/73.2.374s.
- [3.] Huddleston, J.R., Horizontal gene transfer in the human gastrointestinal tract: potential spread of antibiotic resistance genes, 2014 pp. 167—176. doi:10.2147/IDR.S48820.
- [4.] Li, T. et al., A critical review of antibiotic resistance in probiotic bacteria', Food Research International, 136, 2020, pp. 109571. doi:10.1016/j.foodres.2020.109571.
- [5.] Roobab, U. et al., Sources, formulations, advanced delivery and health benefits of probiotics, Current Opinion in Food Science, 2020, 32, pp. 17–28. doi:10.1016/j.cofs.2020.01.003.
- [6.] Rozman, V. et al., Characterization of antimicrobial resistance in lactobacilli and bifidobacteria used as probiotics or starter cultures based on integration of phenotypic and in silico data', International Journal of Food Microbiology, 2020, 314, pp. 108388. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108388.