

AZ Aszfalt

A Magyar Aszfalttípari Egyesülés



hivatalos lapja

XXX. ÉVFOLYAM 2023/2. szám

**WE WISH YOU
A HAPPY HOLIDAY SEASON
AND A HEALTHY NEW YEAR 2024**

8TH E&E CONGRESS
EURASPHALT & EUROBITUME
19 – 21 JUNE 2024
BUDAPEST
HUNGARY

WWW.EECONGRESS2024.ORG
✉ eecongress2024@guarant.cz


Asphalt 100% recyclable



Az aszfalt 100%-ban
újrahasznosítható


8TH E&E CONGRESS
EURASPHALT & EUROBITUME
19 – 21 JUNE 2024
BUDAPEST
HUNGARY

2023
december

A FEJLŐDÉS ÚTJAI

HAPA XXIV. Nemzetközi Konferencia 2024. 02. 20-21. Siófok

Nem kérdés, hogy az infrastrukturális fejlesztések hatékonysága, sikere olyan társadalmi környezetben realizálódik, amelyben közösségek és szervezetek a fenntarthatóság, az ökológiai lábnyom mellett számos egyéb környezeti szempontot is figyelembe véve alakítják ki viszonyulásukat egy adott iparághoz, vagy projekthez. A fejlődés útjain megkerülhetetlen kérdésekre kell válaszokat és megoldásokat találnunk.

A konferencia tervezett témakörei:

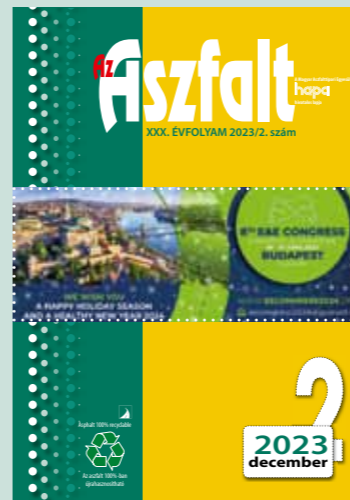
- **Aszfalt 4.0: A jövő útjai és a mobilitás jövője**
- **Gépgyártók az energia csökkentésért és a fenntartható jövőért**
- **Egészség és munkavédelem, közlekedési kultúra**
- **Adalékanyagok szerepe a burkolatok élettartamának növelésében**
- **Újrahasznosítás. Beépítési technológiák**

A konferencia tematikáját - hasonlóan az elmúlt évekhez -, egy élhető jövőért érzett és tudatosan felvállalt közös felelősség határozza meg.

Kérem, jegyezzék elő az időpontot, hogy immáron huszonnegyedik alkalommal is lehetőségünk nyíljon a párbeszédre, az eszmék cseréjére. A szekciókban elhangzott előadásokat követően személyes és online kapcsolati lehetőséget biztosítunk a résztvevők és az előadók, valamint a kiállítók számára.

Várjuk Önt!

2024. február 20-21.
HAPA Nemzetközi Konferencia
Siófok, Hotel Azúr



A Magyar aszfaltipari Egyesülés (HAPA) hivatalos szakmai lapja.

Szerkesztőség:

Magyar Aszfaltipari Egyesülés
H-1119, Budapest Etele u. 59-61.
Telefon: +36 1 7821-893
Fax: +36 1 7822-008
E-level: info@hapa.hu
Internet: <http://www.hapa.hu>

Alapító főszerkesztő:

Dr. Bodnár Géza

Főszerkesztő: Veress Tibor

Nyomdai előkészítés és nyomás:
SILBER-Nyomda Kft. · www.silbernyomda.hu

Hirdetésfelvétel:

Magyarországon a szerkesztőségben

Terjesztés:

a szerkesztőségben keresztül ingyenesen

ISSN 1217-7830

TARTALOMJEGYZÉK

Horváth Tamás - Bödy András - 3D földmérési technológiák alkalmazása az aszfaltfelújítási munkáknál	5
8.th E&E Congress - Registration fees	10
Teheincs Ádám -Dr. Almássy Kornél - Gumibitumen csökkentett hőmérsékletű aszfaltok előállításához	11
Szigeti Diána- Drónok használata útüzemeltetésben	16
Koch Domonkos - Gyorsforgalmi utak fejlődése Magyarországon az elmúlt 10 év tükrében	21
Spitzmüller Lilla - Különböző WMA eljárások aszfaltgyártói tapasztalatai a Colas magyarországi cégcsoportjánál.....	28
Szvboda Krisztián- Aszfaltkeverékek hangelyelő képességének laboratóriumi vizsgálata.....	30
Öri Barnabás - BIM, azon belül az InfraBIM jelentésének bemutatása	34
Pék Anna - Rosta Szabolcs - Különböző csúszásellenállású burkolatok építése a zalaegerszegi Tesztpályán	39
Horváth Gábor - Lóránt Ádám Tibor - Pályaszerkezet minősítés földi és légi eszközökkel	44
Káli Rebeka - Veres Dávid - Rosta Szabolcs - Magyarországon használt útépítési és modifikált bitumenek teljesítmény elvű vizsgálatainak bemutatása	49

Kedves Kollégák,

Szeretném elmondani, hogy egy újabb sikeres Fiatal Mérnökök Fórumán vagyunk túl!

16 előadás hangzott el, és a témák rendkívül változatosak voltak. Az témaválasztások pedig kivétel nélkül a mai felmerülő problémákra keresték a válaszokat. Az előadó fiatal mérnökeink talpraesettek, nagy tudásúak, értik a dolgukat. Ez kiderül abból is, ha elolvassák az előadások alapján megírt cikkeket. Köszönöm a szerzőknek, hogy elősegítették egy újabb színvonalas lapszám megjelenését.

Mivel az utolsó két Fórumon online szavazással döntöttek a résztvevők, most is ezt használtuk a díjazottak kiválasztására, és a sorrend eldöntésére.

Olyan sok jó előadás született, hogy úgy döntöttünk, bővítjük a nyertesek körét. --->

Igy a következő fiatal kollégák kaptak jutalmakat:

1.helyezett:

Rosta Szabolcs

(Duna Aszfalt Zrt.), aki részt vehet a 8. E&E kongresszuson 2024

júniusban Budapesten



2.helyezett:

Szvoboda Krisztián

(COLAS Magyarország) aki részt vehet a HAPA által szervezett külföldi

szakmai tanulmányúton.



3.helyezett:

Óry Barnabás,

aki részt vehet a HAPA februári konferenciáján



4.helyezett:

Káli Rebeka, és Veres Dávid

(Duna Aszfalt Zrt.) akik kedvezményesen vehetnek részt a HAPA februári

konferenciáján.



5.helyezett:

Pék Anna,

aki szintén kedvezményesen részvételt nyert a HAPA konferenciájára.



Nagy lelkesedéssel szervezzük a februári konferenciánkat, melynek beharangozóját a második oldalunkon láthatják. Remélem, sokan kíváncsiak, és eljönnek meghallgatni a magyar és külföldi előadók izgalmas gondolatait. A program készen van, bátran állíthatom, hogy a két nap sok újdonsággal fog szolgálni.



Lendületesen folynak az E&E Kongresszus előkészítő munkái is. Az előadói jelentkezések lezárultak, a helyszín kiválasztása megtörtént. A hét tagú előkészítő bizottság minden hónapban ülészik azért, hogy ez a nagy európai rendezvény minden szempontból sikeres legyen.

A jelentkezési lehetőséget a 10. oldalon részletezzük.



Veress Tibor Igazgató

3D földmérési technológiák alkalmazása az aszfaltfelújítási munkáknál

szerzők: Horváth Tamás, Bódy András

Horváth Tamás



földmérő mérnök
Duna Aszfalt Út- és Mélyépítő Zrt.

Bódy András



földmérő mérnök
Duna Aszfalt Út- és Mélyépítő Zrt.

1. Bevezetés

Napjainkban az építőipar minden területén megfigyelhető az innovatív 3D technológiák hódítása. A magasépítésben már régóta jelen van a BIM, amely nem csak a kivitelezés, de a tervezés oldaláról is működik. Az utépítésben ez a terület még kisebb dinamikával jelentkezik, de a szándék és a vektor már megvan és ebben a Duna Aszfalt Zrt. úttörő tevékenységet végez. Az utépítések egyedi tulajdonságai miatt (különösen egy zöldmezős beruházás esetén) a meglévő BIM módszerek igazítása és formálása szükséges. Ehhez remekül fel lehet használni azokat az információkat és tapasztalatokat, amelyeket a vállalat a korábbi működése során összegyűjtött.

Az első digitalizált megoldástól hosszú út vezetett odáig, hogy a napjainkban már egy tervanyagból készített modell, valós időben meg tud jelenni a munkagép vezérlő paneljén. A BIM 3D modellezésnek köszönhetően a tervmódosítások is gyorsan és dinamikus módon követhetők, valamint már a tervanyag feldolgozásakor is elvégezhetőek az ütközésvizsgálatok, kiejthetők a tervi anomáliák.

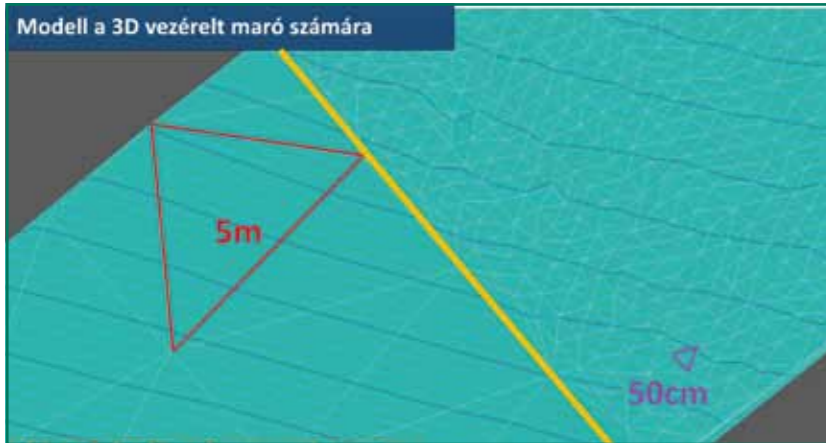
Az előállított modellek a beépítési munka minden fázisában felhasználásra kerülnek a folyamatos geodéziai jelenlétnek köszönhetően.

2. Irodai előkészítés

Aszfaltbeépítéskor szükség van egy megfelelő állapotú fogadófelületre, amely mind a fizikai mind a geometriai tulajdonságokra kiterjed. A geodéta a geometriai paraméterek vizsgálatát végzi.

Az e-UT 09.04.15:2018 Útügyi műszaki előírás tartalmazza a vizsgálati pontok helyét, valamint a hibahatárokat és a vizsgálati szempontokat külön-külön minden rétegre. Az előírt küszöbszinten belüli értékek esetén lehetséges a következő réteg építése. A finisherbe importált felület vonalát követi le a géplánc a haladás során, így a betöltött modell vonalvezetése kiterjedhet a leállósávok, burkolt elválasztósávok és vízelvezető szegélyek miatti szélesítéseket is.

Az útburkolat javításához is szükség van a geodéta munkájára. Az elhasználandó burkolat megfelelő sűrűségű és minőségű felmérése többféle eljárással lehetséges, de lényeges az ideális pontsűrűség kiválasztása. Az erősen nyomvályús útszakasznál a szelvényen belüli gyakoribb pontvételezés adhat ideális alapanyagot a tervezéshez, míg egy hossz-szelvény változtatást vizsgáló felmérésnél a szelvények egymás közti távolságát kell minimalizálni. (1.ábra)



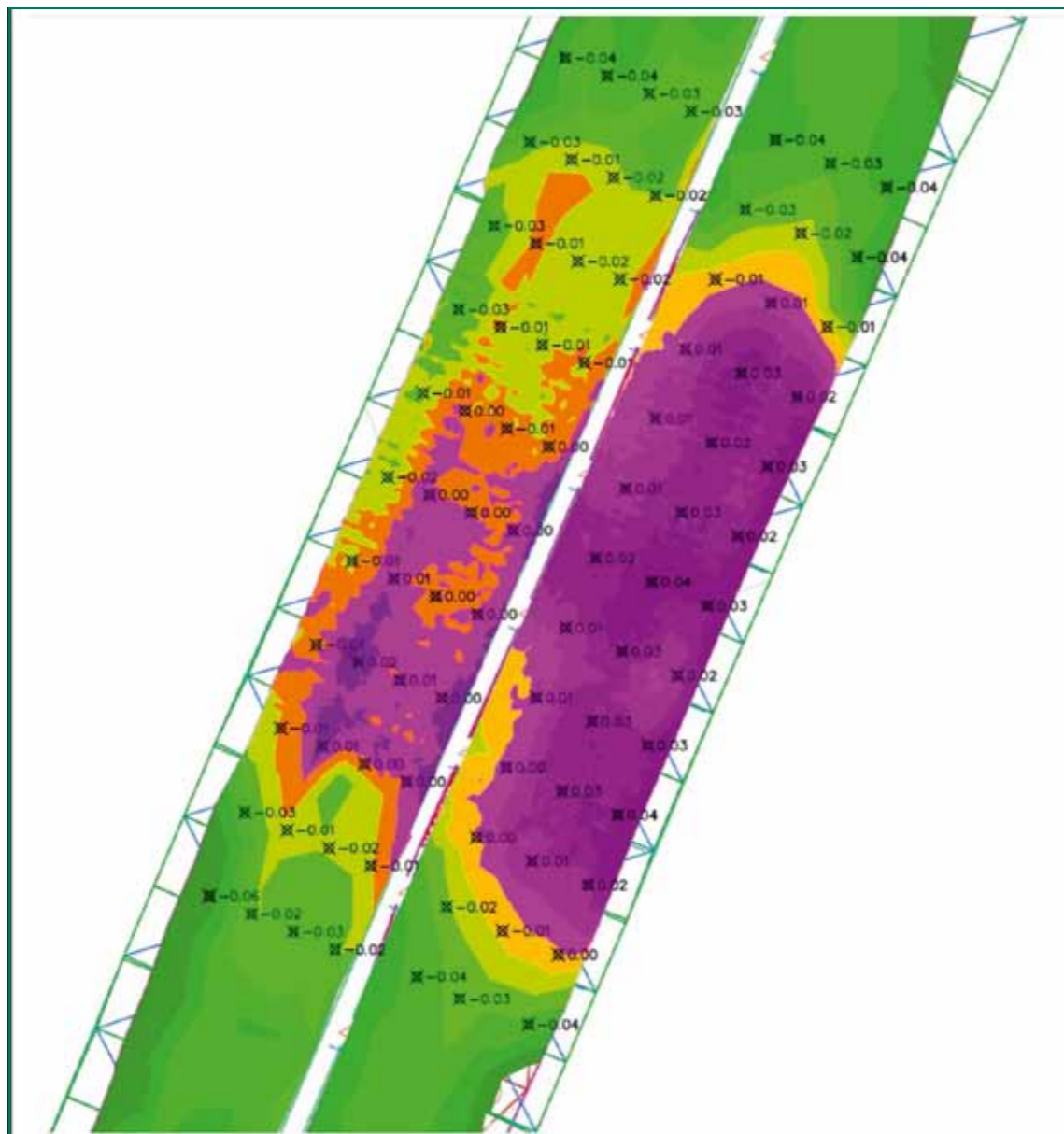
1. ábra

Az aszfaltmaró GNSS technológiával való alkalmazása esetén a Differential Milling eljárással dolgozik, amihez kettő modellre van szükség. Az egyik modell a terepfel-

vétel állománya, a másik pedig a tervezett marási sík. Ennek a kettőnek az adott pontban vizsgált eltérést veszi marási vastagságnak a gép és végzi el a megfelelő mélységű marást.

A kész felületek vizsgálatát meg tudjuk tenni az előre definiált minősítési pontokban való méréssel, vagy a ki-mart terület teljes felmérésével és annak megjelenítésével is. A minősítési pontokban végzett felmérésre a dokumentálhatóság miatt mindenképpen szükség van. Azonban a részletes vizsgálathoz a nagy pontosságú, részletes felmérés elengedhetetlen.

Ezek felhasználhatóak grafikus ábrázoláshoz, ahol például hőterképen (2. ábra) az eltéréseket szemléltetni lehet színnel és a hozzá tartozó értékek feltüntetésével.



2. ábra

3. Mintaprojekt bemutatása

Az irodai előkészítés fejezetben ismertetett 3D földmérési technológiák alkalmazása rendkívül fontos szerepet játszott a következőkben bemutatásra kerülő hídháttöltésnél fellépő hibák kijavításában. A szóban forgó híd egy cölöpalapozással készített öszvér szerkezetű műtárgy, mely egy 1000 méteres sugarú bal ívben került kialakításra. A híd környezetében az út koronaszélessége 18,00 m. Mind az előzetes-, mind pedig a megvalósítás közbeni geotechnikai vizsgálatok 72 hónapos konszolidációt vetítettek előre, azonban a teljes projektidő mindösszesen 48 hónap volt. Annak érdekében, hogy a projekt a határidőn belül befejezésre kerüljön a konszolidáció gyorsítására volt szükség.

A gyorsítást a már bevett módszerek számítógépes szalagdrénes eljárással oldották meg. A szalag drének telepítését követően a geotechnikai mérések igazolták, hogy a töltéscégek megkezdésekor a várható süllyedés mértéke már eléri a kívánt értéket. A híd és a szervesen hozzá kapcsolódó út építse már 3D földmérési technológiákkal történt.

4. Burkolatalap építése 3D technológiával

Az útépitési projektek során egyre inkább teret hódít a 3D gépvézelés és a vele szoros összefüggésben álló BIM technológia. Manapság a legtöbb zöldmezős beruházásnál a burkolatalap rétegek építése mérőállomásokkal vezérelt finisherrel történik. A beépítés talán legfontosabb előfeltétele egy előre telepített alapponthálózat. A hálózat kialakítása a projekt legelső lépcsője, hiszen később ezekre a pontokra támaszkodva történik a teljes megvalósítás. Már a kialakítás során figyelemmel kell lennünk a későbbi követelményekre és a megvalósítását, építésnél alkalmazott technológiára. Míg alacsony töltésmagasság esetén elegendő a váltott oldalon történő alappont kialakítás, ezzel szemben magas töltéseknél már mindkét oldalra kell helyezni ismert pontokat.

A 3. ábra mutatja a 3D vezérelt finisher működési elvét.

A 4. ábra az idő elteltével fellépő háttöltés süllyedését mutatja.



3. ábra

Az ábrából is jól látható, hogy az akadálymentes munkavégzéshez, egy időben egyszerre legalább 3 darab mérőállomást kell használnunk. Az első mérőállomás fogja a finisher bal oldalát, a második pedig a jobb oldalát irányítani. Az említett műszerek a finisher két oldalán található árbócokon elhelyezett 360°-os prizmak segítségével folyamatos távméréssel határozzák meg a gép helyzetét. A helyzeti és magassági adatokat a finisheren elhelyezett panel segítségével folyamatosan nyomon követhetjük, azonban ezek önmaguknak még nem szolgáltatnak ellenőrzési lehetőséget a beépítési pontosságra vonatkozóan. Az ellenőrzéshez szükségünk van további egy mérőállomásra, amely szintén folyamatos távméréssel a földmérőnél lévő prizmat követi. A folyamatos ellenőrzésnek köszönhetően már az építés során képet kapunk az elkészült felület pontossági mérőszámairól mind magassági, mind helyzeti adatok tekintetében. A beépítés előrehaladásával a földmérési eszközökkel folyamatosan követnünk kell a gépláncot, így a már említett 3 darab mérőállomás a haladási irány és tervezett beépítési hossz függvényében továbbiakkal bővíthető. Célszerű hosszabb beépítés esetén több műszert használnunk, így a haladási irány ismeretében a feladatok előre tervezhetőbbé válnak, mely szintén javítja a pontosságot. A mintaprojekt esetében a fent említett 3D megoldásokkal történt a beépítés, ennek ellenére az idő előrehaladtával a híd háttöltésének süllyedése egyre inkább hatott az utazáskényelemre, melyet javítani volt szükséges.

A javítás a következőkben ismertetésre kerülő Differential Milling módszerrel történt.



4. ábra

5. Differencial Milling, 3D marás

Az út életciklusának előrehaladtával, akarva akaratlanul is előtérbe kerülnek a javítási-, felújítási munkálatok. Sok esetben egy hídháttöltés az idő múltásával olyan változásokon megy keresztül, melyek már nem csak a menetdinamikára hatnak kedvezőtlenül, de az utazás-kényelmet ronthatják, rosszabb esetekben veszélyhelyzeteket is előidézhetnek. Ezeket a hibákat a megfelelő vizsgálatok lefolytatását követően javítani szükséges.

A 3D gépvezérlés már a javítási munkákban is teret hódít magának.

Hasonlóan a vezérelt finisherhez, itt is földmérési műszerek "vezetik" a marót. (5.ábra)



5.ábra

Annak érdekében, hogy a 3D marás megvalósítható legyen, nagy pontossággal ismernünk kell a meglévő geometriai adottságokat. A BIM technológia megjelenése ebben nyújt nagy segítséget. Mára lehetőségünk van a meglévő felületek gyors és nagy pontosságú felmérésére mobilskennerek segítségével, melyek a haladási sebesség függvényében akár 10 cm-ként szolgáltatnak adatot. Természetesen a maró valóságos terepi működéséhez nincs szükség ilyen volumenű adatokra, azonban a javítás megtervezésében elengedhetetlen. Hiányos, vagy pontatlanabb térképezéssel előfordulhat, hogy kulcsfontosságú információ fog hiányozni, esetlegesen kimarad egy geometriai süllyedés. Megfelelő adat-, és helyszínerismerettel azonban ezek minimálisra csökkenthetők.

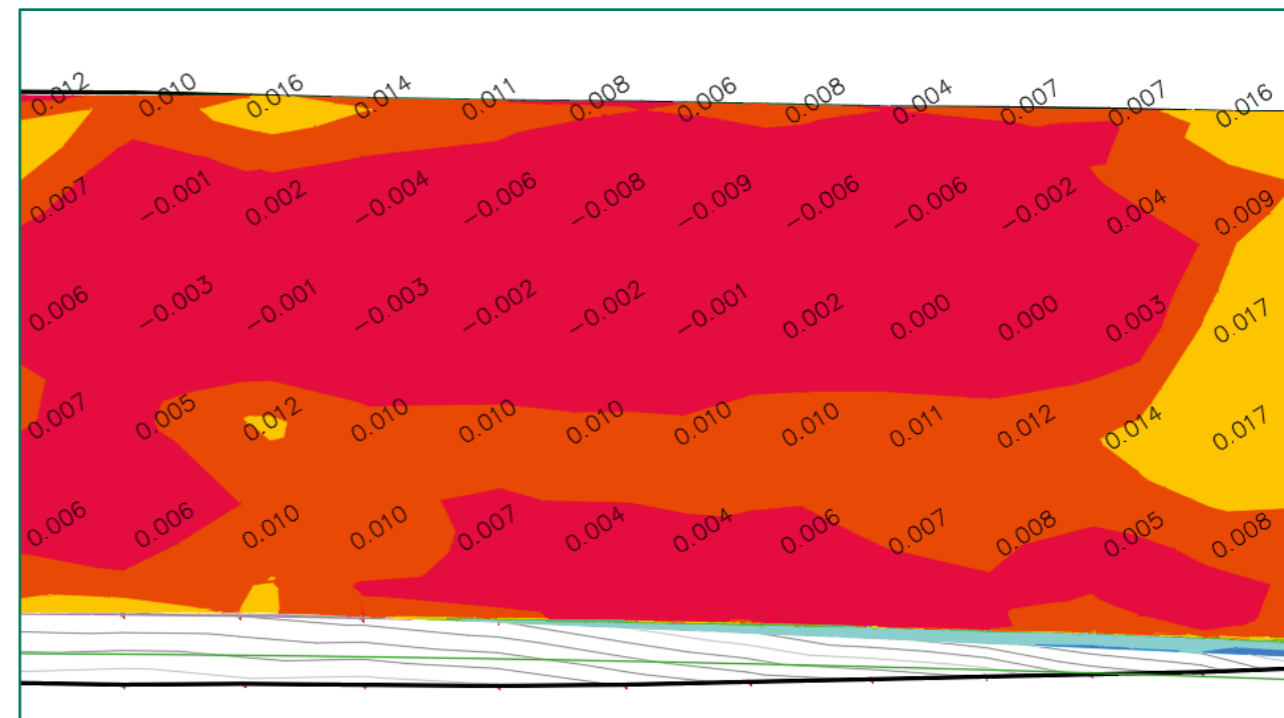
Az adatok ismeretében már a szükséges beavatkozás tervezhető. Hossz-szelvényi-, vagy hídháttöltés süllyedés esetén a fent említett meglévő terep ismeretén kívül a helyszínen szükségünk van a javított felületre is, mely természetesen a friss felújítási tervekből áll rendelkezésünkre. A terepen a maró mechanikus és hidraulikus működési elvét azonban szem előtt kell tartanunk, mert sűrű adatok bevitele esetén előfordulhat, hogy nem lesz megfelelő a mart felület, ugyanis a rendkívül gyors változásokat a hidraulika nem képes lekövetni.

Az említetteket figyelembe véve tapasztalati úton a Duna Aszfalt Zrt-nél arra jutottunk, hogy a legideálisabb 1.1 - 1.3 m közötti érték beállítása. Ez azt jelenti, hogy a meglévő felület 1.1 - 1.3 m oldalhosszúságú háromszögekből kerül kialakításra.

A Differencial Milling eljárásnál tehát a generalizált meglévő terep, valamint a terv felület kerül a gépre. Maga a gépvezérlés történhet a finishereknél már bemutatott mérőállomások technológia alkalmazásával, vagy GNSS technológiával. Sok esetben a felújítási munkáknál nincs idő, vagy nincs költségkeret egy alapponthálózat létesítésére, azonban a GNSS ilyen esetekben is megfelelően alkalmazható. Pontosság tekintetében nincs számottevő különbség a két módszer között.

A GNSS használta a fenti okok miatt elterjedtebb. A két felület ismeretében a maró a terepen gyakorlatilag a felületek közötti különbséget marja ki, így állítva elő a már újra profilozott fogadófelületet a javítások elvégzéséhez.

A mintaprojektnél a 3D marással elért eredmény magassági rajzolatát a 6.ábra szemlélteti.



6.ábra

6. Tapasztalatok

A fentiek alapján jól látható, hogy a geodéta személye és szakmai munkája megkerülhetetlen az aszfaltozási munkák valamennyi lépésénél és a BIM által nyújtott előnyök csak tovább tudják növelni a pontos és jó minőségű beépítést, fontos a szerepük a tervezés és az előkészítés során is.

A 3D technológiák térhódításával és a BIM folyamatok egyre nagyobb és jobb integrációjával a feladatok tervezhetőbbé válnak.

A jobb tervezhetőség pedig erőforrás optimalizálást és költséghatékonyság is eredményez, ezzel egyetemben azonban a szakmai hozzáértés fel fog értékelődni.

7. Szakirodalom

- [1] <https://leica-geosystems.com/products/machine-control-systems/pavers-and-cold-planers/leica-icon-pave-milling>
- [2] <https://blog.hexagongeosystems.com/differential-versus-profiling-milling-how-the-latest-pavement-milling-solutions-save-time-and-improve-accuracy/>
- [3] <https://leica-geosystems.com/products/machine-control-systems/pavers-and-cold-planers/leica-icon-pave-concrete>
- [4] <https://theasphaltpro.com/articles/leica-geosystems-3d-milling-keeps-yield-on-track/>
- [5] <https://ume.kozut.hu/dokumentum/89>
- [6] <https://www.dunaaszfalt.hu/hu/duna-aszfaltrol/innovacio/bim>
- [7] <https://magyarepitok.hu/best-practices/2021/04/egyedulallo-eszkozel-hozza-be-a-bim-et-az-utepitesbe-a-duna-aszfalt>



Gumibitumen csökkentett hőmérsékletű aszfaltok előállításához

szerzők: Tehenics Ádám-Dr. Almássy Kornél

Tehenics Ádám



Termékfejlesztő mérnök
MOL Nyrt.

Dr. Almássy Kornél



Egyetemi docens,
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem

REGISTRATION FEES In Person	EARLY BIRD REGISTRATION (until 29.2.2024)	STANDARD REGISTRATION (1.3. – 10.6.2024)	ON-SITE REGISTRATION (from 11.6.2024)	SOCIAL EVENTS
Full access	€ 990	€ 1.190	€ 1.390	Reserved and paid separately ***
Post-graduated students *	€ 490	€ 590	€ 690	Reserved and paid separately ***
Road authorities	€ 490	€ 590	€ 690	Reserved and paid separately ***
Students **	€ 160	€ 260	€ 360	Reserved and paid separately ***

These prices are final. VAT will be applied under current legislation. Registration fees include 27 % VAT.

* Post-graduated students need to upload proof of their status.

** Students need to upload their valid student ID card scanned from both sides or another proof of full-time study.

*** Done through the Registration form.

Note: Payments must be received by the corresponding deadlines (early bird or standard), otherwise the relevant rate at the time will be applied.

The registration fee includes:

- Admission to Technical sessions
- Admission to the Exhibition area and Poster session
- Refreshment during the congress (coffee breaks, lunches)
- Congress reception, June 20, 2024 at the Exhibition & Poster area
- Congress materials

HOW TO REGISTER

To register for the Congress, please fill in the on-line [Registration Form](#). The registration process consists of three easy steps:

1. Fill out the Personal data form and receive a password
2. Click the Registration button and choose your registration fee
3. Pay on-line by debit/credit card or by bank transfer

For group registration (more than 10 participants), please contact the E&E Congress 2024 Secretariat at eecongress2024@guarant.cz.

Absztrakt

Az aszfaltkeverékek gyártásában évtizedekkel ezelőtt megjelent a gumiőrlemény újra hasznosításának lehetősége. A speciális magyar szabadalomként megjelenő gumibitumen nagymértékben csökkentette a korábban ismert gumibitumenek viszkozitási problémáit, így könnyen szállítható, speciális berendezéseket nem igénylő bitumentípust eredményezett. A MOL gumibitumen aszfaltmechanikai tulajdonságai kiválóak mind a képlékeny alakváltozás, a hidegviselkedés és a fáradási tulajdonságok területén, így igazi versenytársai a polimerrel módosított bitumeneknek. Új kutatási lehetőségek jelentek meg a csökkentett gyártási hőmérsékleten történő felhasználásra, úgynevezett WMA aszfaltkeverékként, mely esetben az első kísérleti – keréknyomképződési és hidegviselkedési teszt – eredmények is biztatóak.

Kulcsszavak: gumibitumen keverék, WMA keverék, bitumen tulajdonságok, aszfaltkeverék teljesítmény

1. Bevezetés

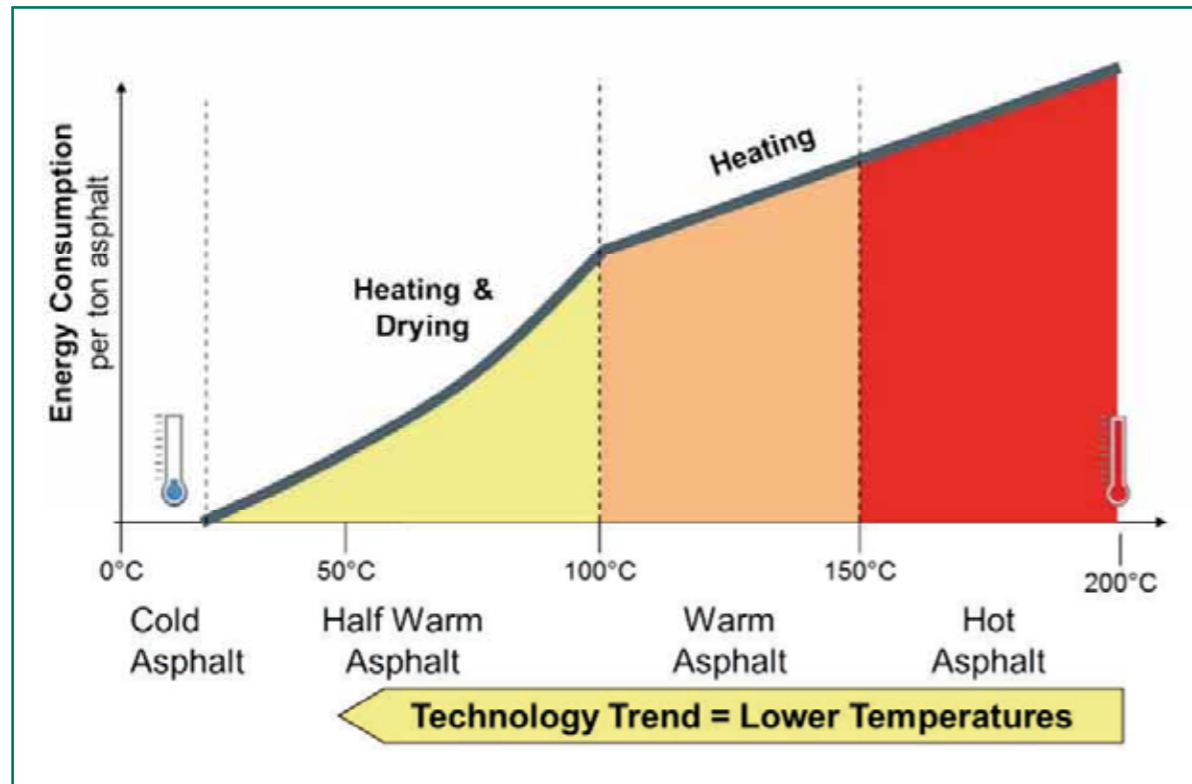
A gumibitumenes kötőanyag, azaz a gumival módosított bitumen alkalmazása évtizedek óta jelen van a világ aszfaltgyártásában. Elterjedése azonban nem jelentett teljes áttörést az aszfaltiparban, melynek háttérében gyártástechnológiai, mennyiségi és minőségi problémák álltak. A gumibitumen alkalmazása az aszfaltutak minőségjavítását célozta meg, a gumiabroncs-hulladék újrahasznosítás, mint másodlagos előny csak később jelent meg.

A Magyar Olaj- és Gázipari Nyilvánosan Működő Részvénytársaság (MOL Nyrt.) által kifejlesztett kémiailag stabilizált gumibitumen ugyanakkor kiküszöbölte vagy elfogadható mértékűre csökkentette a korábbi gumibitumen termékek és gyártási technológiák problémáit, így olyan gumival módosított bitumen (GmB) gyártása valósult meg, amely felhasználásával elérhető az aszfaltkeverék minőség vetekszik a polimerrel módosított bitumenes aszfaltkeverékek mechanikai tulajdonságaival [1] [2]. A hazai MOL gumibitumennel készült aszfaltkeverékek 2019-ben jelentek meg a gyorsforgalmi úthálózaton.

Az utóbbi másfél évben jelentősen megnövekedett energiaköltségek miatt ismét előtérbe kerültek a csökkentett gyártási hőmérsékleten készült aszfaltok alkalmazási lehetőségei, így a gumibitumenes aszfaltkeverékek gyártásában is. Az energiaigények csökkentésén felül a CO₂ kibocsátás mérséklésében is nagyobb szerep fog jutni a csökkentett hőmérsékletű aszfaltoknak. Mindezek mellett meg kell említeni, hogy alacsonyabb hőmérsékleten a bitumenből kisebb mennyiségű gőzök kerülnek a légtérbe. Nagy átlagban az aszfaltozásnál kibocsátott bitumengőzök mennyisége 12°C hőmérséklet csökkenés mellett 50%-kal csökken [3]. Németországban egészségvédelmi okokból 2025-től csak mérsékelt hőmérsékletű aszfaltozás (Warm Mix Asphalt, WMA) lesz megengedett. A cikk megjelenésének célja, hogy röviden összefoglalja a Magyarországon kifejlesztett gumibitumennel készült keverékek legfontosabb kötőanyag tulajdonságait és aszfaltmechanikai tapasztalatait, továbbá tárgyalja a mérsékelt meleg keverékek gyártási lehetőségeit.

2. Gumibitumen csökkentett hőmérsékletű aszfaltban

A forró aszfaltkeverékek (HMA) általános gyártási hőmérséklete 150°C és 180°C között van. Különböző viszkozitáscsökkentő eljárások alkalmazhatók a 100°C és 150°C közötti „Warm Mix Asphalt” (WMA) és 60°C és 100°C közötti félmeleg aszfaltkeverékek előállítására [3]. A magas hőmérséklet célja, hogy átmenetileg csökkentse a bitumen viszkozitását ahhoz, hogy az ásványi anyagot bevonja és megfelelő beépíthetőséget biztosítson a munkaterületre való kiszállításkor. A magas hőmérséklet alternatívájaként a bitumen viszkozitása különböző eljárásokkal, habosítással, vegyi- és szerves anyagok hozzáadásával is csökkenthető.



1. ábra: Aszfalt típusok az felhasználási hőmérséklet függvényében: hideg aszfalt, félmeleg aszfalt, meleg aszfalt, és forró aszfalt [3].

Az említett alternatívák lehetővé teszik a WMA keverékek a hagyományos aszfaltnál akár 30-60°C-kal alacsonyabb hőmérsékleten való előállítását. Így a fűtéshez szükséges energia csökkentésével akár 30-50%-os közvetlen üzemanyag-megtakarítás is elérhető, ami az aszfaltgyártás során könnyen és azonnal realizálható. További fontos szempont, hogy a kőváz bitumenbevonata nem romlik, a WMA aszfalt tömöríthetősége és minősége sem marad el a hagyományos aszfaltkeverékek tömöríthetőségétől és minőségétől [4].

Nemzetközi kutatások bebizonyították, hogy szerves vagy kémiai adalékanyag hozzáadásával olyan keveréket lehet készíteni, amely megfelel az eredeti gumibitumenes aszfaltkeverék mechanikai tulajdonságainak WMA aszfaltként, hiszen a közvetett húzófeszültség modulusértékei, a keréknyomképzés ellenállás és rugalmasság gyakorlatilag nem különbözött a WMA keverék esetében a referenciakeveréket képviselő „normál” gumibitumenes keveréktől [5]. Egy spanyol tanulmány a WMA-GmB keverék teljesítményét vizsgálta. Négy keveréket vizsgáltak, a kontroll

keveréket PmB 45/80-65 bitumennel, a gumibitumenes keveréket pedig 20% gumiporból és 80% 70/100 bitumból állították elő. A WMA eljárás során paraffinos szerves anyagot (Sasobit) és felületaktívó kémiai adalékanyagot (Zycotherm*) használtak. Maga a keverék BBTM 11A volt, amelyet különböző hőmérsékleteken állítottak elő. Az EN 12697-26 szabvány szerint végzett merevségmérések alapján a gumibitumenes keverékek minden vizsgálati hőmérsékleten jobban teljesítettek, mint a polimeres keverékek, kivéve a kémiai adalékkeverékeket, továbbá a paraffin adalék felhasználásával előállított gumibitumenes aszfaltkeverék nyújtotta a legjobb eredményt. Ennek a keveréknek a keréknyomképződés vizsgálati eredménye gyakorlatilag megegyezett a PmB keverékével [6] [7].

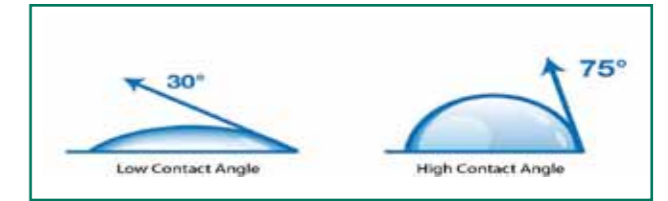
2.1. Felhasznált bitumenek tulajdonságai

Az aszfalttesztek megelőzően a bitumenek alaptulajdonságai a MOL Nyrt. laboratóriumában kerültek meghatározásra. A lágyuláspontot, penetrációt, dinamikus viszkozitást és töréspontot az MSZ EN 1427, MSZ EN 1426, MSZ EN 13302 és MSZ EN 12593 szabványok alapján mérték. A lágyuláspont és penetráció tekintetében a paraffin típusú adalék alacsonyabb értékeket eredményezett, mint a referencia GmB, a felületaktív adalék pedig érdemben nem változtatott ezen értékeken. Ami a Fraass szerinti töréspont értékeket illeti mind a négy bitumen minta -18°C és -20°C közötti értékeket hozott, ami nem jelent szignifikáns különbséget. Viszkozitás tekintetében a WMA gyártás szempontjából releváns 135°C-on és 150°C-on kapott értékeket érdemes megvizsgálni. Itt a várt eredményeket kaptuk mivel a paraffinos adalékkal a viszkozitás egyértelmű csökkenése volt tapasztalható mindkét hőmérsékleten. Míg a felületaktív adalék esetében csak 150°C-on volt némi viszkozitás csökkenés. A 180°C-on mért viszkozitás eredmények közti eltérés csekély, ezen a hőfokon a referencia minta viszkozitása is jelentősen lecsökken az adalékok viszkozitásra gyakorolt hatása ezen a hőfokon nem szignifikáns. (1.táblázat).

Mivel a bitumen tulajdonságok csak kis mértékben változtak a felületaktív WMA adalék alkalmazása során, így az általa kifejtett hatás a bemutatott bitumenvizsgálati módszerekkel nem számszerűsíthető. Egy elméleti példa az érintkezési szög meghatározása lenne egy adott felület és az általunk előállított WMA adalékot tartalmazó bitumen között. Ezen elmélet korábban is megemlítsésként került egy tapadás növeléssel foglalkozó tanulmány során [8]. A kutatás alatt az érintkezési szögeket goniméterrel határozták meg. Továbbá a mérések során a hőmérséklet 40 és 200°C között változott, így a bitumenek által tapasztalt gyártási hőmérsékletek teljes spektrumát lehetett vizsgálni [8]. Kisebb érintkezési szög alacsonyabb felületi feszültséget jelez míg magasabb érintkezési szögek az ellenkezőjét (2. ábra).

1. táblázat: A felhasznált bitumenek tulajdonságai:

Azonosító	Lágyuláspont	Penetráció	Dinamikus viszkozitás 135°C-on	Dinamikus viszkozitás 150°C-on	Dinamikus viszkozitás 180°C-on	Fraass Töréspont
2233-B/21 (GmB 45/80-55 ref.)	57,4°C	55 dmm	1409 mPas	1137 mPas	236 mPas	-19°C
2134-B/22 (PmB 25/55-65 ref.)	88,8°C	58 dmm	1450 mPas	-	250 mPas	-20°C
2339-B/22 (GmB + paraffin adalék)	55,6°C	45 dmm	1327 mPas	782 mPas	227 mPas	-18°C
2340-B/22 (GmB+ felületaktív adalék)	56,3°C	55 dmm	1425 mPas	945 mPas	257 mPas	-20°C



2. ábra.: Érintkezési szögek [9].

Jövőbeni kutatások során az érintkezési szög és az aszfaltkeverés hőmérséklete közötti kapcsolat esetleges megállapítása segítene a ilyen típusú WMA adalékok elbírálásában mielőtt aszfalt tesztekre kerülne sor.

2.2. Felhasznált bitumenek reológiai tulajdonságai

Dinamikus nyíró reomérett alkalmaztunk a bitumen komplex nyírási modulusának (G^*) és fázisszögének (δ) meghatározására különböző hőmérsékleteken, az EN 14770 európai szabvány szerint. A fázisszög a viszkoelasztikus viselkedést jellemzi, mivel a bitumen fázisszöge 0° és 90° között van, ahol a 0° tisztán rugalmas anyagot, a 90° pedig tisztán viszkozus anyagot jelez. A még nem öregített bitumenes kötőanyag plasztikus deformáció ellenállósága a két jellemző alapján a $G^*/\sin(\delta)$ kifejezéssel értékelhető. Minél magasabb ez az érték, annál ellenállóbb az adott minta a deformációval szemben.

Az eredeti bitumen minták teljesítményelvű értékelésénél a határhőmérséklet meghatározása ad információt arról, hogy az adott minta mennyire ellenálló a plasztikus deformációval szemben a hőmérséklettől függően. A határhőmérséklet az a hőmérséklet, amely felett $G^*/\sin(\delta)$ értéke a minimálisan előírt 1 kPa alá csökken. A teljesítményelvű értékelés keretrendszerét az amerikai AASHTO M-320 szabvány tartalmazza.

A 2. táblázatban szereplő eredmények alapján kijelenthető, hogy a polimerrel modifikált minta hozta a legkedvezőbb eredményeket. Továbbá a paraffinos adalék negatív irányban befolyásolta a reológiai tulajdonságokat mivel itt kaptuk a legalacsonyabb határhőmérsékletet. A felületaktív adalék esetében a határhőmérséklet majdnem megegyezett a referencia mintáéval így ebben esetben a reológiai tulajdonságokban kedvezőtlen változás nem volt tapasztalható.

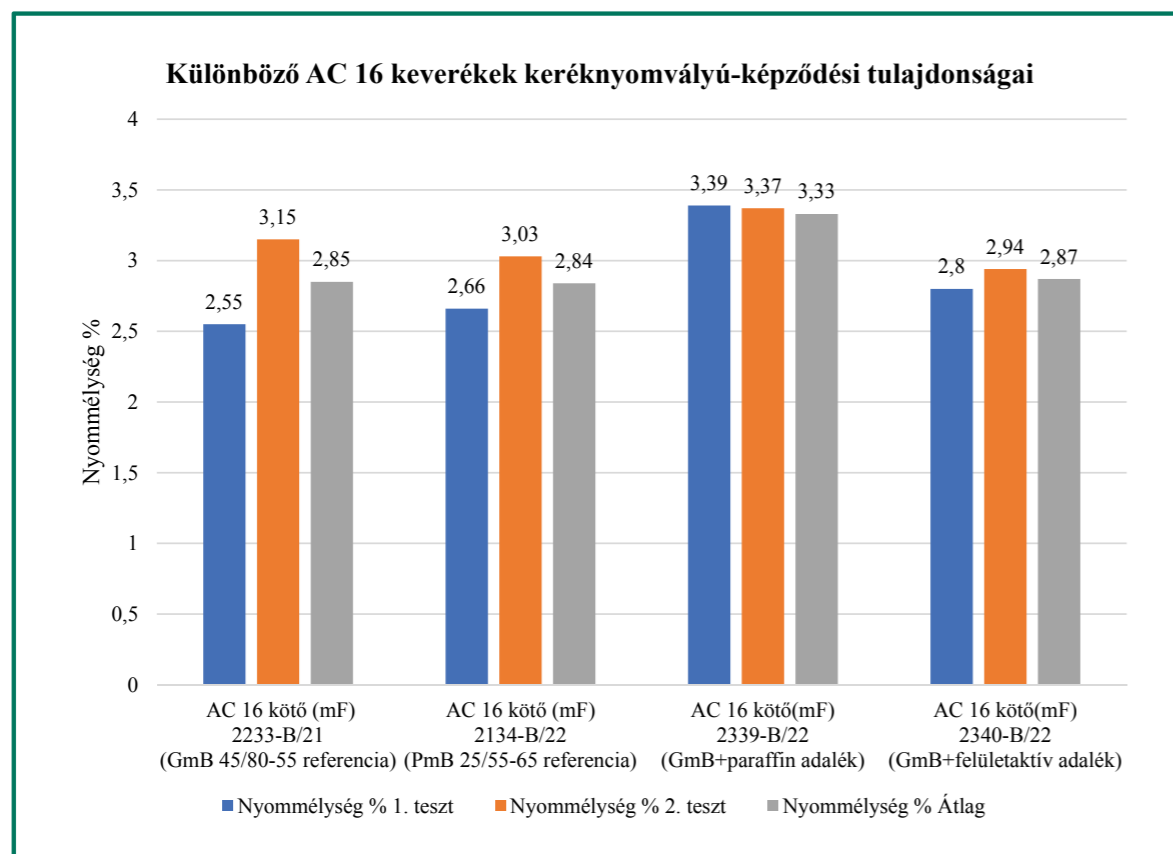
2. táblázat: A felhasznált bitumenek reológiai tulajdonságai.

Azonosító	Eredeti minta határhőmérséklete ($G^*/\sin(\delta)=1$ kPa)
2233-B/21 (GmB 45/80-55 ref.)	81,0°C
2134-B/22 (PmB 25/55-65 ref.)	86,5°C
2339-B/22 (GmB + paraffin adalék)	75,9°C
2340-B/22 (GmB+ felületaktív adalék)	80,6°C

2.3. Aszfalt tesztek eredményei

A két adalékanyagot tartalmazó keveréken kívül két referenciakeverék is készült, egy gumibitumenes AC 16 kötőréteg (mF) (GmB 45/80-55 referencia) és egy polimerrel módosított AC 16 kötőréteg (mF) (PmB 25/55-65 referencia) keverék. A két referencia keveréket az MSZ EN 12697-35 szerint kevertük meg és 170°C-on tömörítettük, a két WMA adalékos keverék esetében 20°C-kal alacsonyabb hőmérsékletet alkalmaztunk.

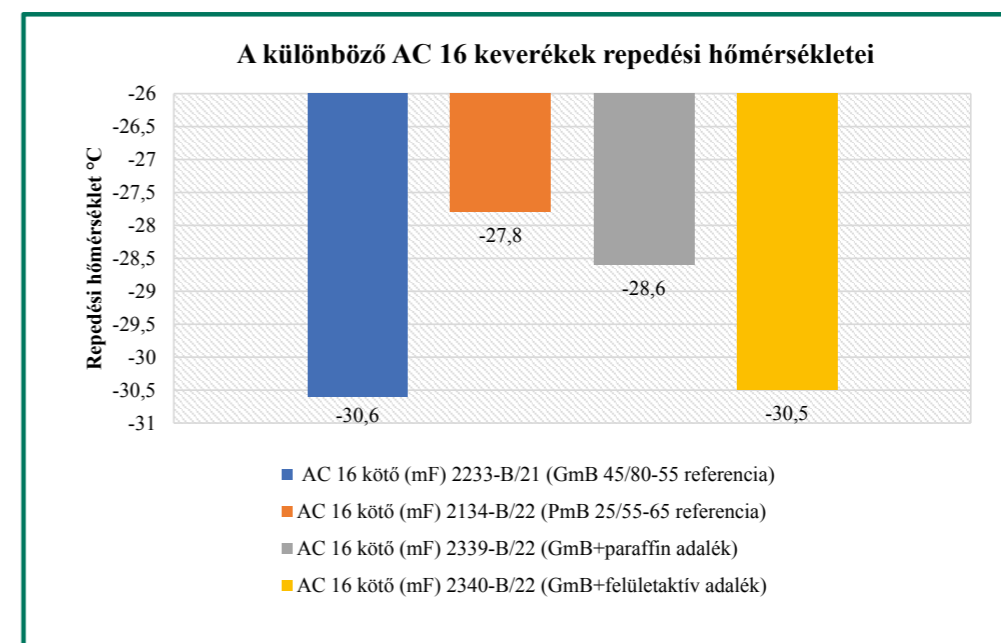
Kísérleteket végeztünk a keréknyomvályú-képződés (MSZ EN 12697-22) és a repedési hőmérséklet (MSZ EN 12697-46) meghatározására (hidegviselkedés) megállapításához, a fent említett keverékeken. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 20°C-kal alacsonyabb hőmérsékleten kevert felületaktív adalékos gumibitumenes keverék a képlékeny alakváltozással szembeni ellenállás tekintetében ugyanazt az eredményt adta, mint a referencia PmB és GmB keverékek. Ezzel ellentétben a paraffinos WMA adalékkal ellátott AC 16 keverék gyengébb ellenállást tanúsított az alakváltozással szemben (3. ábra).



3. ábra: Keréknyomvályú-képződési vizsgálat gumibitumennel és gumibitumennel amik WMA adalékos keverékeket tartalmaztak.

A repedési hőmérséklet tekintetében a felületaktív adalékanyaggal készített keverék felülmúlta a PmB referenciakeverék repedési hőmérsékletét és a referencia GmB keverék teljesítményét nyújtotta. Ami a paraffinos adalékkal előállított keveréket illeti, itt gyengébb hidegoldali tulajdonságot értünk el, mint a referencia GmB-vel, de érdemes megjegyezni hogy a repedési hőmérséklet még így is alacsonyabb volt mint a referencia PmB 25/55-65-öt tartalmazó keveréké (4. ábra).

zódási vizsgálat eredményei között azonos trendek voltak tapasztalhatók. Ami az aszfalt tesztekkel ilgili további vizsgálatokat kell végezni a gumibitumenes keverékekkel különböző aszfaltkeverékekben. A részletesebb aszfaltvizsgálatok mellett a 20°C-nál nagyobb mértékű hőmérséklet csökkentés lehetőségét is vizsgálni kell a még nagyobb energiamegtakarítás, a CO₂ kibocsátás csökkentés, a még kisebb mértékű kötőanyag öregedés és a tovább csökkentett bitumengőz expozíció megteremtése miatt.



4. ábra: Repedési hőmérsékletek a konvencionális és WMA adalékos gumibitumennel előállított aszfaltoknál.

Összefoglalás

A különböző gumibitumenek alkalmazása több mint 50 éve van jelen az útpépítésben. Az anyag alkalmazása az előnyös tulajdonságok ellenére máig nem tudott széleskörűen elterjedni, elsősorban gyártástechnológiai problémák és a termék felhasználási nehézségei miatt. A MOL kémiaiilag stabilizált gumibitumen terméke (GMB 45/80-55) sikeresen kiküszöbölte a gyártás és szállítás ezen technológiai problémáit, és olyan megoldást kínál, amely bármilyen aszfaltkeverékhez sikeresen alkalmazható kötőanyagként. Az elmúlt években számos aszfaltmechanikai vizsgálat és közel kétszáz útpépítési projekt igazolta a hazai fejlesztésű gumibitumen kiválóságát, és néhány éve megjelentek a gumibitumenes keverékek a gyorsforgalmi úthálózaton is. A jelenlegi helyzetben a gumibitumen hazai és nemzetközi elterjedése érdekében meg kell vizsgálni, hogy miként bővíthető a gumibitumen alkalmazási köre. Továbbá energetikai, klímavédelmi és egészségvédelmi okokból a WMA technológia elterjedése várható az Európai kontinensen. Ezért a gumibitumen egy fejlesztési iránya lehet a mérsékelt hőmérsékletű aszfaltokban való alkalmazás.

A fent bemutatott vizsgálati eredmények alátámasztják gumibitumen alkalmazásának lehetőségét a WMA aszfaltok esetében. Továbbá a bitumen reológiai tulajdonságai és a keréknyomvályú-kép-

Irodalom

- [1] Almássy K. – Geiger A.: Gumibitumen alkalmazások a nagyvilágban - A MOL gumibitumen helyzete nemzetközi összehasonlításban, Az Aszfalt újság, XXVIII year 2020/2 vol pp. 33-39. , 7 p. (2020)
- [2] <https://epitoanyag.org.hu/letoltheto-szamaink/>
- [3] <https://eapa.org/warm-mix-asphalt/>
- [4] Tóth Cs.: LEA* – alacsony energiatarományú aszfaltkeverék, Útgyűi Lapok, 2014. 2. évf. 3.szám.
- [5] Chandra Kiran Kumar Akisetty. "Evaluation of Warm Asphalt Additives on Performance Properties of CRM Binders and Mixtures." *Civil Engineering. Clemson University*, 2008
- [6] Gáspár L. - Tóth Cs. - Primusz P. - Almássy K. - Hunyadi D. - Szentpéteri I.: "A hazai GmB kötőanyagú útpályaszerkezeti rétegek komplex viselkedési értékelése, KTI Közlekedéstudományi Intézet és BME Út és Vasútpépítési Tanszék Vizsgálati Jelentés, 2019
- [7] Sol-Sánchez, Miguel, Ana Jiménez del Barco Carrión, Ana Hidalgo-Arroyo, Fernando Moreno-Navarro, Leticia Saiz, and María del Rubio-Gámez. "Viability of Producing Sustainable Asphalt Mixtures with Crumb Rubber Bitumen at Reduced Temperatures." *Construction and Building Materials* 265 (2020): 120154. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120154>.
- [8] Aranowski, Robert, Przemysław Wojewódka, and Krzysztof Błażejowski. "Determination of Binder-Aggregate Adhesion by Contact Angle Measurement." *Asphalt Pavements*, 2014, 641–48. <https://doi.org/10.1201/b17219-79>.
- [9] <https://www.brighton-science.com/what-is-contact-angle>

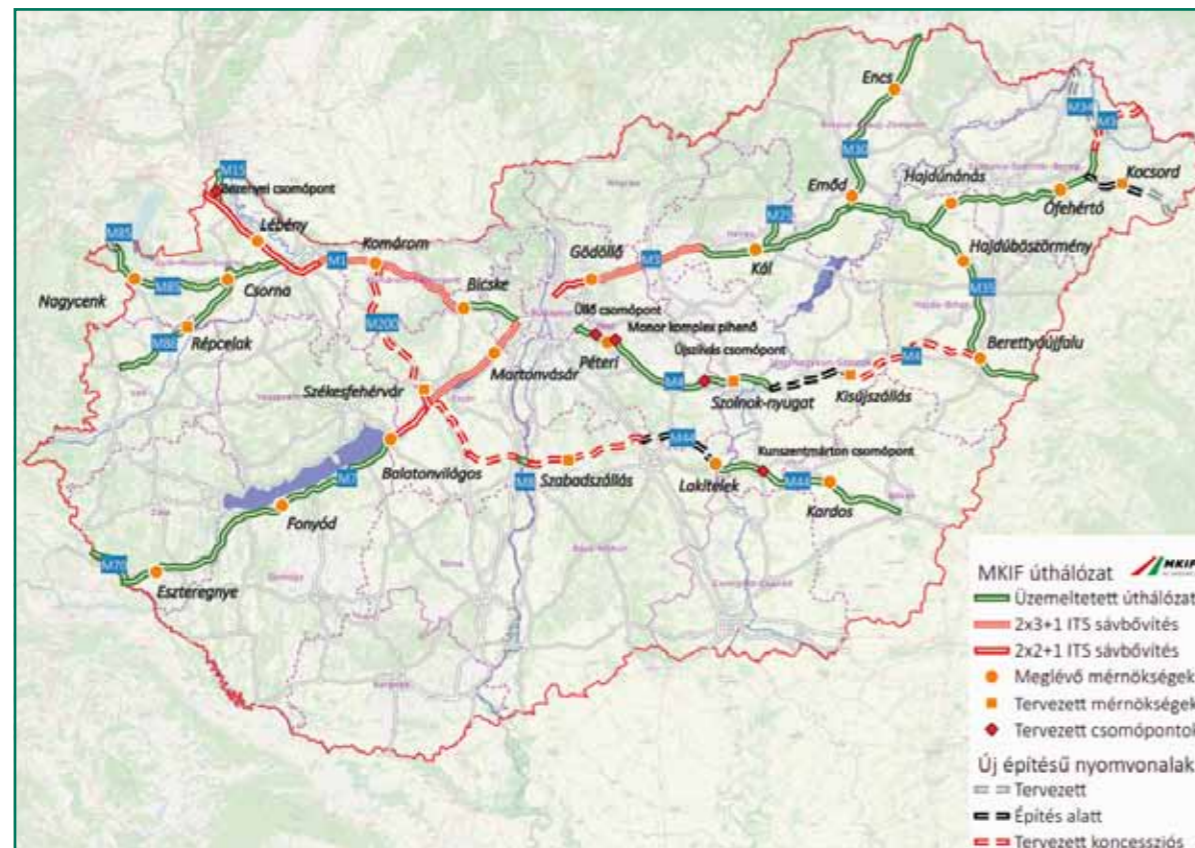
Drónok használata útüzemeltetésben

Szigeti Diána

Üzemeltetési koordinátor
MKIF
Magyar Koncessziós
Infrastruktúra Fejlesztő Zrt



Az MKIF Magyar Koncessziós Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. 2022. szeptember 1-jén vette át 1237 km gyorsforgalmi úthálózat üzemeltetését, karbantartását, ahol nagy mennyiségben előfordulnak szűkített keresztmetszetű szakaszok is. 2023. tavaszán megkezdődtek a szintrehozási és nagykarbantartási munkák, melyek számos martaszfalt depót eredményeztek országsszerte. Jelentéskötelezettségünk végett, ezeket folyamatosan fel kell mérni. Hamarosan megkezdődnek a fejlesztési munkák is, amely 272 km új pályát és 273 km bővítést jelent a meglévő hálózaton.



1. ábra: MKIF Zrt. kezelésében lévő gyorsforgalmi úthálózat.



2. ábra: Pontfelhő.

Az MKIF Zrt. próbál innovatív eszközöket alkalmazni, ezért az útüzemeltetés területén két fő célra használ, illetve szeretne használni drónokat.

Az egyik felhasználási területen a martaszfalt depók felmérésére szolgáló geodéziai célú drónt alkalmazuk. A hagyományos geodéziai felmérés ezen területek mennyiségének mérésére nem bizonyult hatékonynak, ugyanis országsszerte számos depót létesített az MKIF. Olyan módszert kerestünk, amivel hasonló pontosságot lehet elérni, mint a GNSS-el, azonban a helyszíni munka sokkal gyorsabb, így naponta több depót fel lehet térképezni. A felmérésre a DJI Mavic 3 Enterprise drónt használjuk, amihez tartozik RTK modul. A repülési ideje jobb, mint az előző modelleknek, akár 45 perc is lehet, a maximális repülési sebessége pedig 15 m/s, aminek köszönhetően jóval gyorsabb a terepmunka. A pontos vizsgálathoz készíteni kell egy repülési tervet, amit a helyszínen csinálunk meg. A repülési tervben a terület lehatárolása mellett meg kell határozni a fő paramétereket: repülési magasságot és sebesség, a repülési irányt, a felvételek soron belüli és sorok közötti átfedését, illetve a kamera állásszögét. Ezzel a módszerrel egy martaszfalt depó átlagos felmérési ideje kb. 5-10 perc és nagyjából 300-400 db kép szokott készülni. A feldolgozáshoz a 3D Survey nevű szoftvert használjuk. A számunkra fontos végtermék a felületmodell, amin végre lehet hajtani a kívánt terület térfogatszámítását, amit a szoftver elvégz.

A másik felhasználási terület az üzemeltetés. Egy pilot projekt keretein belül teszteljük, hogy hogyan lehet kiváltani az útellenőri munkát drónok használatával. A projekt célja, hogy az útellenőrök munkáját segítsük, csökkentjük a balesetveszélyes szituációk kialakulását, illetve csak akkor küldjük előrerőt a pályára, amikor valóban szükséges, ezért szeretnénk drónokkal helyettesíteni a pálya megfigyelését. Az Útellenőrök egyik feladata, hogy napi 2x végig haladjanak a mérnökségi szakaszon. Van olyan szakasz, ahol szűkített a keresztmetszet, nincs burkolt üzemi sáv. Nagy veszélynek vannak kitéve kollégáink, több útellenőr autót törtek össze a figyelmetlen vezetők, illetve sok utólérési baleset is történik, ahol munkatársaink, járműveink sérültek meg.



3. ábra: Balesetet szenvedett útellenőr autó.

A projekt indulásakor felállítottuk a repülés feltételrendszerét, melyek a következők:

- Az autópálya forgalmának legkevesebb zavarása nélkül repüljön.
- Áram, internet és egyéb erőforrások szükségesek a bázisállomás üzemeltetéséhez.
- A műveleti engedély megszerzése az ellenőrizendő területre a Légügyi hatóságtól.
- Speciális drón jogositvány és a drón kezelői körének meghatározása.
- Drón kezelői körének meghatározása.

Erre a feladatra egy olyan drónt választottunk, amihez tartozik bázisállomás. A teszt időszakban a DJI Matrice 30 Thermal drónt és a DJI Dock bázisállomást használjuk.



4. ábra: DJI Matrice 30 Thermal drón.

A drónhoz tartozik RTK modul, a repülési ideje 35 perc. 3 kamera található rajta, egy széles látószögű, egy 20 megapixeles és egy hőkamera. A szélellenállása 60 km/h, a maximális repülési sebessége 72 km/h, a hatótávolsága pedig 7 km. Kedvezőtlen időjárási viszonyok között is képes repülni, -20 foktól egészen +50 fokig. A DJI Dock bázisállomás szolgál a drón kontrollereként, onnan száll fel és oda is landol, ami azért praktikus, mert nem kell elpokolni.



5. ábra: DJI Dock bázisállomás.

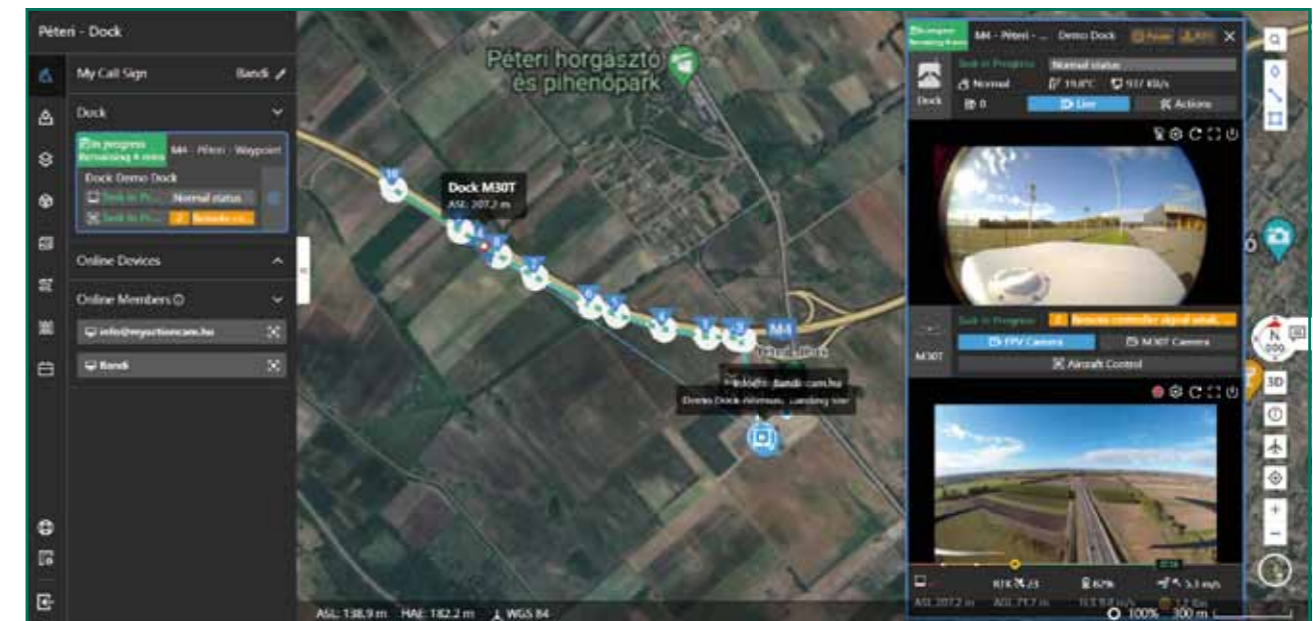
Egy meteorológiai állomás van beleépítve a dobozba, ami figyeli az időjárást és ha úgy érzékeli az állomás, hogy nagyon zord az idő, akkor nem engedi felszállni a drónt. Az állomás a belső hőmérsékletet konstans 20 fokon tartja, illetve 20 perc alatt képes felöltetni a drónt 90%-ra. Gond esetén a drón alternatív pontra száll le, amit a gyártó biztosít a csomaghoz. Az állomás a felmérés közben automatikusan kinyitja és bezárja önmagát.

Több szempontot figyelembe véve az M4-es autótutát választottuk a tesztrepülés helyszínének, mely 2023. november 6-tól november 10-ig tartott. A bázisállomást a Péteri mérnökség területére helyeztük le. A telepítés nagyjából 1 órát vett igénybe, azonban arra oda kellett figyelni, hogy ne árnyékolja le sem épület, sem növényzet, sem egyéb dolgok.



6. ábra: Tesztrepülés.

A szoftver, amivel a repülést, az útvonal megadását és a kiértékelést végrehajtottuk a DJI FlightHub 2 volt, melynek előnye, hogy alkalmas távoli vezérlésre is. Előre beprogramozott útvonalakat lehet készíteni, ilyen a waypoint és az area. A waypoint útvonal egy vonalban végzi a repülést és csak élőkép továbbítására alkalmas.



7. ábra: Waypoint útvonal tervezés.

Az area útvonalnál ki kell jelölni egy területet, aminek a felvételei 2D vagy 3D modell készítésére alkalmasak.



8. ábra: Area útvonal tervezés.

Meg kell határozni a repülések számát, (lehet egyszeri, időzített, vagy folyamatos repülés), a magasságot és a sebességet is, azonban a szoftver meg tudja adni az optimális maximum sebességet. A felvételeket és kész

modelleket a szoftver a saját felhőjében tárolja és ott is állítja elő. A repülés/felmérés közben nemcsak a kamerák képe láthatóak a szoftver felületén, hanem a megtett út is.

A tesztrepülésről a következő tapasztalatokat lehet levonni:

- A bázisállomást célszerű olyan helyre telepíteni, ahol megoldott a hálózati internet csatlakozás.
- Mobilnetes csatlakozás esetén a felszállás több időt vesz igénybe és az adatok feltöltése is lassabb.
- Laptopról lehet követni a drón útját és felvételét.
- Egyszerre több eszközről is figyelemmel lehet követni a repülést.
- A repülés során ki lehet választani, hogy melyik kameraképet lássuk a szoftverben, valamint a tervezett útvonalat.
- Az első tapasztalatok alapján a meglévő szoftver nem alkalmas az útellenőrzés elvégzésére, azonban lehet fejleszteni, hogy a Mesterséges Intelligencia segítségével az összeállított modellt vagy élőképet képes legyen egyből elemezni, kiértékelni és jelzést adni, ha bármilyen eltérést észlel például: balesetet, szalagkorlát hibát, elhagyott gumiabroncsot.
- Egyelőre szemrevételezéssel kell elemezni a felvételeket, összevetni az elkészült modelleket.

Összefoglalás

A martaszfalt depó felmérésére alkalmas a drón, ugyanis költséghatékony, kevesebb terepmunkával és feldolgozással jár. Az útellenőrzés kiváltásához, azonban még idő kell, hogy a megfelelő technológiát kidolgozzuk, továbbá esetlegesen szükséges a hatótáv növelése.

A szoftver fejlesztésére ugyanakkora hangsúlyt kell fektetni, hogy a kiváltandó feladatokat hatékonyan el tudja látni. A későbbiekben be lehet tanítani a drónt és a szoftvert a számunkra fontos tényezők felmérésére, eltérések jelzésére. Célunk, hogy az üzemeltetési idő alatt ki tudjuk fejleszteni a megfelelő drón technológiát az útellenőrzésre, így a teszteléseket folytatjuk.

Gyorsforgalmi utak fejlődése Magyarországon az elmúlt 10 év tükrében

Koch Domonkos

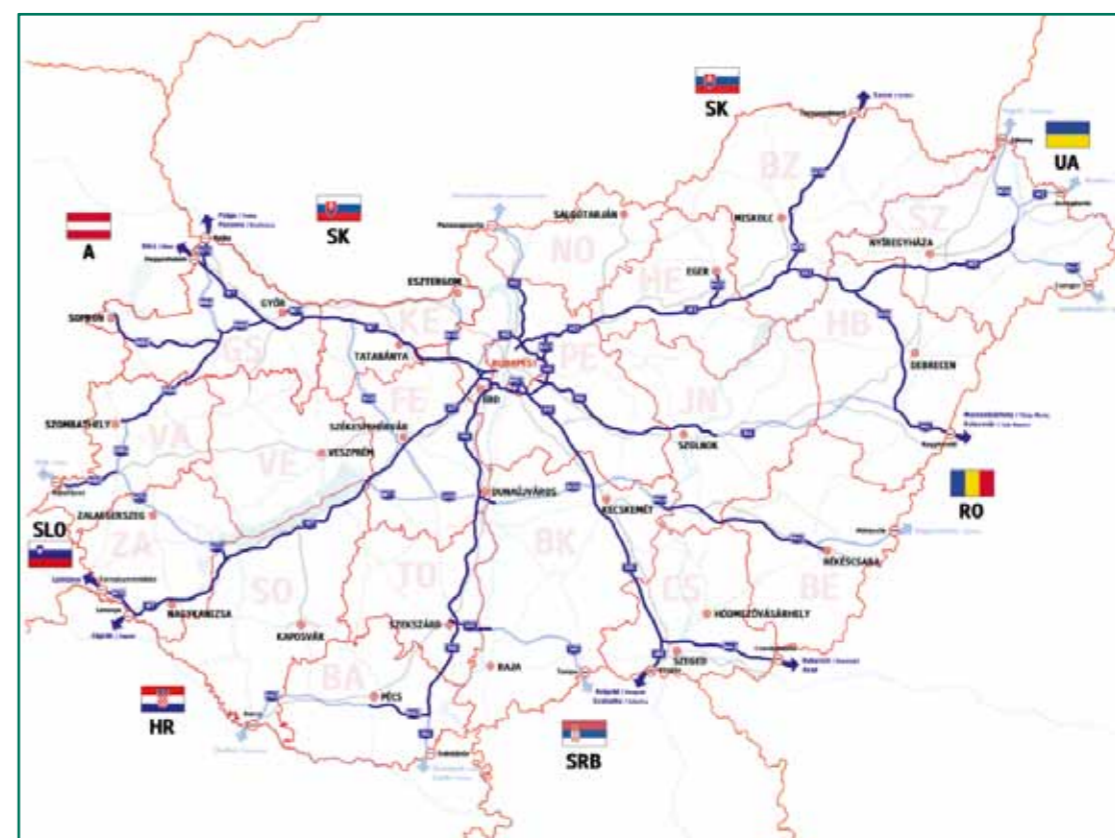


Műszaki Ellenőr
Magyar Koncessziós
Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.

1. Bevezetés

Az elmúlt évtizedben a magyar gyorsforgalmi úthálózat bővítése a reneszánszát élte, ezért időszerűnek tűnik, hogy most, amikor kevesebb fejlesztés folyik, visszatekintsünk az elmúlt időszak teljesítményére.

Az egyszerűsítés kedvéért a szövegezésben nem teszek különbséget autópálya és autótút között, mindegyik alatt a gyorsforgalmi kategóriába eső utakat értem.



1. ábra Magyarország gyorsforgalmi úthálózata 2021-ben [1]

8TH E&E CONGRESS
EURASPHALT & EUROBITUME
19 – 21 JUNE 2024
BUDAPEST
HUNGARY

2. Hálózat fejlődése

2.1. Általános

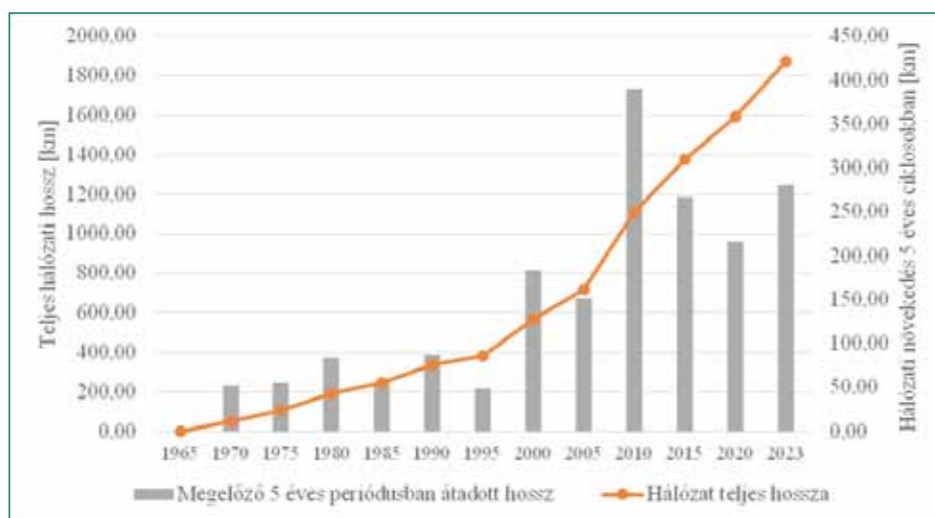
A hálózat hossza 2010-ben 1110 km volt, 2023-ban 1875 km-re nőtt. A 2010-2023 közötti időszakban – a teljesség igénye nélkül – olyan nagy projektek kerültek megvalósításra, mint az M85, M86, M30, M25; az M4, M44 jelentős szakaszai vagy az M0, M70 bővítések. Ebben az időszakban mintegy 765 km új gyorsforgalmi utat helyeztek forgalomba. Ezeknek a fejlesztéseknek hála az autópályáink többsége elérte az országhatárt. Sajnálatos, hogy a hálózat megtartotta sugaras szerkezetét, gyűrű irányú, vagy annak tekinthető elemek nem épültek, ez a jövő kihívásai közé tartozik. A hálózat általános fejlődését olyan mérőszámokkal jellemezhetjük, mint a hálózat hossza [km], hálózatsűrűség [km/1000 km²] vagy a hálózat megoszlása lakosság arányosan, de érdemes szemügyre venni a vizsgált időszakban beépített aszfaltmennyiséget is.

A 2. ábrán látható, hogy öt éves periódusokban hogyan fejlődött a gyorsforgalmi úthálózatunk. Trendfordulót az 1995-ös év után látunk, amikor is a korábban 100 km-t sem meghaladó ötéves hálózati növekmények többszörösükre nőttek. Ezt a magasabb trendet sikerült megtartani, stabilizálni 2010 és 2023 között.

A hálózat fejlettségét a hálózat hosszánál jobban jellemzi a hálózatsűrűség. 2010-ben Magyarországon átlagosan 11,9 km autópálya jutott 1000 km²-re, ami az EU átlag (16,0 km) mintegy háromnegyede. Ezzel szemben 2023-ban a hálózatsűrűség 20,2 km, ami az EU-átlagnál (17,7 km) több, mint 10%-kal nagyobb. Európa régióinak hálózatsűrűségét mutatja a 3. ábra. Megfigyelhető, hogy általában fővárosok, nagy agglomerációk környezetében legsűrűbb a hálózat, nincs ez máshogy Magyarországon sem. A nagy mezőgazdasággal, ezáltal sok síkvidéki területtel és szétterülő településhálózattal rendelkező országokban (Franciaország, Lengyelország) alacsony ez a mutató, Magyarország ebből a szempontból a középmezőnybe tartozik.

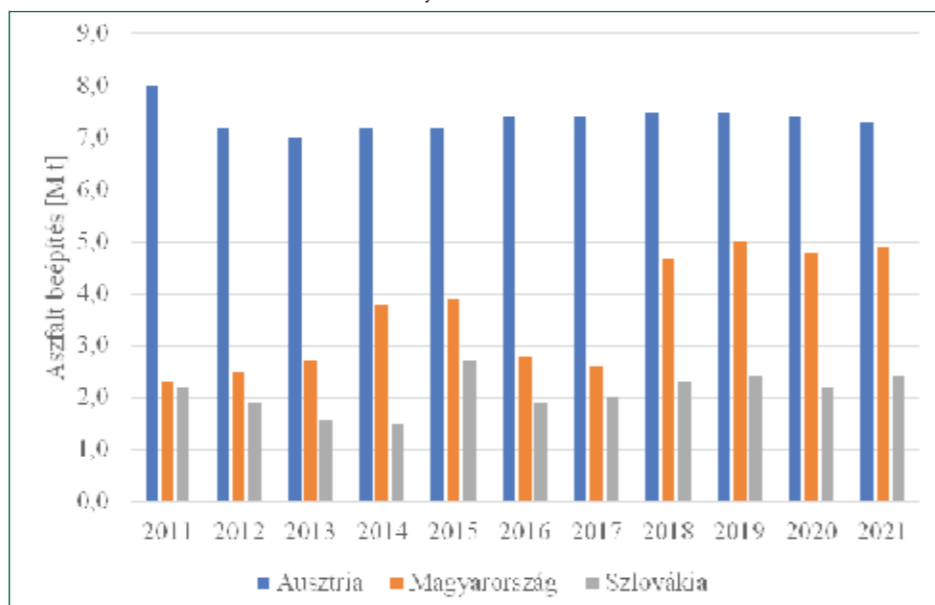
A gyorsforgalmi úthálózat fejlődéséről nem lehet beszélni a beépített aszfalt mennyiségek nélkül. Bár az

EAPA kiadványában [3] bemutatott mennyiségek nemcsak a gyorsforgalmi utakba beépített aszfaltok mennyiségével egyenlők, hanem számba veszik az összes beépített aszfaltot, a trendek egyértelműen kirajzolódnak. Magyarországon 2010-2021 között összesen 40 millió tonna aszfalt épült be. A szomszédos Ausztria 81 millió tonnát, a szintén szomszédos Szlovákia 23 millió tonnát épített be. Magyarország azon kevés országok közé tartozik, amelyek érdemben növelni tudták a beépített aszfalt mennyiségét, ráadásul a 2018-2021 között beépített évi 4,7-4,9 millió



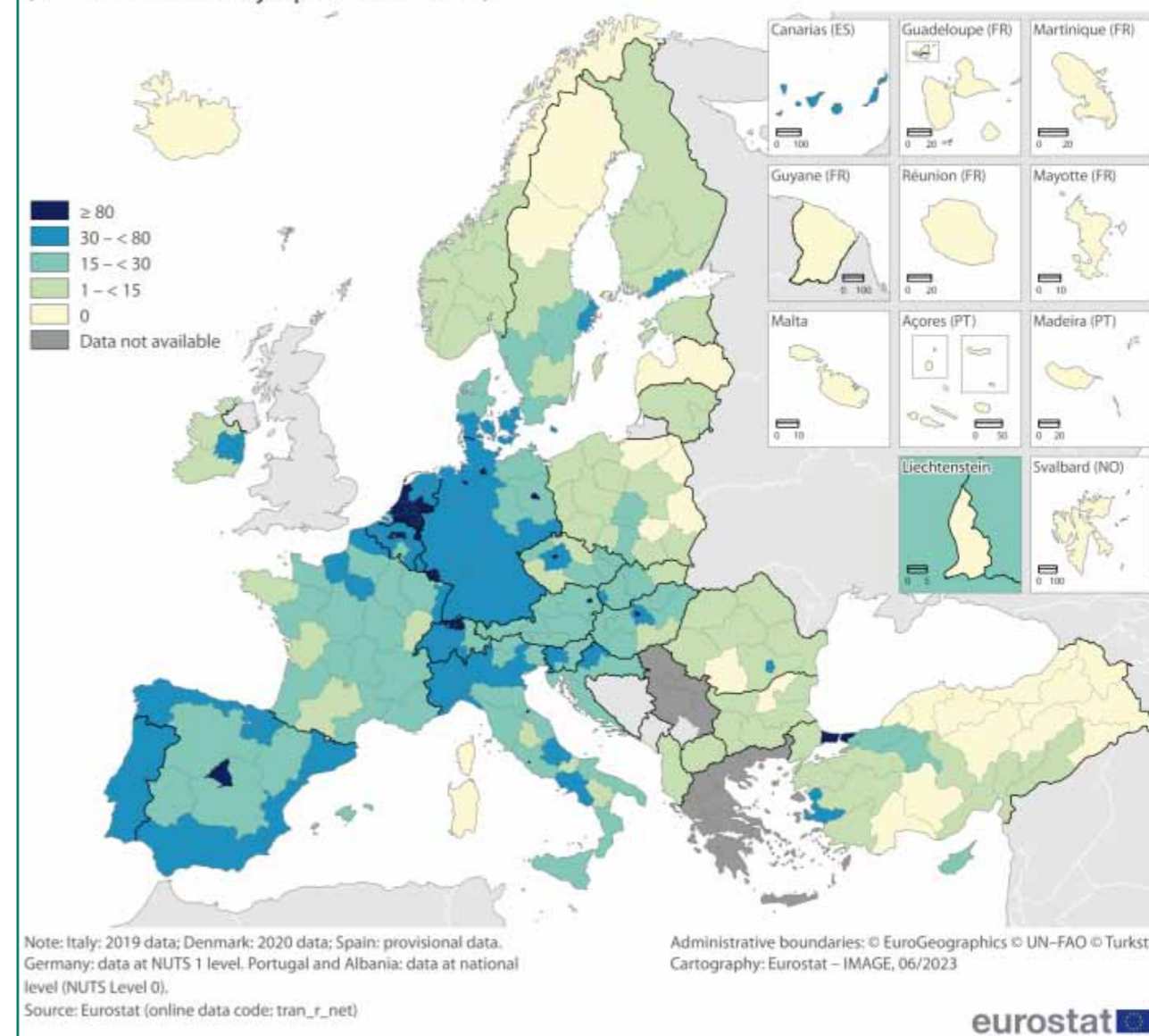
2. ábra A hálózat hosszának növekedése [1]

tonna régen látott nagyságrend. A kiadvány további adatait szemügyre véve megállapítható, hogy a technológiai fejlesztések trendje a hőmérséklet csökkentett aszfaltok (WMA) és a mart aszfalt újrafelhasználása (RA) irányába indult el. Hazánkban sajnos ezeknek a fejlesztéseknek a hajnalán vagyunk, így a vizsgált időszak számai a többi országhoz képest alacsony (WMA 2013-2021 között: 1,08 millió tonna, RA 2021-ben: 250 000 tonna). Bizakodásra ad okot azonban, hogy ezt a mart aszfaltot nem hulladékként, hanem legértékesebb helyén, az aszfaltban hasznosítottuk újra 98%-ban.



4. ábra Aszfaltgyártás 2011 - 2021 között

Motorway density, by regions, 2021 (km of motorways per 1000 km²)



3. ábra Hálózatsűrűség Európában [2]

2.2. Fejlődés megyénként

A hálózat fejlettségét a „makro” vizsgálat után érdemes megnézni „mikro”, azaz megyei szinten is. Ezt mutatja be az 1. és 2. táblázat.

Az első táblázatban a 2010-es adatokat láthatjuk. A legtöbb autópálya Pest megyében volt (Budapestet is beleértve). Ezt az első helyét a hálózat szerkezetét tekintve várhatóan a jövőben sem veszíti el, ugyanis ez a hálózat központja, itt találkoznak az autópályák. Területi alapon is itt volt a legmagasabb a hálózatsűrűség, mindkét kategóriában Csongrád-Csanád és Fejér megye követi, lakosság arányosan viszont Csongrád-Csanádban jutott a legtöbb autópálya 100 000 lakosra, Somogyban

a második, Fejérben a harmadik legtöbb. Pest a magas népességszám miatt ebben a kategóriában jelentősen visszaesett.

A 2. táblázat a 2023-as adatokat mutatja. A hálózati hossz és a hálózat sűrűség tekintetében 2. helyre jött fel Győr-Moson-Sopron megye, míg lakosság arányosan Vas, Tolna és Győr-Moson-Sopron a sorrend. Erre az elmúlt időszak nagyobb nyugati fejlesztései (M85, M86) adnak magyarázatot, valamint az, hogy az M6 autópálya Tolna megyét érintő szakaszát már 2010. január 1-e után adták át, így itt került számításba. Külön kiemelendő Pest (64,77) és Győr-Moson-Sopron (50,10) hálózati sűrűsége, ami európai szinten is magas értéknek számít.

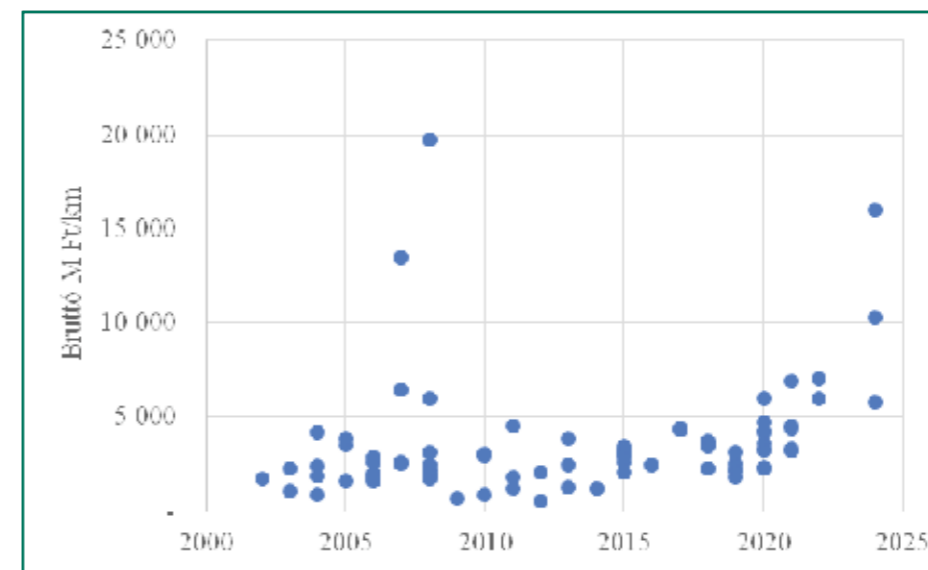
1. táblázat Hálózati mutatók megyei szinten 2010-ben

2010						
Megyék	Hálózati hossz [km]	Rangsor hossz alapján	Hálózati hossz terület arányosan [km/1000 km ²]	Rangsor terület arányosan	Népesség függvényében [km/100 000 fő]	Rangsor népesség arányosan
Bács - Kiskun	76,70	7	9,08	11	14,52	9
Baranya	0,00	16	0,00	16	0,00	16
Békés	0,00	16	0,00	16	0,00	16
Borsod-Abaúj-Zemplén	73,60	9	10,16	10	10,62	11
Csongrád-Csanád	160,00	2	37,54	2	37,80	1
Fejér	132,06	3	30,30	3	30,90	3
Győr-Moson-Sopron	98,95	5	23,51	4	22,07	6
Hajdú-Bihar	89,20	6	14,36	9	16,48	7
Heves	73,80	8	20,29	6	23,96	4
Jász-Nagykun-Szolnok	0,00	16	0,00	16	0,00	16
Komárom-Esztergom	49,55	11	21,88	5	15,76	8
Nógrád	0,00	16	0,00	16	0,00	16
Pest	314,10	1	49,13	1	10,64	10
Somogy	103,90	4	17,21	7	32,41	2
Szabolcs-Szatmár-Bereg	18,30	12	3,08	13	3,27	13
Tolna	15,00	13	4,05	12	6,42	12
Vas	3,80	15	1,14	15	1,47	15
Veszprém	7,10	14	1,58	14	1,98	14
Zala	64,60	10	17,07	8	22,38	5

2. táblázat Hálózati mutatók megyei szinten 2023-ban

2023						
Megyék	Hálózati hossz [km]	Rangsor hossz alapján	Hálózati hossz terület arányosan [km/1000 km ²]	Rangsor terület arányosan	Népesség függvényében [km/100 000 fő]	Rangsor népesség arányosan
Bács - Kiskun	76,70	11	9,08	16	15,51	13
Baranya	50,30	16	11,35	13	14,16	14
Békés	54,16	14	9,62	15	17,23	11
Borsod-Abaúj-Zemplén	132,05	6	18,22	11	21,15	10
Csongrád-Csanád	160,00	3	37,54	3	40,90	4
Fejér	139,21	5	31,94	5	33,18	6
Győr-Moson-Sopron	210,83	2	50,10	2	44,73	3
Hajdú-Bihar	144,30	4	23,23	8	27,72	8
Heves	92,30	10	25,38	7	32,10	7
Jász-Nagykun-Szolnok	50,40	15	9,03	17	14,14	15
Komárom-Esztergom	49,55	17	21,88	9	16,43	12
Nógrád	0,00	19	0,00	19	0,00	19
Pest	414,10	1	64,77	1	13,80	16
Somogy	111,40	8	18,46	10	37,72	5
Szabolcs-Szatmár-Bereg	64,00	13	10,78	14	12,12	17
Tolna	97,90	9	26,44	6	47,06	2
Vas	121,45	7	36,41	4	48,62	1
Veszprém	7,10	18	1,58	18	2,10	18
Zala	65,7	12	17,36	12	25,10	9

3. Beruházási költségek változása



5. ábra Beruházások fajlagos költségei

Vizsgálat tárgyát kell képezze az autópályák beruházási költségeinek alakulása is, nemcsak azért, mert a laikus közvéleményt is ez foglalkoztatja, hanem a jövő beruházásainak költségtervezése miatt. Ehhez 82 projekt adatait dolgoztam fel a 2002-2023 időszakban.

A beruházás fajlagos költségeit (Bruttó M Ft/km) mutatja az 5. ábra, mindegyik projektet abban az évben ábrázolva, amikor átadásra került, vagy kerül.

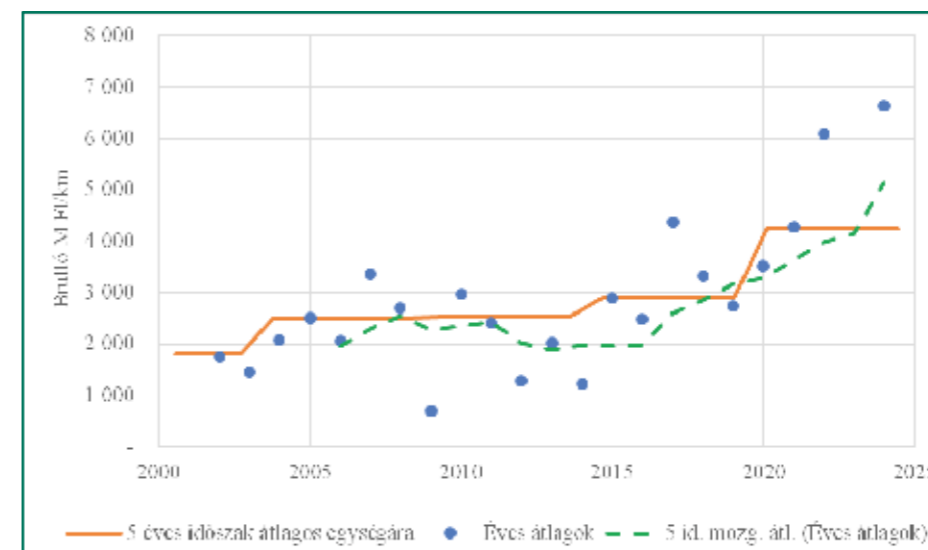
A 6. ábra már a kiugró értékek leválogatásával készült, 79 projekt adatait feldolgozva. Ezeket az adatok feldolgozás után éves és öt éves átlagokként ábrázoltam, valamint a trendek értelmezhetősége érdekében megjelenítettem az öt éves mozgó átlagokat is.

Az éves átlagok egyenletesebbé teszik az 5. ábrán látható pontfelhőt és némi hullámozás után az időszak vége felé emelkedés látható.

Öt éves periódusokat vizsgálva már érdekesebb megállapítások tehetők. Az átlagolás felerősíti a éves eredmények alapján jelzett áremelkedést az időszak végén, ám ami ennél is érdekesebb, hogy 2004-2019 között csak egy minimális, 14%-os emelkedést látunk, ami ilyen hosszú időszakot vizsgálva elenyészőnek mondható. Az

öt éves mozgó átlag figyelembe vételével ennél is részletesebben láthatjuk a változásokat. 2006 és 2015 között minimális csökkenés is megfigyelhető, míg 2016-tól kezdődően indul meg az egységárak emelkedése.

4. Beruházási költségek előrejelzése



6. ábra Fajlagos költségek változása

Látható, hogy néhány kiugrástól eltekintve a legtöbb projekt egységára az alsó zónában mozgott. Ezek a kiugró értékek mind valamilyen nagyműtárgy építéséhez kapcsolódnak: Megyeri-híd, Köröshegyi-völgyhíd vagy az M85 Bécsi-dombi alagút. Annak érdekében, hogy elemezni lehessen az egységárak változását ezeket a kiugró értékeket le kell válogatni.

A beruházások költségtervezéséhez elengedhetetlen, hogy ismerjük a korábbi projektek költségeit, azonban beruházói oldalról célszerű, hogy akár a projekt korai fázisában már legyen egy pontosnak mondható becslés. Mindez azt is jelenti, hogy olyan összefüggést kell találni, ami kevés adatból is képes kielégítő pontosságú előrejelzést adni.

J. R. Meyer 1965-ben dolgozta ki az alábbi összefüggést az Egyesült Államokban új,

városi autópályák építési költségeinek előrebecsléséhez [5]:

$$\ln(C) = a + b * \ln(S) + c * \ln(NRD)$$

ahol:

C – beruházási költség

S – útfelület nagysága (hosszúság * koronaszélesség)

NRD – Net Residential Density (nettó lakossűrűség)

a, b, c – kalibrálandó paraméterek

Az Egyesült Államokban azt találták, hogy az autópályák építési költsége szoros összefüggésben van a beépítettséggel, illetve a beépítettség típusával, azaz hányan laknak az adott területen. Ez logikusnak tűnik, hiszen egy lakóövezetben drágább a kisajátítás, mint egy rozsdáövezetben, nagy mennyiségű épületbontásra van szükség, mint zöldmezős beruházás esetén, illetve a közvetlenül nem érintett területeket általában zajvédelmi létesítményekkel kell védeni, ami tovább drágítja a projektet. Az összefüggés regressziós együtthatója: $R^2 = 0,58$, ami közepesnek mondható.

Az összefüggést tovább dolgozták [6]:

- útfelület helyettesítése teljes építési anyag mennyiséggel (TM):

$$\ln(C) = a + b * \ln(TM) + c * \ln(NRD) \quad R^2 = 0,59$$

- kapacitásbővítés esete:

$$\ln(C) = a + b * \ln(N * L) + c * \ln(NRD) \quad R^2 = 0,63$$

ahol

N a sávok száma és L a bővítés hossza

- kopórteleg csere esete:

$$\ln(C) = a + b * \ln(N * L) \quad R^2 = 0,68$$

Az összefüggés hazai környezetben közvetlenül nem alkalmazható, ugyanis városi autópálya néhány igen ritka kivételtől eltekintve nem épül, illetve ha mégis, az egy nagyobb projekt részeként és csak rövid szakaszon érinti a települést, vagyis az árra minimális hatása van. Ezért a szerződéseket jellemző, mégis egyszerűen értelmezhető

és rendelkezésre álló vagy számítható adatot kell figyelembe venni. Az útfelület nagysága közvetetten összefüggésben van a beépített anyagmennyiségekkel, a szerződés időbeli hossza szintén az anyagmennyiségekkel és a projekt komplexitásával is, míg a műtárgyak, egyéb csatlakozó létesítmények pontszerűek, de jelentősen emelhetik a költségeket.

Ezek alapján az alábbi képletet dolgoztam ki:

$$\ln(C) = a + b * \ln(S) + c * \ln(T) + d * \ln(B) + e * \ln(O)$$

ahol:

C – beruházási költség

S – útfelület nagysága (hosszúság * koronaszélesség)

T – a szerződés időbeli hossza

B – műtárgyak száma

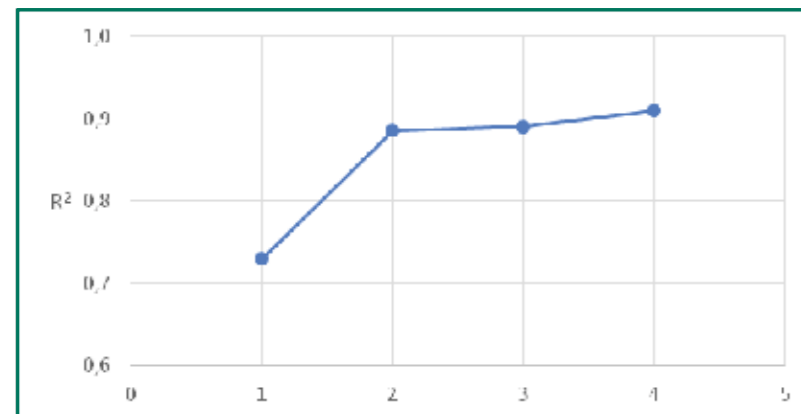
O – egyéb nagylétesítmények száma (csomópontok, mérnökségek, pihenőhelyek)

a, b, c, d, e – kalibrálandó paraméterek.

A korábban már vizsgált 82 projektből 25-t kiválasztva kalibráltam a képletet. A 25 alacsony számnak tűnhet a kiindulási mennyiséghez képest, azonban csak zöldmezős gyorsforgalmi út építéseket vettem figyelembe, tehát nagyműtárgyak, bővítések, csomóponti fejlesztések illetve nagyszabású felújítási projektek nem jöhettek szóba, valamint az adatok korlátozott visszakereshetősége, rendelkezésre állása is csökkentette a figyelembe vehető projektek számát. A kalibrálást úgy végeztem el, hogy folyamatosan bővítettem a kalibrálandó együtthatók számát.

Az eredmények az alábbiak:

$\ln(C) = 0,50 + 0,872 * \ln(S)$	$R^2 = 0,73$
$\ln(C) = -3,33 + 0,671 * \ln(S) + 1,359 * \ln(T)$	$R^2 = 0,89$
$\ln(C) = -2,99 + 0,536 * \ln(S) + 1,310 * \ln(T) + 0,130 * \ln(B)$	$R^2 = 0,89$
$\ln(C) = -1,49 + 0,311 * \ln(S) + 0,974 * \ln(T) + 0,157 * \ln(B) + 0,368 * \ln(O)$	$R^2 = 0,91$



7. ábra R² értékének változása a paraméterek számának függvényében

A kalibrálás után látható, hogy már egy paraméter, az útfelület, használata esetén is magasabb regressziós együtthatót kapunk, mint Meyer összefüggésénél. Ha figyelembe vesszük a szerződés hosszát, az R^2 értéke 0,89-re emelkedik, ami erős összefüggést jelent. A többi paraméter számításba vétele már csak minimálisan tudja javítani az összefüggés szorosságát.

Ezek alapján megállapítható, hogy ismerve az útfelület nagyságát és a szerződés hosszát, a beruházási költségek kellő pontossággal előrebecsülhetők anélkül, hogy pontosan ismernénk az anyagmennyiségeket és az aktuális árakat.

5. Összefoglalás, következtetések

A hazai úthálózat jelentős fejlődésen ment keresztül a 2010-2023 közötti időszakban mind a hálózat hosszát, mind a sűrűségét tekintve. A fejlesztések következő lépcsője a hálózat szerkezetének javítása kell legyen amellet, hogy már látszanak kapacitások hiányos szakaszok a jelenlegi hálózaton is. A beépített aszfaltmennyiség jelentősen nőtt, de a mart aszfalt újrafelhasználásában és a hőmérséklet-csökkentett aszfaltgyártásban még nagy fejlődési potenciál van hazánkban.

A vizsgált időszak első felében a beruházási költségek nem nőttek a megelőző időszakhoz képest, viszont 2016-tól kezdődően jelentős növekedés indult meg. Ezek a beruházási költségek viszont jól előrebecsülhetők. Szoros összefüggés van a költség és az útfelület nagysága, valamint a kivite-

lezői szerződések hossza között. Közlekedésgazdaságtani szempontból további vizsgálatot igényel, hogy a bemutatott képlet mennyire alkalmazható Európa többi országában, valamint változó árszínvonal mellett.

6. Irodalom

- [1] www.wikipedia.hu/magyarország_autopalyai
- [2] Inland transport infrastructure at regional level, Eurostat, 2023
- [3] EAPA, Asphalt in Figures 2020 Commented Version, 2021
- [4] Almásy – Koch, Zöld technológiák, energiamegtakarítás - új trendek az aszfaltechnológiában, Az Aszfalt XXIX. évf. 2022/2 pp. 71-75, 2022
- [5] Meyer – Kain - Wohl, The Urban Transportation Problem. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1965
- [6] Palma – Lindsey – Quinet – Vickerman, A Handbook of Transport Economics, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, 2011

PROFI BAGGER

Építőipari Gépkereskedelmi Kft.



BOMAG MARÓTÜSKE AKCIÓ!
Készletről elérhető azonnal
Kiszerezés: 1 doboz 50 db, 1 raklap 3200 db

www.profi-bagger.hu
info@profi-bagger.hu

Különböző WMA eljárások aszfaltgyártói tapasztalatai a Colas magyarországi cégcsoportjánál

Spitzmüller Lilla



gépészeti munkatárs
COLAS Hungária Zrt

A klímaváltozás és biodiverzitás csökkenése egyaránt jelentős környezeti és társadalmi kihívást jelent. Ennek érdekében még 2020-ban a Colas cégcsoport alacsony szén-dioxid kibocsátású és biodiverzitási ütemtervet dolgozott ki, mely alapján a cégcsoport egyik célja, hogy 2030-ig 30%-al csökkentse a közvetlen szén-dioxid kibocsátást.

2022-ben viszont az aszfaltgyártást is elérte az energiaváltozás, amikor hirtelen és kiszámíthatatlan módon változtak meg a piacok. Ennek köszönhetően a Colas magyarországi cégcsoportjánál is hosszabb távú stratégiát dolgoztunk ki ahhoz, hogy minél tudatosabban figyeljünk az energiahasználatra és könnyebben, gyorsabban tudjunk reagálni a változó piaci igényekre. Ennek köszönhetően kezdtünk el minél több WMA technológiát kipróbálni, illetve egyre jobban odafigyelni a gyártás során felhasznált energia mennyiségére és a túlfűtések visszaszorítására.

A mérsékelt meleg aszfalt technológiájának három fő kategóriája van: szerves adalékszer alkalmazása, kémiai adalékszer alkalmazása, habosított bitumen használata.

Mint Magyarországon a legtöbb építőipari vállalatnál, így cégcsoportunknál is a legnépszerűbb és a legkézenfekvőbb megoldás a habosított bitumennel történő aszfaltgyártás. Jelenleg 5 aszfaltkeverőnk van habosító berendezéssel ellátva, ebből két habosító esetében nagyobb termelési teszt előtt állunk, mivel telepítésük csak a nyár végén fejeződött be.

A Technológiai Igazgatósággal több alkalommal is adatgyűjtés céljából kint voltunk munkaterületen, ahol az aszfalt különböző jellemzőit vizsgáltuk, az eredmények mindenhol az előírásoknak megfelelőek voltak, tapasztalaink pozitívak, mind kötő, mind kopó réteg esetében, így a jövőben is folytatjuk a habosított bi-

tumennel történő gyártást. A tapasztalataink alapján, azokon a munkaterületeken, ahol több kézi bedolgozás szükséges, az aszfaltot minimálisan magasabb hőmérsékleten szükséges gyártani, a könnyebb bedolgozhatóság érdekében, ezzel megkönnyítve a munkaterületeken dolgozó kollégák munkáját.

Az aszfaltkeverőtelepek működése során keletkezett adatokat egy külön program gyűjti és riportálja. Ezen programban az idei évtől külön receptúra megnevezéssel kerültek rögzítésre a habosított receptúrák, hogy minél egyszerűbben, bármikor, bármilyen időintervallumra le tudjuk kérni a WMA technológiával gyártott mennyiséget és a gyártási jellemzőit.



Mivel az idei évben többnyire modifikált bitumennel történő gyártás folyt a habosító berendezéssel felszerelt üzeminkben, így a termelt mennyiség csupán 4%-a történt habosított bitumennel, az ezzel elérhető megtakarítás pedig 2,5-3 kWh/t.

2023. év elején egy, már korábbiakban telepített bitumenhabosító berendezés nagyobb karbantartására volt szükség, illetve 3 új habosító berendezést telepítettünk, ennek megtérülési ideje a jelenlegi termelt mennyiség során keletkező megtakarítás alapján 8 év.

2023. nyarán kis mennyiségben teszteltünk egy bitumenviszkozitást csökkentő adalékszerrel pelletált szálas anyagot. A pelletált formájának köszönhetően érhető el a pontosabb adagolás és a homogén elkeveredés. Adagoló berendezéssel pneumatikus úton adagolható.

Mivel kis mennyiségben teszteltünk, így a tervezett adagolásnál többet használtunk, mert az adalékszer tartályban az érzékelő nem tudott kis mennyiséget érzékelni. Az anyaggal 2 különböző nap végeztünk tesztek, minimálisan különböző gyártási utasítások alapján.

A teszt első napján az aszfaltkeverék szabadhézag tartalma magasabb volt, viszont az adalékszer használatával némileg jobb, mint hagyományosan gyártva.

A teszt második napján Marshall döngölővel készített próbatesteken végzett vizsgálatoknál nem volt kimutatható szabadhézagtartalom csökkenése, míg fűrt mintán már jobb volt a beépített réteg burkolati hézaga, mint hagyományos gyártású keverék esetében.

Mindkét teszt napon munkaterületen is kint voltunk, ahol szemmel láthatóan az aszfalt jól tömöríthető volt. Az aszfaltkeverék átlagos gyártási hőmérséklete a gyártási adatok alapján 153 °C volt. A csökkentett energiafelhasználásból eredő megtakarítás, viszont nem fedezi az adalékszer költségét, így csak energiamegtakarítás érhető el az adalékszer használatával, költségmegtakarítás nem.

Magyarországon elsőként próbálhatta ki a cégcsoportunk az egyik hőmérséklet csökkentő B50/70 bitumennel.

A tesztre 2023. szeptemberében került sor. a használt hőmérsékletcsökkentő hatású bitumen kevésbé teszi hőmérséklet érzékeny az aszfaltkeveréket, a hőmérséklet csökkenésével nem nő progresszívan a hézagtartalom a Marshall próbatesten. Alacsonyabb hőmérsékleten gyártva és tömörítve is megfelelő hézagtartalom volt elérhető az adott keverékkel. Az átlagos gyártási hőmérséklet: 142 °C. Az átlagos energiafogyasztáshoz képest körülbelül 10 kWh/t energiamegtakarítást értünk el.

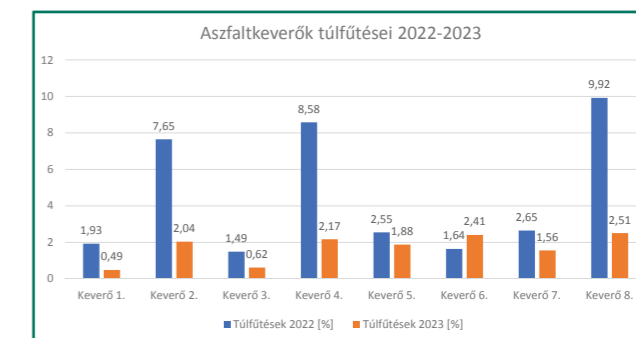
A megtakarítás mértéke közel fele a bitumen beszerzési árának többletköltségéhez viszonyítva, így csak energiamegtakarítás érhető el a hőmérsékletcsökkentő



hatású bitumen használatával, költségmegtakarítás nem. Az idei évben magas szinten odafigyelünk a keverékek gyártási hőmérsékletére, illetve a túlfűtések visszaszorítására, hogy energiahatékonyaságunkat növelni tudjuk, illetve a szén-dioxid kibocsátásunkat pedig csökkentjük.

2023-ban 2 fő célt határoztunk meg, az egyik, hogy túlfűtések tekintetében az idei évben 5% alá szorítsuk a túlfűtések mértékét, az ábrán pedig szemmel látható, hogy a tavalyi évhez képest minden aszfaltkeverő esetében óriási csökkenést sikerült elérnünk, így a túlfűtések mértéke jelenleg kevesebb, mint 3% a Colas magyarországi cégcsoportjának aszfaltkeverőiben.

A másik fő célunk pedig az volt, hogy további bitumenhabosító berendezések kerüljenek telepítésre.



2024-ben fenn szeretnénk tartani ezt a 3% alatti értéket a túlfűtések esetében, de a kollégáink már nagyon odafigyelnek munkájuk során, hogy minél jobban visszaszorítsák ennek mértékét. Jövő évben a pozitív tapasztalaink alapján nagyobb mértékben szeretnénk habosított bitumennel gyártani, illetve a mart aszfalt felhasználását is növelni szeretnénk, illetve további hőmérsékletcsökkentő innovatív lehetőséget szeretnénk felkutatni, kipróbálni. Jelenleg van már az egyik aszfaltkeverőnkben folyadék halmazállapotú hőmérsékletcsökkentő adalékszer, melynek tesztelése jövő év elején várható.

A Colas magyarországi cégcsoportjánál fontosnak tartjuk, hogy innovatív megoldásokat használjunk, amik a kollégáknak is könnyebbé teszik a mindennapi munkájukat, illetve a karbonlábnyomunkat is csökkenthetjük, a fenntarthatóság jegyében.

Aszfaltkeverékek hangelnyelő képességének laboratóriumi vizsgálata

Szvoboda Krisztián



laboratórium vezető
Colas Hungária Zrt.

Bevezető

A közúti közlekedési zaj emberi szervezetre gyakorolt káros hatásai nemzetközileg ismert és széles körben kutatott téma. A WHO 2018-ban a közúti forgalom zajszintjének határértékének csökkentését javasolta: a napi súlyozott zajterhelési határérték a közúti forgalmi zajból $L_{den} \geq 53$ dB, míg az $L_{night} \geq 50$ dB éjszakai határérték összekapcsolását javasolta [1]. Az Európai Unió a 2030-ig szóló menetrendjében azt a célt tűzte ki, hogy 30%-kal csökkentse a közlekedési zaj által tartósan zavart személyek arányát [2]. Egy kutatásban alkalmazott modell alapján az európai fővárosokban évente összesen 3608 korai halálesetet tulajdonítanak a közúti forgalom zajának káros egészségügyi hatásainak [3]. A közúti zaj által érintett korai halálesetek száma csökkenthető az utakon vagy azok környékén zajcsökkentő intézkedésekkel.

Mivel Magyarországon a közúti infrastruktúra jelentős része aszfalt burkolatú, lehetőség nyílik az egyéb zajcsökkentő létesítmények (pl. zajvédő falak) mellett zajcsökkentő vagy alacsony zajszintű burkolat használatára is. Az erre a célra használható aszfalttípusok köre azonban a magyarországi éghajlati viszonyok miatt korlátozott.

A tanulmány célja olyan zajcsökkentő aszfaltkeverékek kifejlesztése, amelyek a frekvencián, nagy forgalmú útszakaszokhoz közeli területen önmagukban vagy más zajcsökkentő intézkedésekkel kombinálva segíthetik a zajkibocsátás csökkentését.

Zajelnyelés során a beeső hang egy része elnyelődik, illetve áthalad a vizsgált anyagon, egy része meg visszaverődik. A visszaverődött és a beeső hangenergia hányadosából számítható a hangelnyelési tényező. Ez a tényező 0-1 közötti értéket vesz fel, nagysága függ többek között az anyag porozitásától, vastagságától, a felület érdességétől, a beeső hang frekvenciájától.

Keveréktervezés és laboratóriumi vizsgálatok

Mivel a zajcsökkentő kopórétegeknek kiváló teljesítményt kell mutatniuk ahhoz, hogy vékony rétegben ellenálljanak az időjárási viszonyoknak és a forgalomnak, valamint jó zajcsökkentő tulajdonságokkal kell rendelkezniük, fontos a jó minőségű ásványi anyag felhasználása. Ezért a magyarországi kísérleti aszfaltkeverékeknél a 2 mm feletti szemcsés összetételű részt minden esetben bazalt vagy andezit adalékanyagból terveztük.

A 2 mm-nél kisebb szemcseméretű termékek mészkőből, bazaltból vagy andezit adalékanyagból készültek. A kísérleti alacsony zajszintű aszfaltkeverékek tervezésénél felhasználtuk az elmúlt évtized különböző tanulmányaiban összegyűjtött francia és német tapasztalatokat.

Az aszfaltkeverékek zajcsökkentő tulajdonságainak vizsgálatához impedanciacsöves méréseket hajtottunk végre az ISO 10534-2 szabvány szerint. A vizsgálat eredményeként a különböző aszfaltkeverékek zajcsökkentési hatékonyságát hangelnyelési együtthatójuk alapján hasonlítottuk össze. Minél jobb a hangelnyelési együttható és minél szélesebb a zajcsökkentési tartomány, annál hatékonyabbnak bizonyultak az aszfaltkeverékek zajcsökkentő tulajdonságai laboratóriumi körülmények között [4].

A korai impedanciacsöves zajmérések igazolták, hogy a Marshall tömörítési módszerrel készített aszfaltminták felülete nem reprezentálja megfelelően a burkolatok, mint kopórétegek felületi jellemzőit. Ezzel a tömörítési módszerrel a Marshall próbatess felületéhez közel repedezett ásványi anyagok keletkezhetnek, amelyek befolyásolhatják a felület zajvisszaverő viselkedését. Így a megfelelő hézagtartalom elérése után az MSZ EN 12697-33:2019+A1 szabvány szerinti szegmenstömörítővel az előírt összetételű aszfalt lapok készültek. Ezekből az lapokból nyolc darab 100 mm átmérőjű hengeres próbatesset fűrtünk (1. ábra).

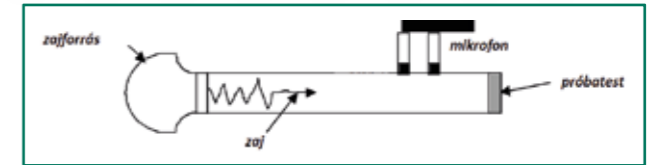


1. ábra: Aszfalt próbatessetek hangelnyelési tényező számításához

A vizsgálatokhoz Brüel&Kjaer 4206 impedanciacsöves laboratóriumi készletet használtunk. A vizsgálati berendezés és a működési elve a 2-3. ábrán látható. A mérőberendezés 1 Hz-től 1600 Hz-ig terjedő frekvenciatartományú zajt gerjeszt, ami a cső végén elhelyezkedő próbatessre verődik. A zaj egy része elnyelődik, egy része pedig visszaverődik. A visszavert zajt mikrofonok mérik, így kiszámítható a hangelnyelési tényező.



2. ábra: Impedanciacső



3. ábra: Impedanciacső működésének elve

Korábbi tanulmányok megállapították, hogy a gumibroncs-út zaj 500 és 2000 Hz között fejt ki jelentős hatást, maximuma pedig 800 és 1250 Hz között van [5]. Ezért a kísérleti aszfaltkeverékek zajcsökkentő teljesítményét 100 Hz és 1600 Hz közötti tartományban értékeltük. Az eredményeket a nyolc minta átlagértékeként határoztuk meg.

A kezdeti vizsgálatok során külföldi tapasztalatokat felhasználva állítottunk elő 5,6 és 8 mm névleges maximális szemmagyságú aszfaltbeton (AC) keverékeket, valamint 8 és 11,2 mm maximális szemmagyságú porózus aszfalt (PA) keverékeket. Az aszfaltkeverékeket a hagyományos PmB 25/55-65 kötőanyag mellett gumival módosított bitumennel (GmB 45/80-55) is előállítottuk.

Referencia aszfaltkeverékként AC 11 kopóréteget (F) B 50/70 keveréket vizsgáltunk.

A referencia- és a kísérleti keverékek hangelnyelési tényezőit a 4. ábra mutatja.

Látható, hogy a referencia és az 5,6 mm maximális szemmagyságú keverékeknek 0,3, a 8 mm névleges maximális szemmagyságú AC keverékeknek 0,4-0,5, a porózus aszfaltoknak 0,8-0,9 a hangelnyelési tényezőjük.

A diagramok azt mutatják, hogy a névleges maximális részecskeméret növekedésével a kísérleti keverékek zajcsökkentő képessége és a zajcsökkentés frekvenciatartománya is változik. Minél nagyobb a névleges maximális részecskeméret - és ezáltal minél nagyobb a próbatessetek hézagtartalma -, annál nagyobb a kísérleti aszfaltkeverékek zajcsökkentő képessége.

A kis maximális névleges részecskeméretű kísérleti aszfaltkeverékek jellemzően jobb zajcsökkentésre képesek, mint a referencia aszfaltkeverék az alacsonyabb frekvenciatartományokban (300-500 Hz), míg a nagyobb névleges részecskeméretű aszfaltkeverékek jobb zajcsökkentésre képesek, mint a referencia aszfaltkeverék a közepes frekvencia tartományokban (500-800 Hz).

Mindkét porózus aszfalt keverék jobb zajcsökkentést mutat, mint az aszfaltbeton keverékek.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a közepes frekvenciatartományban (500-1000 Hz) a GmB kötőanyagú aszfaltkeverékek 3-15%-kal jobb zajcsökkentő teljesítményt mutattak. Az alacsony frekvencia tartományban (100-500 Hz) az eredmények nem mutatnak egyértelmű javulást. Míg a magas frekvenciatartományban (1000-1500 Hz), az GmB kötőanyagú keverékek gyengébb teljesítményt mutattak a zajcsökkentésben, mint a PmB kötőanyagú keverékek.

Az eredményeket felhasználva egy olyan 8 mm névleges maximális szemmagyságú aszfaltbeton kifejlesztésére került sor, amelynek a hézag tartalma nagyobb a hagyományos keverékénél, de nem éri el a porózusaszfaltokét.

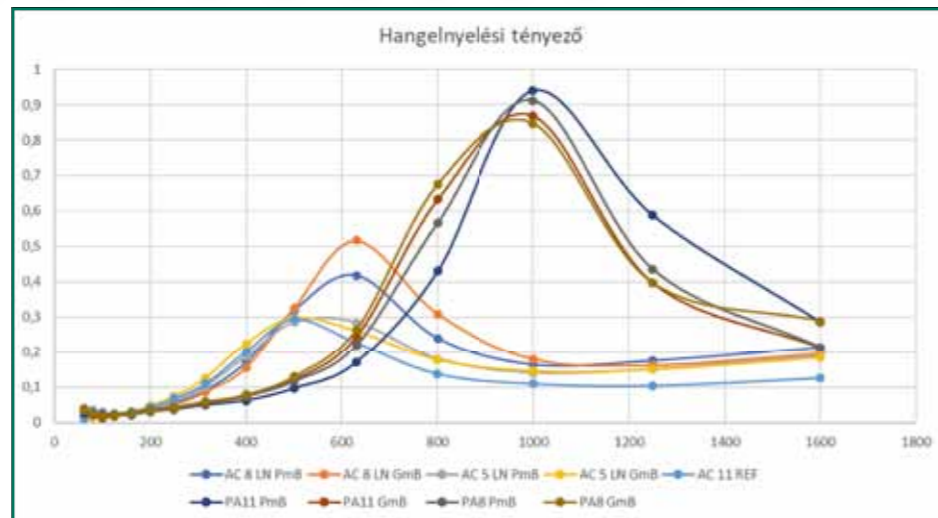
Igy állítottuk elő az AC 8 „AZ” PmB 25/55-65 (AZ=Alacsony Zajszint) keveréket, amelynek a tervezett hézag tartalma 10-12%.

Az így kifejlesztett aszfaltkeverék hangnyelési görbéje, ahogyan az 5. ábrán látható, a hagyományos és a porózusaszfaltok közé helyezkedik el, maximális értéke 0,6.

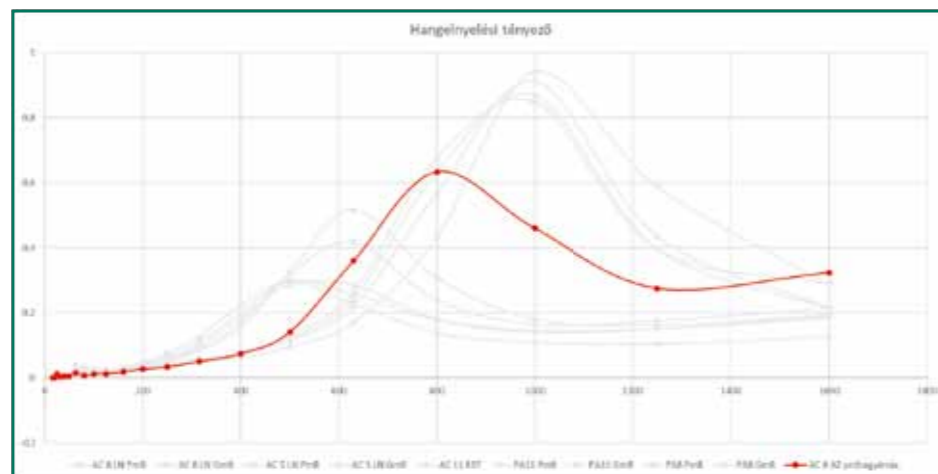
Helyszíni vizsgálatok

A kifejlesztett aszfaltkeverékekkel 2023 őszén kísérleti próbaszakaszt építettünk. A kivitelezési helyszín kiválasztása során fontos szempont volt, hogy nagyforgalmú, külterületi szakaszon kerüljön a beépítés megvalósításra a magasabb sebesség miatt. A kísérleti szakasz két nap alatt, 200 m hosszban és 3 cm vastag kopóréteggel épült meg.

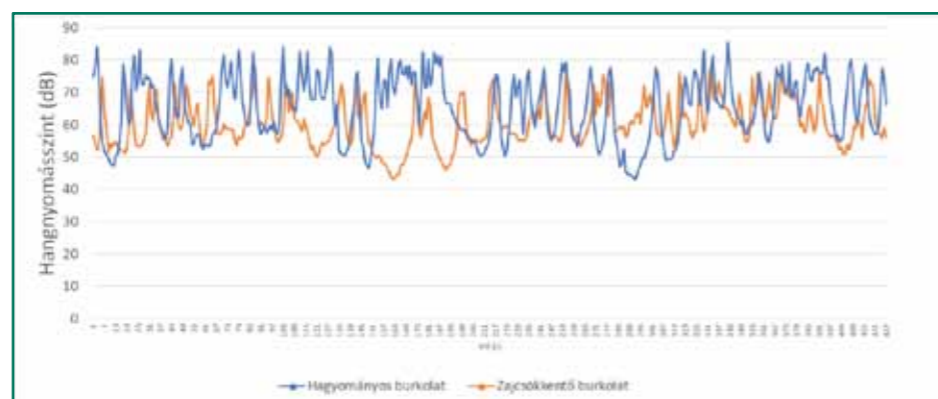
A kivitelezést követően megkezdődtek a helyszíni zajmérések. Ehhez egy Sefram 9836 típusú zajszintmérőt használtunk, és a méréseket e-ÚT 03.07.42 alapján végeztük.



4. ábra: Vizsgált aszfaltkeverékek hangnyelési tényezői



5. ábra: Kifejlesztett keverék hangnyelési tényezője



6. ábra: Hangnyomásmérés eredménye a zajcsökkentő és a referencia próbaszakaszon

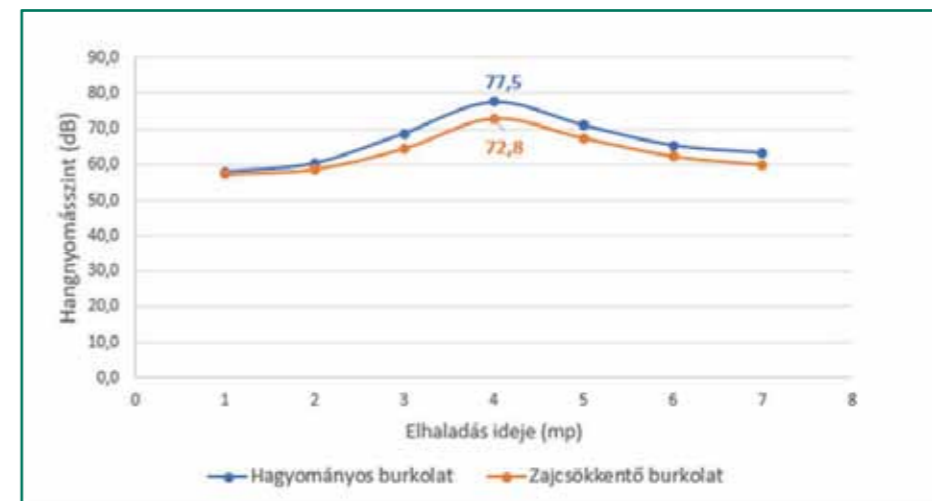
A 6. ábrán egy adott időtartamig vizsgáltuk a forgalom elhaladását a zajcsökkentő, és a hagyományos útburkolaton. Látható, hogy a zajcsökkentő burkolaton 3-7 dB-el alacsonyabb csúcsok láthatóak.

Ahhoz, hogy az elhaladási zajszintet pontosabban meghatározzuk, egy adott személygépjármű többszöri elhaladását vizsgáltuk a hagyományos és a zajcsökkentő szakaszon.

Az elhaladási zajszintek átlagai alapján a zajcsökkentő burkolaton 4,7 dB csökkenést lehet tapasztalni.

Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy jelenleg csak néhány vizsgálati eredmény áll rendelkezésünkre.

A cél, hogy a próbaszakasz zajcsökkentő tulajdonságát hosszú távon vizsgáljuk.



7. ábra: Egységjármű által keltett hangnyomásmintát a zajcsökkentő és a referencia próbaszakaszon

Összefoglalás

Az utak közelében zajló közúti közlekedésből származó zajkibocsátás idővel egyre fontosabb kérdéssé válik, különösen az egészségügyi kockázatok miatt. A nagyvárosi forgalom napi növekedése azt jelenti, hogy a forgalomszervezési intézkedések mellett zajcsökkentő tulajdonságú burkolati megoldásokat kell alkalmazni. A rendelkezésre álló optimális burkolattípus (porózus aszfalt) azonban nem minden éghajlati zónában valósítható meg gazdaságosan. Ezzel összefüggésben a cikkben bemutatott kísérleti zajcsökkentő aszfaltkeverékeket laboratóriumban vizsgáltuk. A kutatás során kétféle bitumennel (PmB és GmB) készítettünk aszfaltmintákat, amelyek zajcsökkentő tulajdonságait impedanciacsővel vizsgáltunk.

Irodalomjegyzék

- [1] World Health Organization. *Environmental noise guidelines for the European Region*. Guidelines. (2019) ISBN: 9789289053563
- [2] European Environmental Agency. *Environmental noise in Europe – 2020*, Report (2020) pp. 1-23.
- [3] S.Khomenko, M. Cirach, J. Barrera-Gómez, E. Pereira-Barboza, T. Iungman, N. Mueller, M. Foraster, C. Tonne, M. Thondoo, C. Jephcote, J. Gulliver, J. Woodcock, M. Nieuwenhuijsen. *Impact of road traffic noise on annoyance and preventable mortality in European cities: A health impact assessment*. Environment International, Volume 162 (April 2022) 107160. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107160>
- [4] Ramon Mendes Knabben, Glicéireo Trichês, Samir N.Y. Gerges, Erasmo F. Vergara. *Evaluation of sound absorption capacity of asphalt mixtures*. Applied Acoustics, Volume 114, (2016) Pages 266-274, ISSN 0003-682X, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.008>.
- [5] Tadas Andriejauskas, Alex Wright, Rob Lee, Craig Thomas, Stuart McRobbie, Neng Mbah. *Understanding user experience of in-vehicle noise based on road surface texture data*. Roads and Airports Pavement Surface Characteristics (2023) 10.1201/9781003429258-62

BIM, azon belül az InfraBIM jelentésének bemutatása

Őri Barnabás



BIM Mérnök
Colas Hungaria Zrt.

Bevezetés

A Building Information Modeling (BIM) az építőiparban egyre elterjedtebb digitális tervezési és építési módszertan. Különösen fontos szerepet játszik az infrastrukturális projektekben az InfraBIM, melynek használatával az infrastrukturális projektek tervezése, kivitelezése és karbantartása hatékonyabbá és költségkímélőbbé válik, mivel lehetővé teszi az adatok pontosabb kezelését és a projekt életciklusának minden

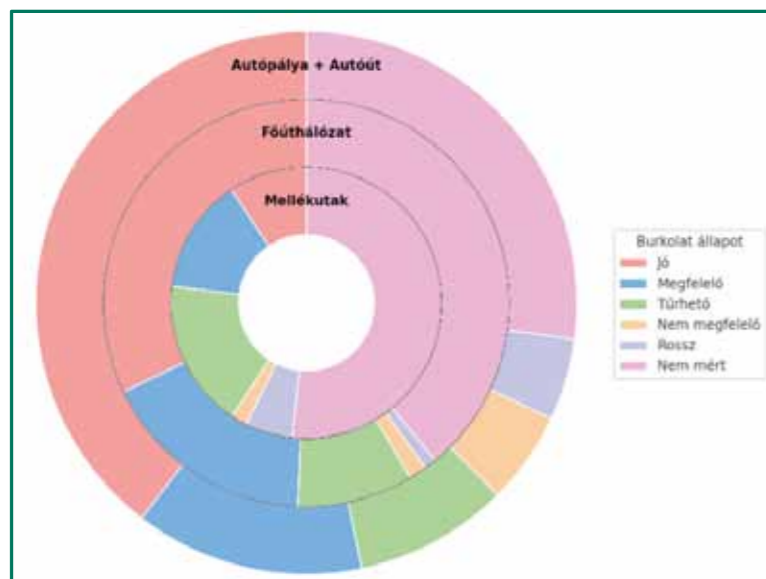
szakaszában történő hatékony kommunikációt, valamint a módszertan segítségével valós idejű adatok alapján lehet döntéseket hozni, ami javítja a projektmenedzsmentet, növeli a munkavégzés pontosságát és csökkenti a hibalehetőségeket. Ezáltal az InfraBIM létfontosságú szerepet játszik a modern útépitési projektek hatékony és fenntartható megvalósításában.

A Colas Hungaria Zrt. BIM csoportjában ezzel a megközelítéssel próbáltunk a burkolatfelújítási munkafolyamatokon változtatni, hogy a hagyományos marási munkák digitalizálásával és automatizálásával jobb minőségű burkolatot kapjunk a felújítások végzetével.

Útfelújítási munkák aránya jelentősége

Magyarországon az útfelújítási munkálatok kiemelt jelentőséggel bírnak, hiszen a burkolatok állapota közvetlenül befolyásolja az utak biztonságát és a közlekedés zavartalanosságát.

A diagramon látható adatok rávilágítanak arra, hogy mennyire fontos a folyamatos karbantartás és az útfelújítási projektek prioritásának megállapítása, különös tekintettel a forgalom intenzitásával és a burkolatok állapotromlásával kapcsolatos indikátorokra



1. ábra A burkolat állapotának megoszlása útkategóriák szerint

Útfelújítás hagyományos módszertan szerint

Alapvetően elmondható, hogy mind a hagyományos, mind az automatizált felújítás során a marás utáni felület adja meg a végleges burkolat felületi tulajdonságait, a finisher már csak egységes kopóréteget terít. A marás során a marógép irányítása közben a gépen megjelenő adat a marási sík oldalesése, valamint a marófej jobb és bal oldalán a lemart felület vastagsága. A marás vezérlése a fenti adatok rögzítésével történik, legyen az akár az egyik oldali magasság és oldalesés, vagy magasság mindkét oldalon.



2. ábra Marógép vezérlő panelje, melyen a marási vastagságokat vagy az oldalesést lehet beállítani

A hagyományos útfelújítási módszerek gyakran pontatlanságokkal küszködnek, mint a burkolategyenletlenségek és oldalesés változások. A tervezés pontatlansága és a helyszíni döntések befolyásolják a végleges burkolat minőségét.

A meglévő burkolat állapotáról történő felmérés, ha van is, akkor is pontatlan (geodéta általában csak 25 méteres közökben mér, így a burkolategyenletlenségek, oldalesés változások kevésbé beazonosíthatóak), melyből kiindulva a tervezett felület is pontatlan lesz. Így a terv nem megfelelően követi le a meglévő állapotot, ezért a marás közben a helyszíni szakemberek a gép előtt mért, meglévő oldaleséseket követik le. A marás állandó vastagságú, így a végleges burkolat hosszúság viszonyai a meglévő állapotot követik le.

Összefoglalva a marás pontosan nem – vagy csak nehezen – tervezhető, a lemart felület minősége csakis a helyszíni döntésektől függ, ahol azonban kevésbé lehet megállapítani a nagyobb területre kiterjedő hibákat, így a meglévő burkolat állapotán a beavatkozás csak kis mértékben javít.



3. ábra Lézerszkennerral mért burkolat pontfelhője

Modell alapú automatizált marás bemutatása

A modell alapú automatizált marás a digitális technológiákat használja a marási sík, az oldalesések és a lemart felület vastagságának pontos meghatározására. Ez a módszer lehetővé teszi a burkolat felületi tulajdonságainak javítását és az útfelújítási folyamat hatékonyságának növelését.

Meglévő állapot felmérése – bemenő adatok

Ahhoz, hogy a hagyományos marási folyamatokhoz képest változást tudjunk elérni, az egyik legfontosabb tényező a meglévő burkolat állapotának minél pontosabb felmérése, megismerve így a jelenlegi oldal- és hosszúság viszonyokat.

A mi csapatunk erre a lézerszkennelést találta megfelelőnek, ami kellő sűrűségű pontfelhőt készít a felmérés során, melynek segítségével el tudunk indulni a pontos tervezéssel. (3. ábra)

Felmérés digitalizálása

A felmérésről kapott pontfelhőben rengeteg felesleges információ található, melyek csak növelik az adatmennyiséget, de nem tartalmaznak releváns információt a munkavégzéshez. Ezért szükséges a lényegtelen információk kitörlése, melyet követően háromszögelt felületet hozunk létre. A megfelelő használhatóság érdekében a pontfelhőben található pontokat ekkor ritkítjuk, megkönnyítve így a modell kezelhetőségét. Fontos azonban a ritkítás mértékének pontos megállapítása, hogy ne vesszenek el lényeges információk.

Út vonalvezetésének lekötése

A felújítandó útszakasznak megkezdjük a „tervezését”, mely során először is helyszínráizilag szükséges lekötetni a meglévő állapotot, az út tengelyét (főként tetőszelvénynél lényeges) és a burkolatszéleket, így kialakítva a modell alapját.

Esetenként a felújítandó szakaszról elérhetőek korábbi szerkeszthető (dwg formátumú) tervek, melyek elősegítik a pontos burkolatszél és az úttengely vonalának megállapítását. Előfordul azonban olyan eset is, amikor nem hozzáférhető ilyen segítség, ekkor a felmért felület torzítását, és a rendelkezésre álló egyéb technológiákat használjuk a meglévő burkolat lekötésére.

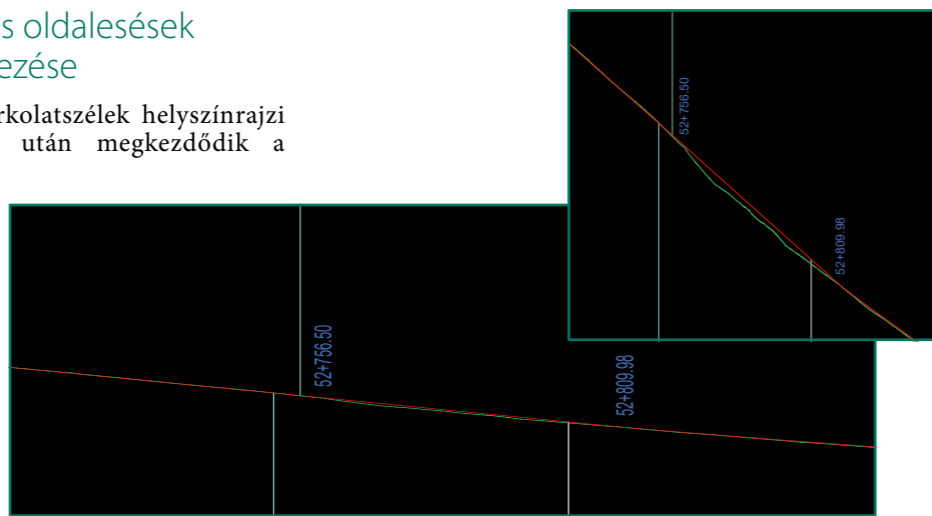
Ilyen technológia például a pontfelhőkben történő automatizált objektum felismerés, mely a jól elkülöníthető elemek felismerésében és digitalizálásában nyújt segítséget.



4. ábra Pontfelhő elemzésére elérhetőek automatizált megoldások

Hossz-szelvény és oldalesések megtervezése

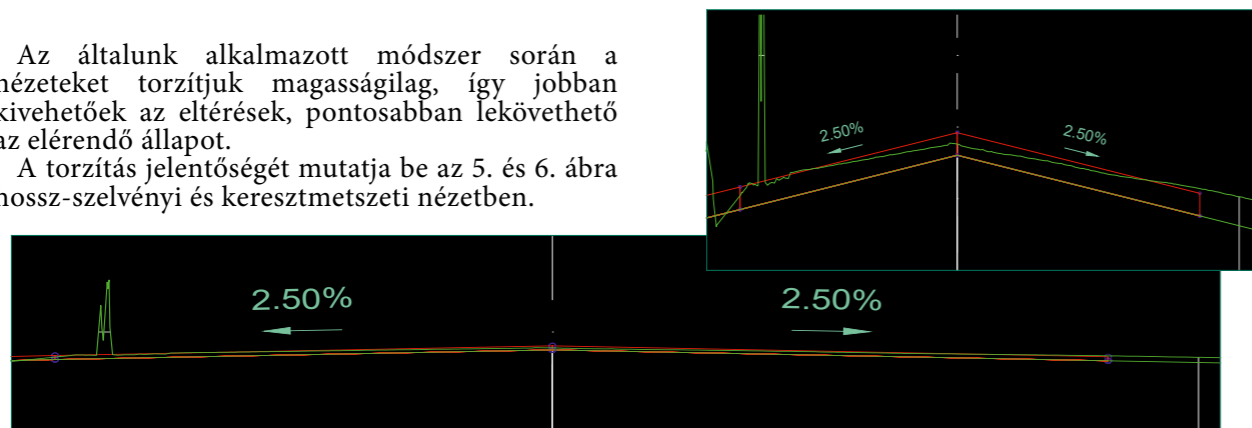
Az út tengelyének és a burkolatszélék helyszínrajzi vonalvezetésének lekötése után megkezdődik a magassági és keresztmetszeti tervezése. Ebben a fázisban már kevésbé lehet a rendelkezésre álló tervekre hagyatkozni, már ha ugye vannak, azonban itt válik fontossá a rendelkezésre álló felmérés, mely segít megállapítani az optimális – tervezett – hossz-szelvényi vonalvezetést, a megfelelő oldaleséseket, az esetleges oldalesés-váltás helyeket.



5. ábra Hossz-szelvényi részletek azonos szakaszból - alul növelve a magassági torzítás mértéke

Az általunk alkalmazott módszer során a nézeteket torzítjuk magasságilag, így jobban kivehetőek az eltérések, pontosabban lekövethető az elérendő állapot.

A torzítás jelentőségét mutatja be az 5. és 6. ábra hossz-szelvényi és keresztmetszeti nézetben.

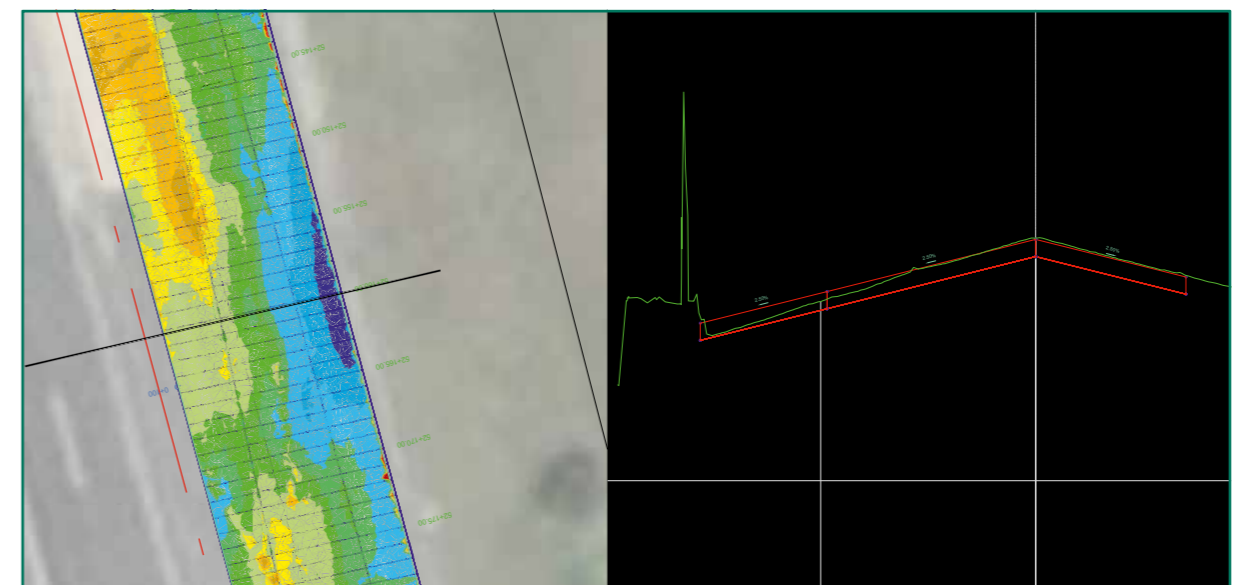


6. ábra Keresztmetszeti nézet azonos szelvényben – jobb oldalon növelve a magassági torzítás

Vizuális ellenőrzést követő módosítások átvezetése

Annak érdekében, hogy a marás tervezett végeredményét ne csak kereszt- és hosszszelvényeken lássuk, létrehozunk szivárvány megjelenítésű felületet. Ez segít a térbeli ábrázolásban és növeli az átláthatóságot, értelmezhetőséget.

A marási sík és a meglévő burkolat felülete között úgynevezett térfogat felületet hozunk létre, melynek vastagságához különböző színek kódokat rendelünk. Minden szereplő már előre láthatja a marás és az útfelújítás tervezett végeredményét, így a Megrendelővel és más érintettek bevonásával már a marás megkezdése előtt egyeztetések szervezhetőek és a tervek módosíthatóak, hogy minden résztvevő számára már a helyszíni munka megkezdése előtt ismert a tervezett végeredmény.



7. ábra A szivárvány felület segíti az átláthatóságot - ebben az esetben a sárga és barnás színek jelölik a túlmarást, a zöld színek a megfelelő vastagságú marást, míg a kék szín a túl vékony marás helyét

Kimeneti adatok átadása a gépvezérlés részére

A minden résztvevő által elfogadott tervezett marási sík a munkakezdés előtt exportálásra kerül, mivel a gépvezérlés és a helyszíni munkavégzés során más fájlformátumok használatosak, mint a tervezés során. A maró számára bemenő információ a meglévő burkolat felülete, valamint a tervezett marási sík. Miután a helyszínen GPS segítségével megállapítja a pontos koordinátáit, minden pontban vizsgálja a két felület függőleges irányú távolságát és így állítja a marás vastagságát. Innen is a rendszer neve, differenciál marás, hisz a két felület magassági különbségét használjuk a marási folyamat során.

Nehézségek

Az eddigi tapasztalataink alapján merültek fel olyan problémák és kérdések, melyek megoldására szükség volt, hogy a rendszer működését tökéletesítsük. Ilyenek voltak a megsüllyedt elő- és háttöltések, ahol minden esetben egyedi megoldások születtek.

A marógép működésében szintén léphetnek fel hibák, eltérések, melyek függetlenek a bemenő adatoktól. Valamint általánosságban megállapítható, hogy az időjárás is tud meglepetéseket okozni, mint a kivitelezésben ez köztudott. Ha a maró nem talál megfelelő GPS jelet, akkor nem tudja pozicionálni magát, ilyen esetben más módszert kell használni, vagy ha van rá lehetőség a munkavégzést későbbi dátumra kell halasztani.

Helyszíni munkavégzés, akár helyszíni modell változtatás

A marási munka indulásánál a BIM csoport tagja is a helyszínen van, és segíti a kivitelezésen dolgozó munkatársakat. Bármikor merülhetnek fel kérdések, az átgondolt tervezési folyamat sem tud minden esetben jó megoldást nyújtani.

Azonban az általunk kialakított munkafolyamat során akár a helyszínen is van mód a modell változtatására és exportálására, így akadálytalanul tud folyni a munkavégzés akár változtatások átvezetésével is.



8. ábra Bal oldalon a marógép panelja mely a modell alapján a tervezett marási vastagságot mutatja a maródob jobb, és bal oldalán, jobb oldalon a marógép látható munkavégzés közben

Eredmények, projektszereplői vélemények, összefoglalás

A differenciál marás használatával a marási munka gyorsabban halad, munkavégzés közben pedig kevesebb kérdés merül fel, hiszen minden résztvevő előzetesen ismeri a marási tervet. Az útfelújítást követően az új burkolaton mért IRI értékek kiemelkedőek, 1,2 volt a megengedett maximum, mindenhol ezen határ alatt voltunk, de jellemzően 0,5 környéki értékek születtek.

A Megrendelő a projekt végeztével kifejezetten elégedett volt a kapott eredménnyel, így a következő szakaszokon már nem opcióként, hanem elvárásaként támasztotta a folyamat alkalmazását.

Azonban bárkiben felmerülhet a kérdés: mi ebben a BIM? Véleményünk szerint ezt a pontot szükséges minél többekben tisztázni. A BIM, mint módszertan azt a szemléletet képviseli, hogy maximalizáljuk a munkafolyamataink során a digitalizációt, így érve el a hatékonyság és az átláthatóság növelését. Mi ezt az elvet követve alakítottuk ki a saját rendszerünket, melyben minden szereplő ismeri a folyamatok sorrendjét, tudatában van a projekt pontos lefolyásának, így bármilyen kérdés merül fel, a megoldás módja gyorsan és eredményesen megtalálható.

A Colas Hungária Zrt. BIM csoportjában törekszünk arra, hogy minél több munkafolyamatra kiterjesszük ezeket az elveket, rögzítve a folyamatok pontos sorrendjét és szerepköreit, így növelve a cégcsoport hatékonyságát és eredményeit.

Felhasznált irodalom

- 1. ábra adatai: Hesz Gábor (Fejlesztési és felújítási igazgató – Magyar Közút Nonprofit Zrt.) Felújítások az országos közúthálózaton c. előadása – 2021. november - PowerPoint bemutató (csmkik.hu)
- 4. ábra: Képkivágat az Autodesk Infrastructure Solutions nevű fiók What's New in Recap Pro 2024 c. youtube videójából (What's New in Recap Pro 2024 (youtube.com))
- További ábrák a Colas Hungária Zrt. BIM csoportja által készített fotók, képek és rendelkezésre álló adatok alapján készültek.

Különböző csúszásellenállású burkolatok építése a zalaegerszegi Tesztpályán

Pék Anna

Technológiai mérnök
Duna Aszfalt Zrt.



Rosta Szabolcs

Innovációs főmérnök
Duna Aszfalt Zrt.



Bevezetés

A járműipari Tesztpálya Zalaegerszeg külterületén található. 250 hektáron helyezkedik el, ahol 7 nagyobb és 4 kisebb tesztcelű platform áll a tesztelők rendelkezésére. Ezen a pályaelemeken főleg menetdinamikai teszteléseket végeznek különböző burkolatokon. Ezen felületek építését a földmunka és pályaszerkezet tekintetében is a Duna Aszfalt Zrt. végezte.

Az építés sok kihívást tartogatott, számtalan olyan kritériumnak kellett megfelelni, amely egy közút esetében nem jelenik meg. Ezek közül az egyik a felületek különböző csúszásellenállás értéknek való megfelelése volt.

követően a gumiból készült súrlódó fej és a mérendő felület közti súrlódás függvényében adott, mérhető szögben/ magasságban tér ki. A mérendő felület (aszfalt) csúszási ellenállása arányos az inga helyzeti energia veszteségével.

Csúszásellenállás mérése

Az útburkolat felületének csúszásállósága az az erő, amely akkor keletkezik, amikor a gumiabroncs megakadályozza, hogy az útburkolat felületén elcsússzon. Az aszfaltfelület természetes módon is kopik az idő előrehaladtával, azonban a Tesztpálya esetében ezt a folyamatot fel kellett gyorsítani, már a pályaelem átadásáig megfelelő csúszásellenállású felületet kellett elérni. Mivel Magyarországon az előírások szerint a csúszásellenállás mérése csak adatgyűjtési jellemző, ezért itt a megfelelő értékek elérése érdekében próbafelületeket alakítottunk ki, hogy komplex képet kapjunk az értékekről. A csúszásellenállásokat több közúti szakaszon is, illetve a Tesztpálya megépült moduljain is mértünk.

A méréseket Skid-resistance tester (SRT) ingával végeztük el. A mérés során Az eredetileg vízszintes helyzetből induló inga az aszfaltfelülettel való érintkezést



1. ábra: Ingával történő mérés

Féklap

Az első próbamérések a Féklap modulon történtek. A féklap az ABS, ATC és ESP rendszerek tesztelésére kialakított, speciális burkolati elemekkel és beépített vívezetőrendszerrel ellátott pályaszakasz, amely modul a zalaegerszegi tesztpályán nyolc különböző, sávonként nedvesíthető burkolatával biztosítja széles spektrumon a fékezési lehetőséget.

A pálya felépítése a következő: gyorsító, visszatérő út, fékezésiplatform bukótér, északi kihajtó, déli kihajtó és speciális felületek. A kb. 50 000m² területű elemen kb. 25000 tonna aszfaltot építettünk be.

Ez a modul 2019-ben készült el, ahol 200 m hosszú sávokban 8 különböző burkolat került beépítésre. Minden felület más és más felületi tapadási értékkel (μ) rendelkezik. A felületek között található előre gyártott burkolólappal, ilyen például a kerámia és bazaltlap felület. Ezen felületek előírt μ értéke nagyon alacsony, a kerámia 0,1; míg a bazalt 0,3 felületi tapadási értékkel bír.

Azonban a felületek között volt az alacsony tapadási aszfalt felület, melynek μ értéke 0,7 értékkel került meghatározásra. Ezt az aszfaltkeveréket a megfelelő csúszásellenállás függvényében kellett meghatározni. A műszaki leírásban meghatározott felületi tapadási értékek önmagukban Magyarországon nem mérhetőek, ezt kellett a csúszásellenállás értékkel összevetni a megfelelő korreláció meghatározásának érdekében. Mindegyik felületen mértünk ingával csúszásellenállást, amelyet összevetettünk a megadott felületi tapadási értékkel.

Az alacsony tapadási értékű aszfalt tervezése laboratóriumi kísérletezések alapján majd két különböző receptúrájú keverék próbabeépítésének értékelésével határoztuk meg. Közismert tény, hogy az aszfalttrétegek

csúszásellenállását annak makro és mikrotesztúrája is befolyásolja. A makrotesztúrára a legnagyobb hatással az aszfaltkeverékek fázisos összetétele hat, amiben fontos paraméter a kőanyagok szemeloszlása hogy az mennyire folytonos, vagy szemkihagyásos, és bitumentartalma az előzőek kombinációjából adódó keverék hézagtartalom, illetve a keverékben alkalmazott durvakőanyag nagyságok legfőképp a névleges legnagyobb szemcse mérete: D_{max}. A mikrotesztúrákat legfőképp a durva kőanyagok geometriai és fizikai tulajdonságai befolyásolják. (Főképp a zúzott szemek aránya, lemezességi szám, illetve a polírozódási ellenállás).

Tapasztalattal rendelkezünk továbbá arról is, hogy az üledékes kőanyagok polírozódási ellenállása alacsonyabb, mint a vulkanikus köveké. A durva kőanyagok PSV44 és PSV 50 kategóriák elő vannak írva kopórétegek esetén B, illetve C és az fölötti forgalmi terhelésű osztályú utak esetén hazánkban. Az alacsony tapadási aszfaltkeverék esetében azonban első körben elvetettük az üledékes durvaszemcsés kőanyagok használatát, ugyanis tapasztalatok alapján az ilyen keverékek az idő múlásával válnak egyre csúszósabbá, kezdetben a zúzott szemek még aktívan fenntartják a kerék-szemcse súrlódását, majd idővel a forgalmi terhelés hatására polírozódnak és az aszfalttréteg elkezd „besimulni”. Tehát egy intenzíven használt fékző pályán hosszú távon nem lehet az ilyen keverékekkel biztosítani a beépítéskori csúszásellenállást, feltételezhetően az időben változik.

Ennek okán olyan aszfaltkeveréket terveztünk, amelynek a durva kőanyagát osztályozott kavics alkotta. A laboratóriumi keveréktervezés során különböző származási osztályozott kavicsokkal és osztályozott homokkal, illetve NZ 0/4 Gánt zúzott kőanyaggal kísérleteztünk. Végül két tervezett összetételű aszfaltkeverék eredményei alapján ezek próbakeverésén és próbabeépítésén folytattuk az optimális keverék meghatározását.



Az aszfaltkeverék tervezését követően a REG 117/AC 16 kopó PmB 25/55-65 típusú kavicsaszfalt került a felületen beépítésre. Ennek a keveréknek a váza csak kavicsból áll, hogy a kavicszemekkel biztosítani tudjuk a megfelelő ingaértéket. Az aszfalt beépítése után a felület csúszásellenállását megmértük.

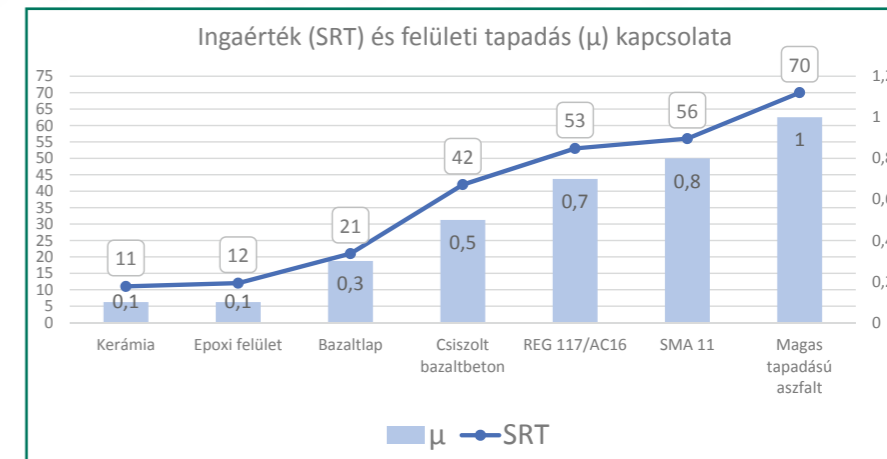
Mivel a féklapnak, nevéből is adódóan olyan csúszásellenállási értékekkel kellett rendelkeznie már az átadáskor is, amely jellemző lesz az élettartam alatt is.

Ennek következtében és a szaktervező javaslatára a bitumen filmet mechanikus módon egy speciális eszközzel (traktorra szerelt teherautógumikkal) távolítottuk el.

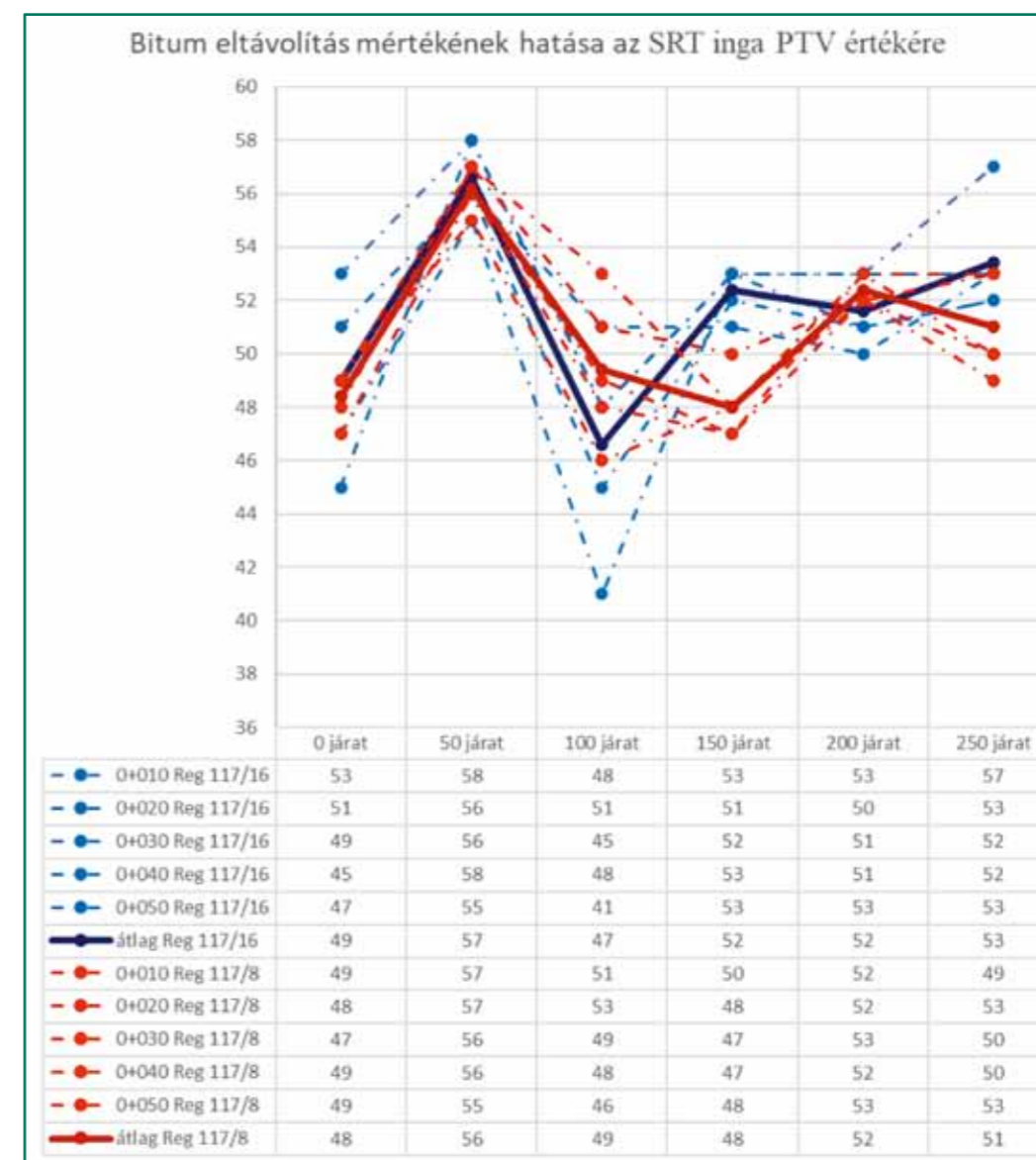
Ahhoz, hogy a felületen a megfelelő ingaértéket (PTV=55±3) elérjük 50 járatonként vizsgáltuk a

felület csúszási ellenállását.

A vizsgálatok során 250 járatszám után érte el a felület a kívánt csúszásellenállás értékét.



2. ábra: SRT ingával történő csúszásellenállás és a felületi tapadás kapcsolata



3. ábra: REG 117/AC16 aszfaltfelületen a bitumenfilm eltávolítás mértékének hatása az SRT inga értékre

Kis-sebességű kezelhetőségi pálya

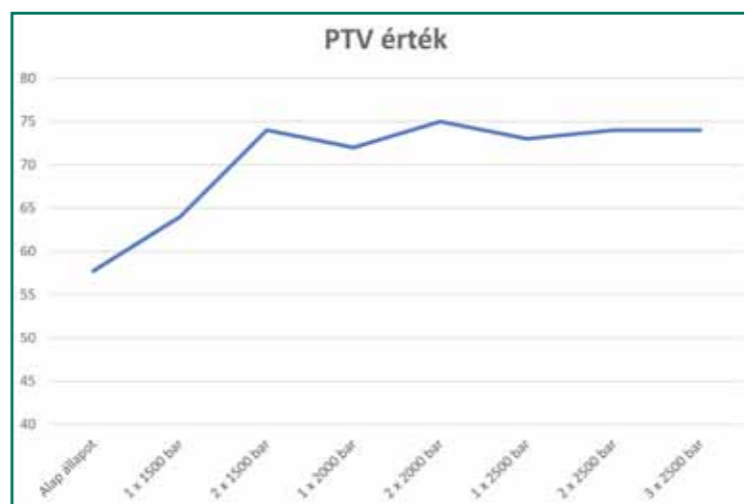
A Tesztpálya másik nagy eleme, a Kis- sebességű kezelhetőségi pálya, amely 2022-ben készült el, a fékfelülethez hasonlóan speciális csúszásellenállású aszfaltburkolatot kívánt. A felületen ugyancsak (PTV=55±3) ingaértéket kellett elérni. Ezen a felületen a fékfelület építésénél szerzett tapasztalatok alapján REG 117 PmB 25/55-65 (~AC11 kopó) kavicsaszfalt került beépítésre. A fékfelülethez eltérően itt egy 1,6 km hosszú pálya épült, amelyen mindenhol az előírt csúszás ellenállás értéket kellett elérni.



4. ábra: A kis-sebességű kezelhetőségi pálya látképe

A kezelhetőségi pálya felületének kialakítása során a makro és mikrotextúrát külön-külön változtattuk meg. A választott keverékből egy próbaszakaszt építettünk, melyen a felület makrotextúráját vizsgáltuk. A megépített szakaszt egy ultramagas, 2500 bar nyomású mosóval mostuk meg. A mosás során kimostuk a felületről a habarcsot, így a felület makrotextúrája megváltozott. A próbaszakaszon különböző felületeket alakítottunk ki annak érdekében, hogy megvizsgáljuk, hogy eltérő nyomás és járatszám esetén hogyan változik a felület makroérdessége. A mosások után megmértük a felület csúszásellenállását SRT ingával. A mérések során megállapítottuk, hogy az alap állapothoz képest (mosás előtt) a felület ellenállása nőtt. Jól mutatja a diagram, hogy 1500 bar felett nincs érdemben nagy különbség a felület csúszásellenállás értékében.

A próbabeépítés (illetve koptatás) alapján mi az 1X 1500 barral való mosást választottuk.



A mosást követően a felület mikrotextúráját is meg kellett változtatni a kívánt (PTV=55±3) ingaérték elérése érdekében. Ehhez az Ostermannrollert használtuk.

A rollerben a gumiabroncsok 4 tengelyre vannak felfűzve, amelyek helyzete egymáshoz képest változtatható. A gumiabroncsok fixen vannak rögzítve, tengelyenként 7-7 db. A gumiabroncsok egyenként 1,2 bar nyomásra vannak felfújva. A két tengely közé betontömböket kell elhelyezni a megfelelő koptatás érdekében. A roller egy teherautó mögé van rögzítve mintegy utánfutóként, amelyet a teherkocsi húz 30-40 km/h-s sebességgel.

A fékfelülethez hasonlóan itt is mértük a felület csúszásellenállását a koptatást követően 50 járatonként. A méréseket 14 különböző ponton végeztük el, annak érdekében, hogy minél komplexebb képet kapjunk a felület minden pontjáról.

Az eredmények 30 járatszám után nagy szórást mutattak. 200 járatot követően az ingaérték már csökkenést mutatott, azonban továbbra sem volt homogén az értékek eloszlása. 300 járatot követően az értékek már közelítik az előírt PTV=55±3 értéket.



Mosás és „rollerezés” előtt a felület



Mosást és „rollerezést” követően a kavicsaszfalt

Összegzés

A Tesztpálya építése során többek között a különböző csúszásellenállású felületek építése jelentette az egyik legnagyobb kihívást. A Fékfelület modulon és a kis sebességű kezelhetőségi pályán alkalmazott kavicsaszfalt jó döntésnek bizonyult, hiszen a kavicszemek felülete tökéletesen elősegíti a járművek csúszását.

A nagynyomású mosó és a roller együttes alkalmazásával a felületről a bitumenfilm eltávolításra kerül, így a kavicszemek érvényesülni tudnak. A kis sebességű kezelhetőségi pálya esetében a felület csúszásellenállása még nem érte el a kívánt ingaértéket.

Tapasztalataink alapján körülbelül 30-50 járatszám szükséges még a felületen, azonban a mosó és a roller együttes használata mindenképpen eredményesnek bizonyult a beépítések során.

Pályaszerkezet minősítés földi és légi eszközökkel

Horváth Gábor



3D felmérő
Duna Aszfalt Zrt.

Előzmények

A Duna Csoport tulajdonosa és vezetése elkötelezett a technológiai újítások tesztelésében, illetve amennyiben azok költséghatékonyan beilleszthetők a kivitelezési folyamatokba, akkor bevezetésükben. Ennek szellemében mindig is élen jártunk a mélyépítési szakterület információ technológiai fejlesztési lehetőségeinek kutatásában, fejlesztésében, hogy az egyre modernebb géppark üzemeltetése minél gördülékenyebb és hatékonyabb lehessen.

Több mint 5 évvel ezelőtt született meg a döntés, hogy a magasépítési szakterülethez hasonlóan a mélyépítési kivitelezések során, az automatizált gépvezérlések minél hatékonyabb kihasználására, BIM rendszerszervezési elvek mentén történjen a kivitelezési adatok összegyűjtése, előkészítése, felhasználása, a kivitelezés irányítása, ellenőrzése és dokumentálása.

A munka a rendszerkörnyezet megtervezésével és az alapok kitalálásával, felépítésével kezdődött. Fokozatosan felölelte a tervezői adatszolgáltatások összegyűjtését, rendszerezését és BIM elvek szerinti feldolgozását, majd ezen adatok szolgáltatását egységes formában, szerkezetben és adattartalommal a gépvezérlési rendszerek számára. 3 évvel ezelőtt érkezett el az a pont, mikor ez a kis csapat BIM Divízióvá fejlődve, földmérő mérnökökkel kiegészülve elkezdte a kivitelezési feladatok helyszíni ellenőrzését, folyamatos monitorozását.

Természetesen az élet és a fejlődés nem állt meg, napjainkra a BIM Divízió magában foglalja a Modellezési és 3D Felmérési csoportokon belül a Kivitelezési geodéziai csoportot is. Ezzel mintegy 20 ember munkáját fogva össze, akik tervi és geodéziai vonalon végig felügyelik és segítik a kivitelezési munka minél pontosabb és hatékonyabb elvégzését.



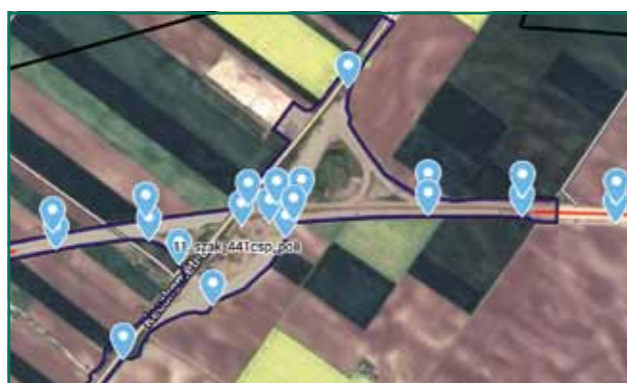
Lóránt Ádám Tibor

3D felmérő
Duna Aszfalt Zrt.

Ennek az igen komoly és szerteágazó feladathalmaznak egy kis szelete az elkészített aszfalt illetve CKT felületek ellenőrző felmérése, minősítése.

A felmérési és minősítési feladatok pontos szakmai és műszaki előírásai mindig megtalálhatóak az adott projekt Geodéziai Technológiai Utasításában: mit, mikor, hogyan, milyen eszközzel, milyen szakmai-, műszaki-, és pontossági paraméterek szerint kell megmérni, és a tervnek való megfelelést milyen pontossági paraméterek mentén kell vizsgálni és minősíteni. Ez a feladat nagyfokú szakmai hozzáértést és odafigyelést igényel, nem utolsó sorban igen hosszadalmas is lehet. Emiatt felmerült az igény, hogy a klasszikus geodéziai eszközök mellett milyen nagytömegű adatgyűjtő-eszköz, módszer lenne használható ennek a mérési, feldolgozási és számolási feladatnak a felgyorsítására, egyszerűbbé tételére.

A cégcsoport elmúlt 3 évben végrehajtott beszerzései lehetővé tették, hogy a feladat elvégzésére többfajta módszert, különböző technikai és szervezési lehetőséget is megvizsgáljunk az M44-M8 kivitelezés egy megadott szelvényében, klasszikus geodéziai kontroll mellett.



Eszközök

A földi szkennelésnél, a klasszikusnak nem mondható kinézetű, **Trimble SX12** multimérőállomásra esett a választásunk, mivel egyesíti magában a mérőállomások és a szkennerek egyes tulajdonságait, így igazi öszvér, a szó jó értelmében.

Az SX12 egy robot mérőállomás és egy statikus szkennerek szerelvénye. Az okulár nélküli távcsőbe belenézni nem lehet, a mérés, irányítás, kezelés a hozzá tartozó tableten keresztül lehetséges. A szkennelést a távcső „bólogatásával” végzi, így a felmérés jóval lassabb, mint egy statikus szkennerek esetén, amit a hibrid felhasználási lehetőség ellensúlyoz.

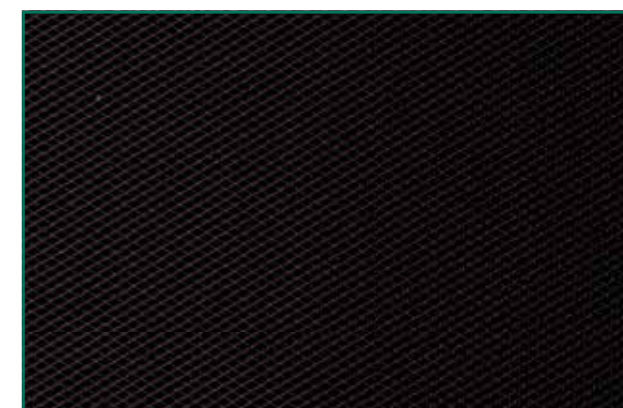
A multimérőállomás szerves részét képező GNSS vevő segítségével biztosítható, hogy alappont szegény vagy hiányos helyen is el lehessen végezni a feladatot. A mérési pontossága megegyezik a Trimble S5 3"-es mérőállomásával, miközben annál sokkal fejlettebb szkennelési funkciókat kapott.



Statikus szkennerek mellett a tesztbe bevonásra került egy **Trimble MX-50** mobil szkennerek is. Eredetileg egy Leica Pegasus TRK700 Neo vett volna részt a tesztben, azonban azt egyéb projekteken folyamatosan használtuk, így a teszten a „kisebb” szkennerek került felhasználásra, ami a végeredményt tekintve még külön szerencsés is. Hiszen ha egy átlagos felszereltségű, mindennapi használatra szánt mobil szkennerekkel a feladat végrehajtható, akkor a jelenleg kapható egyik high-end műszerrel is megoldható a feladat, míg visszafelé ez nem biztos, hogy így lenne.

Az MX-50 egy tökéletes mobil szkennerek, mely saját erőforrással nem rendelkezik, így a kocsijánál kapja a működéséhez szükséges energiát. Passzív GPS antennával és DMI-jal van felszerelve a minél pontosabb működés biztosítására.

A szkennerek pontfelhő sávjai még 90 km/h sebesség mellett is csak 12 cm-re vannak egymástól, így a két szkennerek fej által biztosított „nápolyi mintás” pontfelhő tökéletes alapja lehet egy minősítés elkészítésének.



A nagytömegű adat felvételezésből nem maradhatnak ki természetesen a drónok sem. Korunk geodéziai svájci bicskái közül a feladathoz egy **DJI Matrice 300 RTK**-t használtunk **Zenmuse L1 LiDAR**-ral.

Az ipari drónok, amilyen a Matrice 300 RTK is, nagy előnye, hogy kiemelkedő szélállósággal, nagyfokú elektronikus/mágneses zavartűrővel és kiemelkedő jeltovábbítási stabilitással rendelkeznek. Az RTK pozícionálási opció megnöveli az előállított nyers pontfelhő relatív és abszolút pontosságát is, mely illesztőpontok nélkül is 10 cm vízszintesen és 5 cm magasságilag.

Ez nem tűnhet elegendőnek egy minősítési feladathoz, de ha figyelembe vesszük azt, hogy megfelelő mérési és feldolgozási technika kiválasztása esetén a rajta lévő 20 Mpx-es kamera képei által valós színben kiszínezett pontfelhő abszolút pontossága megegyezik, vagy alig rosszabb a használt illesztőpontok abszolút pontosságával.

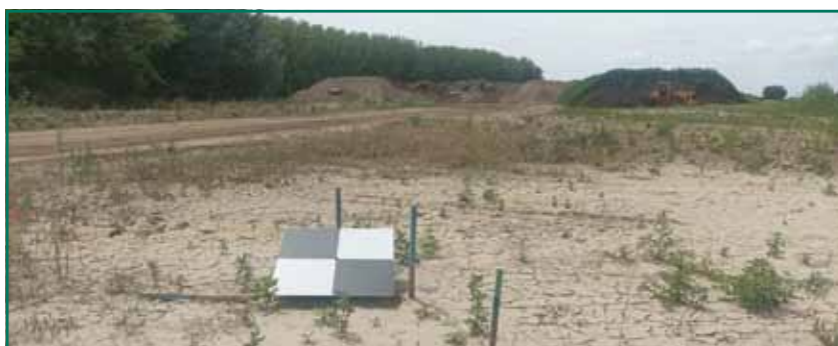


Felmérés

A felmérés pontosságának biztosítására, a kiértékelést, a pálya mellett 250 méterenként telepített kivitelezési **hibrid alappontokra**, és a CKT felületén elhelyezett, hilti szeggel és festéssel megjelölt minősítési alappontokra támaszkodva végeztük el, egységesen, minden felmérési módozat esetében.



A felmérések kontrollját, a Trimble SX12 mérőállomás módban felmért keresztshelvényei adták. Az álláspontok meghatározása a fentebb leírt alappont hálózatok pontjainak segítségével történt.



A felmérés menete az egyes eszközök esetében a következő volt:

- **SX12 statikus szkennerek:**

50 méterenkénti szabad álláspont tengelyben. Meghatározása a kivitelezési alappontokról és a hitvel állandósított GCP-kről kiegyenlítéssel.

- **MX-50 mobil térképező rendszer:**

kezdő inicializálás: dinamikus-statikus-dinamikus, felméréndő terület meggurulása, záró inicializálás dinamikus-statikus. Az utófeldolgozáshoz szükséges RINEX (GPS) adatok gyűjtését végző GNSS vevő egy kivitelezési alappontra került elhelyezésre. Ennek kontrollját a nagykőrösi konténerünkön elhelyezett CORS bázis adta.

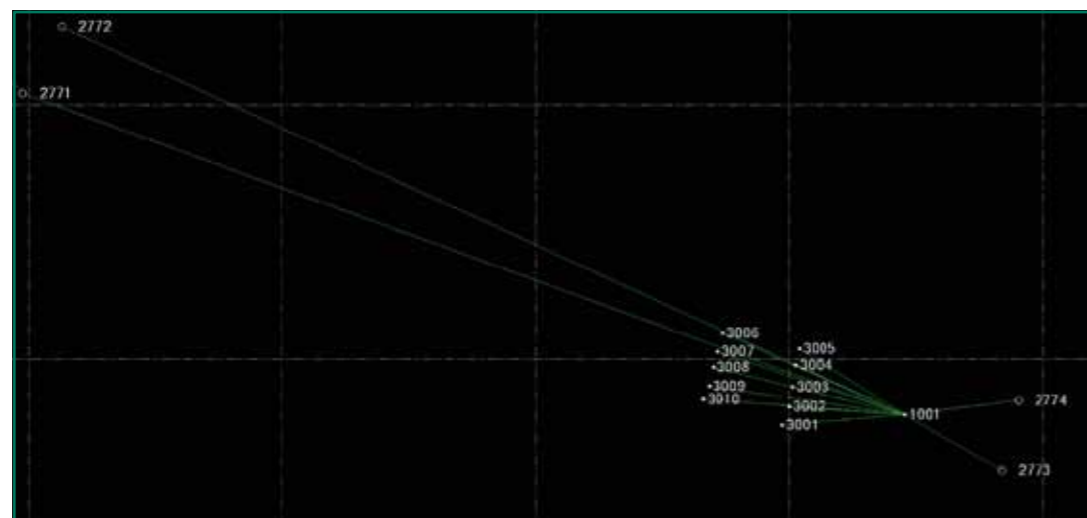
- **M300 RTK+L1 LiDAR drón:**

50 méteres talajszint feletti magasságban végzett repülés 6 m/s sebességgel. A LiDAR szkennelési sorok közötti átfedés 70%-os, a kameraképek közötti átfedés pedig 75%-os volt. Tiszta, szélcsendes időben, szűrt napfény mellett.

Feldolgozás

Az egyes felmérések feldolgozását mérőeszköz specifikus szoftverekkel végeztük el (ahol volt), annak érdekében, hogy biztosítsuk a lehető legjobb illeszkedést és feldolgozás optimalizálást. Ez alól kivételt képezett a légi fotogrammetriai felmérés, mivel ehhez az egyik piacvezető szoftvert használtuk, annak skálázható teljesítménye és automatizálható feldolgozási opciói miatt.

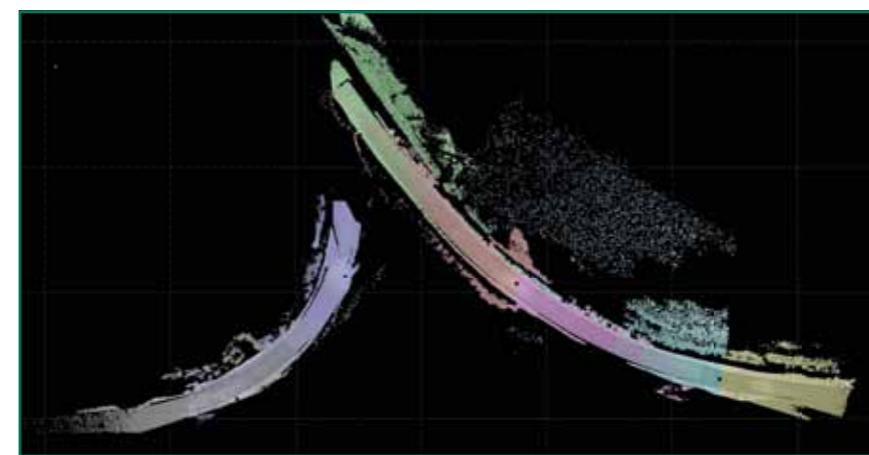
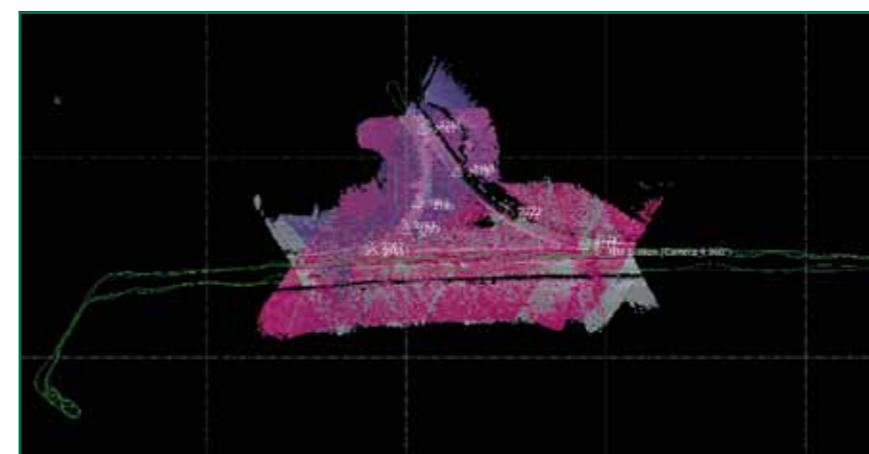
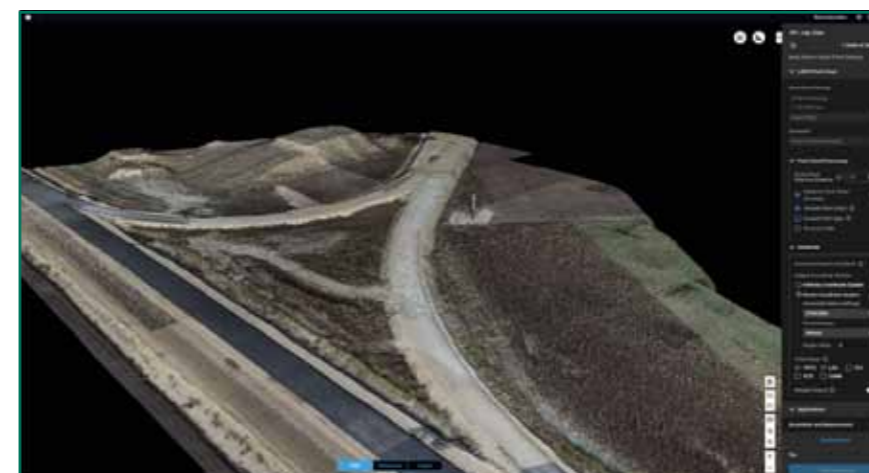
A pontfelhők tisztítása **Trimble Business Centerben (TBC)**, összehasonlítása pedig **Leica Cyclone 3D**-ben történt meg.



Ennek megfelelően a **M300 RTK+L1 LiDAR** drón felmérését két módszertan szerint is feldolgoztuk.

A LiDAR szkennelés közben elkészített **képeket Agisoft Metashap**-el dolgoztuk fel. Ezzel készült el a képek belső tájékozása (TIE pontok számítása), majd ezek tisztítása és szelektálása után a képek illesztő pontozása (EOV vetületi rendszerbe illesztése) és a sűrű pontfelhő építése.

A LiDAR szenzor által készített, sűrű pontfelhőt **DJI Terra** szoftverrel dolgoztuk fel. Itt készült el a pontfelhő EOVS rendszerbe illesztése GNSS utófeldolgozással, majd a pontfelhő illesztése a földi illesztő pontokhoz. Mindkét pontfelhő mentése LAS formátumban történt meg.



Az **MX-50** mobil térképező rendszerrel gyűjtött adatok feldolgozását **PosPac MMS**-sel majd **TBC**-vel végeztük el. Az előbbi a trajectory (szkennelési tengely/útvonal) feldolgozásához, kiegyenlítéséhez, az utóbbit pedig a mérési eredmények kiegyenlített szkennelési tengelyhez való hozzárendelésére, a sűrű pontfelhő generálására, illetve a földi illesztő pontokhoz való illesztésre használtuk.

Feladatunk feldolgozási szempontból az **SX12 statikus szkennerek** mérési anyagának a kezelése volt. Miután a statikus szkennerek álláspontját eleve a terepen tudtuk meghatározni, köszönhetően hibrid üzemmódjának, ezért az általa készített pontfelhő már a szkennelés során EOVS vetületi rendszerben készült el, illeszkedve a földi illesztőpontokhoz.

A **TBC**-s feldolgozás során feladatunk már csak ezen illesztés ellenőrzésére és az egyes álláspontokból származó pontfelhők összeillesztésére és simítására szorítkozott.

Az EOVS vetületi rendszerbe beillesztett és a földi illesztőpontokhoz hozzá egyenlített pontfelhők feldolgozásának következő lépése a pontfelhők **TBC**-ben történő osztályozása és tisztítása volt, mellyel elértük, hogy kiszűrésre kerüljenek a bennük szereplő zajok, emberek, gépjárművek és minden olyan tárgy, mely nem tartozik a kivitelezett műtárgyakhoz. Az így letisztított pontfelhő már alkalmas lett felületépítésre, pontossági összehasonlítások és elemzések elvégzésére.

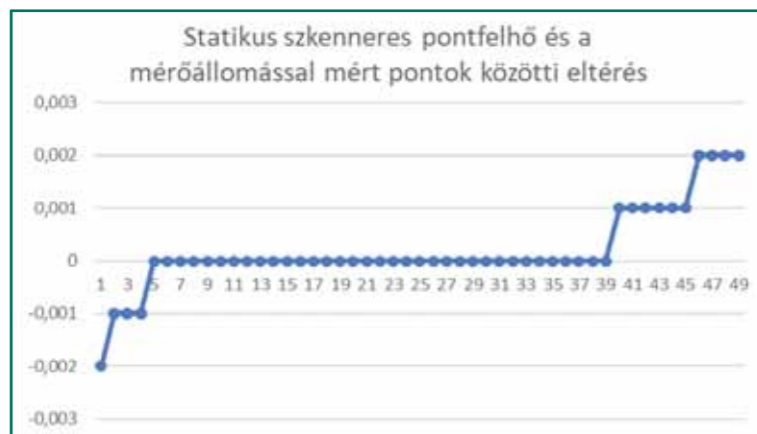
Elemzés

A **TBC**-ben letisztított és osztályozott pontfelhő elemzését **Leica Cyclone 3DR**-ben végeztük el. Az összehasonlítás alapja minden esetben a mérőállomással mért minősítési pontok voltak.

Minden egyes elkészített pontfelhőt ehhez hasonlítottunk hozzá, és az egyes eltéréseket ezekhez a pontokhoz képest adtuk meg.

A továbbiakban az egyes összehasonlításokból származó eltérések kerültek vizuálisan megjelenítésre.

A függőleges tengelyen a magassági eltérés, a vízszintes tengelyen pedig a vizsgálatba bevont minősítési pontok darabszáma került ábrázolásra.



Konklúzió

A tesztünk alapján a következő megállapításokat lehet tenni:

- A fotogrammetriai felmérésből származó pontfelhő illeszkedése +/- 1-2 cm az elemzések alapján. Ezzel hozza az elvárt magassági pontosságot, ami a drónos felmérések ökölszabálya szerint a terepei felbontás gyök kétszöröse ($GSD \cdot \sqrt{2}$). Ez 50 méteres repülési magasságon megközelítőleg 2 cm-es hi-bahatárt jelent, tekintettel arra, hogy a szintezett illesztőpontok megbízhatósága mm-es. A CKT minősítéshez előírt 18 mm-es pontosságot figyelembe véve ez épp határeset. Ezért ezzel a kamerával és ezen a repülési magasságon készült fotókból épített, tisztított, illesztett pontfelhő használata minősítéshez nem javasolt. Amennyiben drónos fotogrammetriai felmérésből származó pontfelhőt szeretnénk CKT minősítésre felhasználni, akkor jobb felbontású kamerával ellátott drónt kell erre a célra használnunk, vagy lényegesen alacsonyabb repülési magassággal kell terveznünk, ami már a hatékonyság rovására mehet.

- A felmérések és elemzések alapján kijelenthető, hogy az L1 LiDAR-ral szerelt drónnal készített pontfelhő minősítésre nem használható. Maga a LiDAR hozza a gyártó által vállalt pontossági paramétereket, de tekintettel arra, hogy a kapott pontfelhő „vastagsága” 5 cm, így erről az eszköztől, ilyen körülmények között, sajnos le kell mondanunk ilyen feladatok esetében.

- A statikus szkennerral készített felmérés maximálisan illeszkedik a terepi felülethez, hiszen a minősítési pontokon mérhető +/- 2 mm-es eltérések gyakorlatilag a területet borító porfátyol vastagságával megegyező. Terepi munka igénye miatt, minősítésre való használata, egyes speciális mérnökgeodéziai feladatokat leszámítva, nem biztos, egy kifizetődő. De tény, hogy CKT minősítésre, az elvárt pontosság teljesítése végett, alkalmas.

- Az MMS technológiával készített felmérés tökéletesen illeszkedett a felszínhez. Gyors, pontos felmérésre ad lehetőséget. A kiértékelés során tapasztalt +/- 1 cm-en belüli pontossága pedig mind a CKT, mind az aszfalt minősítését lehetővé teszi, nagy területen, rövid idő alatt. Fontos azonban megjegyezni, hogy a vele történő munkavégzés nagy odafigyelést, szakmai képzettséget és felkészültséget igényel, valamint az előírásoknak megfelelő kivitelezési és minősítési alappont-hálózat meglétét feltételezi.

Magyarországon használt útépitési és modifikált bitumenek teljesítmény elvű vizsgálatainak bemutatása

szerzők: Káli Rebeka, Veres Dávid, Rošta Szabolcs

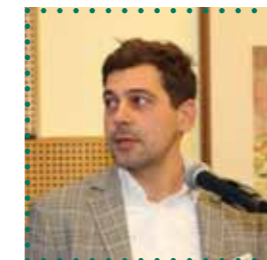
Káli Rebeka

Munkahelyi mérnök
Duna Aszfalt Zrt.



Rosta Szabolcs

Innovációs főmérnök
Duna Aszfalt Zrt.



Veres Dávid

Közútkezelői művezető
Magyar Közút Zrt.



Bevezetés

Napjainkban az Európai Unió területén még az empirikus vizsgálatok vannak érvényben, mint bitumen minősítő vizsgálatok. Úgy gondoljuk, hogy ezek a vizsgálatok nem mutatják meg a bitumen valódi viselkedését, valamint nem képesek bemutatni minden olyan tulajdonságot, amivel a bitumen rendelkezik. Hazánkban a teljesítmény elvű (ún. fundamentális) vizsgálatok jelenleg csak opcionálisak a bitumen jellemzésére, de nem minősítésre szolgáló eljárások. Ausztrália és az Amerikai Egyesült Államok területén már teljesítmény elvű vizsgálatokat alkalmaznak, az empirikus vizsgálatok mellett, vagy helyett. Szakdolgozati munkánk során kíváncsiak voltunk, hogy milyen eredményeket kapunk, ha a Magyarországon használt bitumeneket az említett két országban alkalmazott eljárásokkal vizsgálunk.

Reológia alkalmazása a bitumenekre

A bitumen a hőmérséklet változásával mindig más-ként viselkedik. Az alacsony (<-15 °C) hőmérsékleti tartományban tekinthető szilárd halmazállapotúnak, míg magas hőmérsékletnél (>+80 °C) viszkózus anyagként tekintünk rá. Az érdekesség a két szélsőség között van,

itt ugyanis viszkoelasztikus anyagként viselkedik. Ez a halmazállapot azt jelenti, hogy mutat viszkózus és elasztikus tulajdonságokat is. A viszkoelasztikus anyagokra jellemző, hogy a terhelés hatására először rugalmasan reagálnak, majd a terhelés növelése nélkül tovább alak változnak, vagyis megfolyanak.

A reológia tudománya a viszkoelasztikus viselkedéseket vizsgálja, vagyis ahogyan Mezger fogalmazott: „Alakváltozás és áramlás tudománya”. [1] Más megközelítés szerint a „deformációkkal, a deformációk és az őket előidéző erők közti törvényszerűségek külső hőmérséklettől és nyomástól való függésével foglalkozik”. [2]

Vizsgálatok

Látható, hogy a viszkoelasztikus anyagok viselkedésének vizsgálatára legjobban a reológia tudománya felel meg. A szakdolgozataink elkészítése során az empirikus alapú, jelenleg is szabványos eljárásokat, valamint a teljesítmény elvű, reológiai alapokon nyugvó teljesítmény elvű vizsgálatokat vetettük össze. A méréseket a Széchenyi István Egyetem Útépitési Laboratóriumában végeztük el, valamint a vizsgálati mintákhoz kapott más laboratóriumok által meghatározott penetráció és lágyuláspont értékeket is felhasználtuk.

Empirikus vizsgálatok

A bemutatott tanulmányunkban három, empirikus bitumen minősítő vizsgálatot alkalmaztunk:

- penetráció
- lágyuláspont
- rugalmas visszaalakulás 25 °C-on

Jelen cikknek nem szándéka, hogy ezen vizsgálatokat részletesen is bemutassa, azonban néhány szót ejtünk róla.

Tűpenetráció

A vizsgálatot az MSZ EN 1426:2016 szabvány tartalmazza. Egy 100 g tömegű tűt 5 s ideig engedünk a 25 °C-os bitumenbe, majd mérjük, hogy hány tized mm-t hatol be a tű.

Lágyuláspont

A lágyuláspont vizsgálat az MSZ EN 1427:2016 szabvány szerint végezhető el. Az eljárásban két gyűrűbe bitumént teszünk, majd arra egy szabványos tömegű golyót helyezünk. A mérőközeget (ami jellemzően víz) elkezdjük melegíteni. Amikor a golyó a bitumennel a minta alatti lemezt eléri, azt a hőmérsékletet tekintjük a bitumen lágyuláspontjának.

Rugalmas visszaalakulás (RV%)

A vizsgálatot csak a modifikált bitumenekre kell elvégezni, ugyanis a hagyományos útépitési bitumeneknek nincs rugalmas tulajdonsága. A szabvány (MSZ EN 13398:2018) megadja a pontos mintát, amibe bele kell önteni a bitumént. A kiöntés után 25 °C-os vízben temperáljuk. A temperálás után 5 cm/min sebességgel 20 cm hosszúra kinyújtjuk, majd középen elvágjuk. 30 perc visszaalakulás után lemérjük a két szál közötti távolságot.

Fundamentális vizsgálatok

Cikkünkben főként a teljesítmény elvű, reológiai vizsgálatokra helyezük a hangsúlyt. Az általunk készített vizsgálatok az alábbiak:

- Dinamikai viszkozitás meghatározása forgó orsós készülékkel
- Komplex viszkozitás meghatározása dinamikus nyíróreométerrel
- Többlépcsős kúszás visszaalakulás

Dinamikai viszkozitás meghatározása forgó orsós készülékkel

MSZ EN 13302:2018 szabvány foglalkozik a módosított és módosítatlan bitumen és bitumenes kötőanyagok dinamikai viszkozitásának meghatározásával forgó orsós berendezés (koaxiális viszkoziméter) alkalmazásával (2. ábra). A vizsgálat alapelve, hogy vizsgálati mintába merített orsó forgatásához szükséges nyomatékból meghatározható a dinamikai viszkozitás. A nem newtoni viszkozitások összehasonlítása csak olyan mérésekkel lehetséges, amelyek azonos nyírási sebesség és feszültség körülmények között történnek.



2. ábra: Brookfield viszkoziméter [3]

Komplex viszkozitás meghatározása DSR-rel

A bitumenes kötőanyagok reológiai tulajdonságainak mérésére alkalmas dinamikus nyíró reométeres (DSR) vizsgálat leírását az MSZ EN 14770:2012 európai szabvány tartalmazza.

A mérés reprodukálja a pályaszerkezetek jellemző igénybevételét, mint például dinamikus terhelés alatti ismétlődő, előjelváltó nyírófeszültséget. A vizsgálati módszer során egy ismert oszcillációs nyírófeszültséget alkalmazva mérjük a kötőanyag vizsgálati minta alakváltozás választást előírt körülmények (hőmérséklet, geometria) között.



3. ábra: Dinamikus nyíró reométer (Forrás: saját kép)

Többlépcsős kúszás visszaalakulás (MSCRT)

Ez a vizsgálat a komplex viszkozitás mérésének kimondottan modifikált bitumenekre kifejlesztett eljárása.

A vizsgálatot DSR készülékben lehet elvégezni (3. ábra). A mérés közben a mintát 60 °C-on kell tartani és a bitumént 0,1 kPa, majd 3,2 kPa terheléssel deformálják. Egy terhelési ciklus a teher felviteléből, majd egy 9 s idejű relaxációs időből áll. Mind a két terhelésre 10-10 ciklust kell elvégezni. Ezek a terhelések az elhaladó nehézgépjárművek terhelését szeretnék imitálni.

Eredmények

Útépitési bitumenek vizsgálati terv

A viszkozitás számos további információval szolgálhat az eddig alkalmazott empirikusvizsgálatokból nyert tulajdonságokon felül. A lágyulásponti, penetrációs értékek mellett kétféle módszerrel mért viszkozitásukat is megvizsgáltuk 60 °C-on, vagyis az aszfaltkeverékek magas használati hőmérsékletén, ami az útfelület nyári hőmérsékletének felel meg.

Vizsgálati módok:

- Dinamikai viszkozitás meghatározása Brookfield-féle készülékkel 60 °C-on
 - Komplex viszkozitás meghatározása DSR-rel 60 °C-on
- Vizsgált bitumenek:
- 11 db B50/70
 - 7 db B70/100

Viszkozitás mérésekhez MOL Magyarország Nyrt. biztosított a hazai útépitésben használatos B50/70-es és B70/100-es útépitési bitumeneket. Egy része a MOL szálhalmattai Dunai Finomítójából, másik része pedig a MOL Zalai Finomítójából érkezett.

Dinamikus nyíró reométerrel (DSR) mért komplex viszkozitás eredmények

Az ausztrál AGPT-T192-es szabvány 1 rad/s oszcillációs frekvenciát ír elő, ami átszámítva 0.1592 Hz-nek felel meg. Mérés során a laborban használatos szabványos vizsgálat, úgynevezett „söprés” eredményei közül az Ausztráliában alkalmazott terheléshez legközelebb álló 0.1668 Hz frekvencián kapott adatok lettek figyelembe véve.

Mérési azonosító	2052	2047	2058	2035	2064	505	2041	2048	2043	2046	2045
0.1	198.48	383.68	243.2	265.04	192.88	408.24	224.48	420.64	389.68	370.32	264.64
0.1668	197.76	375.28	241.04	262.8	190.64	401.92	223.44	408.4	379.44	360.32	259.6
0.2783	196.08	365.6	237.84	259.2	190.48	392.8	222.48	393.76	366	348.08	252.8
0.4642	194.48	353.68	234.8	255.36	188.88	383.04	220.72	376.96	350.72	333.04	244.88
0.7743	192.48	339.28	230.24	249.84	188	370.8	217.44	357.44	333.2	316.56	235.44
1.292	190.88	324.4	225.6	244.4	184.4	357.68	215.28	336.88	313.92	298.4	225.2
2.154	185.68	305.04	219.12	237.52	180.88	339.52	211.2	315.12	293.36	279.52	213.44
3.594	181.36	286.24	212.56	229.92	177.92	321.76	206.4	291.92	271.6	260	200.96
5.995	176.64	266.32	205.28	221.6	173.92	302.8	201.6	269.12	250.72	240.24	187.6
10	171.44	246.48	197.44	212.56	169.84	282.24	196.32	246.56	229.2	220.48	174.24

1. táblázat: Vizsgált B50/70 bitumenek komplex viszkozitása

Mérési azonosító	2044	2065	2042	2051	529	1007	2034
0.1	181.71	128.97	157.86	134.46	143.1	114.3	162.45
0.1668	180.18	129.33	157.23	134.19	143.28	113.49	160.02
0.2783	178.11	128.16	156.33	133.92	142.56	112.32	159.57
0.4642	176.13	127.17	154.98	132.84	142.02	112.05	157.95
0.7743	173.07	125.64	153.45	131.4	141.03	110.79	155.34
1.292	173.25	124.83	151.47	129.87	140.13	109.89	153.81
2.154	164.97	123.48	148.86	127.53	138.6	108.9	150.12
3.594	160.29	120.33	145.8	125.37	136.44	107.37	146.61
5.995	154.8	118.08	142.56	122.85	134.28	105.48	143.01
10	148.5	115.65	139.05	120.15	131.85	103.68	138.87

2. táblázat: Vizsgált B70/100 típusú bitumenek komplex viszkozitása

Brookfield-féle rotációs viszkoziméterrel mért dinamikai viszkozitás eredmények

A konvencionális vizsgálatok során a dinamikai viszkozitást 135 °C-on mérik, amellyel az aszfaltkeverés közbeni teljesítményt határozzák meg a bitumenes kötőanyagoknak. Esetünkben ettől eltérően 60 °C-on, aszfaltkeverékek magas használati hőmérsékletén történt a mérés. A viszkoziméter mérési tartományát tekintve a forgatónyomatékokat 10-100%-os (gyártói ajánlás) értékhatár közé beállítva azt tapasztaltuk, hogy csak az 5 RMP-es sebességnél volt kimutatható az összes minta dinamikai viszkozitási értéke.

Mérési azonosító	2052	2047	2058	2035	2064	505	2041	2048	2043	2046	2045
5	221440	423040	248960	259200	211200	463360	236800	453760	455040	375680	304640
10	218240	>100%	>100%	250880	206080	>100%	233600	>100%	>100%	>100%	288320
15	>100%	>100%	>100%	>100%	203280	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%
20	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%
25	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%

3. táblázat: Vizsgált B50/70 bitumenek dinamikai viszkozitása

Mérési azonosító	2044	2065	2042	2051	529	1007	2034
5	177840	164160	162000	150480	161280	144720	167760
10	174240	161640	160560	147960	159840	144360	165240
15	172530	158850	158850	146430	157950	142290	162270
20	170280	157140	158040	144720	156420	140580	160200
25	>100%	>100%	>100%	143820	>100%	139140	>100%

4. táblázat: Vizsgált B70/100 bitumenek dinamikai viszkozitása

Viszkózitás eredmények összehasonlítása

A két viszkózitás mérési módszer által kapott eredmények között megvizsgáltuk a feltételezett függvénykapcsolat, korreláció erősségét. Ehhez a statisztikai számításokban használatos regresszióanalízist választottuk. Lineáris trendvonalat illesztve a mérési eredményekre, megfigyelhető a korreláció szorossága, hiszen a $R^2=0.98$, vagyis „nagyon jó” típusba tartozik (4. ábra).

A viszkózitás és az empirikus tulajdonságok vizsgálata

Összevetettük külön-külön az egyes viszkózítások és az empirikus vizsgálatokból kapott tulajdonságok - penetráció, lágyuláspont - közti kapcsolatot is.

Viszkózitás és lágyuláspont közötti korreláció

A lágyuláspont esetében mindkét módszer által kapott adatok logaritmikus trendvonalal közelítve egyaránt „jó” összefüggést mutat (5. ábra és 6. ábra). Megfigyelhető, hogy az alacsonyabb lágyuláspontú bitumenfajták alacsonyabb viszkózítással rendelkeznek, míg a magasabb hőmérsékleten lágyuló bitumenek esetében a komplex viszkózitás is magasabb.

Viszkózitás és penetráció közötti korreláció

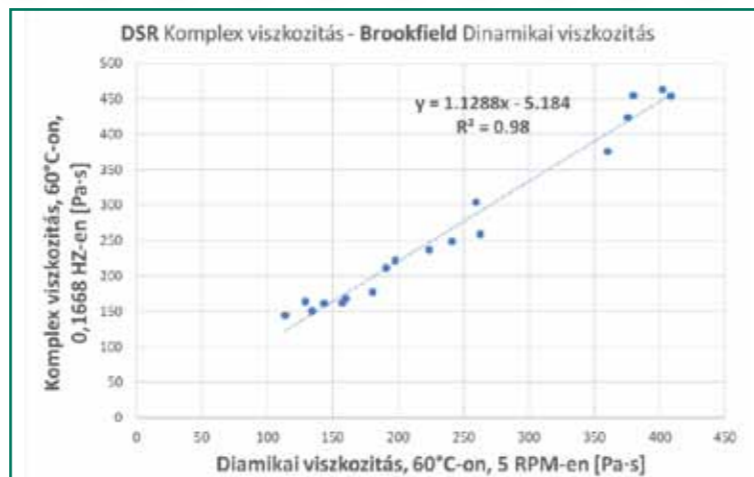
A penetráció esetében egyik módszernél sem állapítható meg egyértelmű összefüggés a viszkózítási eredményekkel. Az viszont kijelenthető, hogy a viszkózitás a penetráció-növekedésével csökkenő tendenciát mutat. (7. ábra és 8. ábra)

Viszkózitás alapú osztályozás

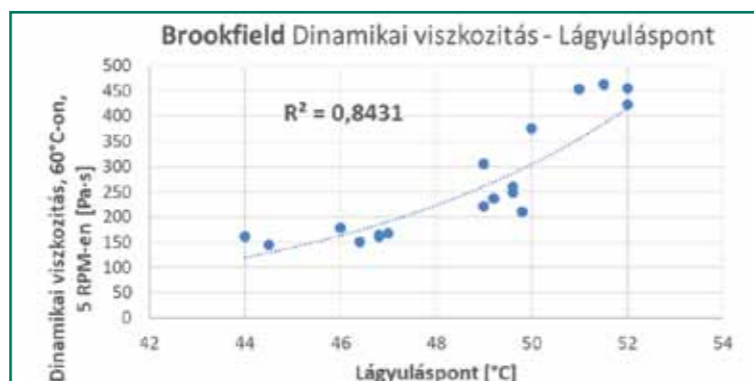
Mérési eredményeket a három szabványrendszerrel vetettük össze, az európai MSZ EN 12591:2009, az ausztrál AS2008-2013 és az amerikai ASTM D3381-09 szabvánnyal.

A 60°C-on mért viszkózítást az amerikai és az ausztrál előírja mint bitumen minősítő paraméter. Az európai pedig csak választható paraméternek tekinti, azonban a keretszabványban meghatározza az egyes penetrációfokokhoz tartozó viszkózításokat is.

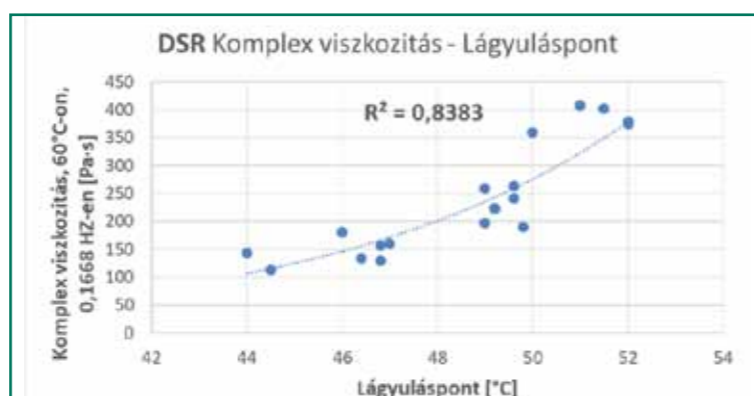
Az egyes szabványok bitumen típusaihoz tartozó alsó-, felsőhatár értékeket összefoglalóan ábrázoltuk a viszkózítás-penetráció függvényében, melyre felvezettük a két módszerrel mért viszkózitás értékeket (9. ábra és 10. ábra).



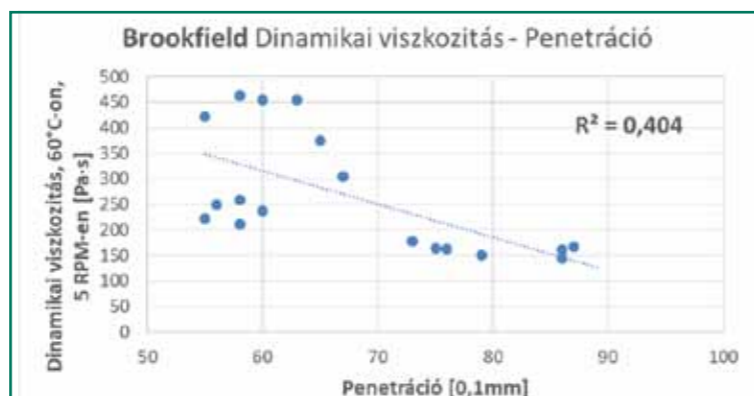
4. ábra: Komplex viszkózitás és a dinamikai viszkózitás közötti korreláció



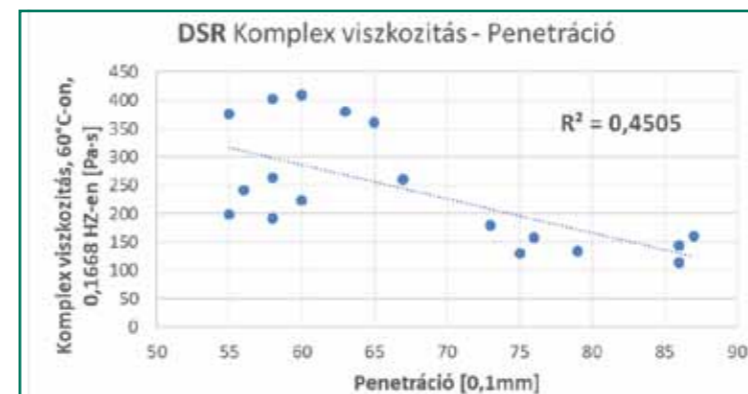
5. ábra: Dinamikai viszkózitás és lágyuláspont közötti korreláció



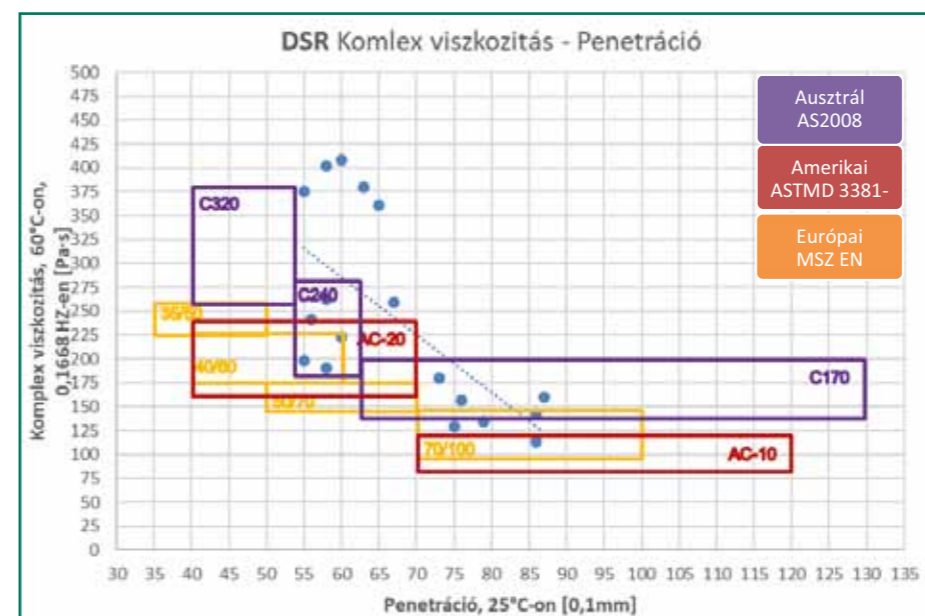
6. ábra: Komplex viszkózitás és lágyuláspont közötti korreláció



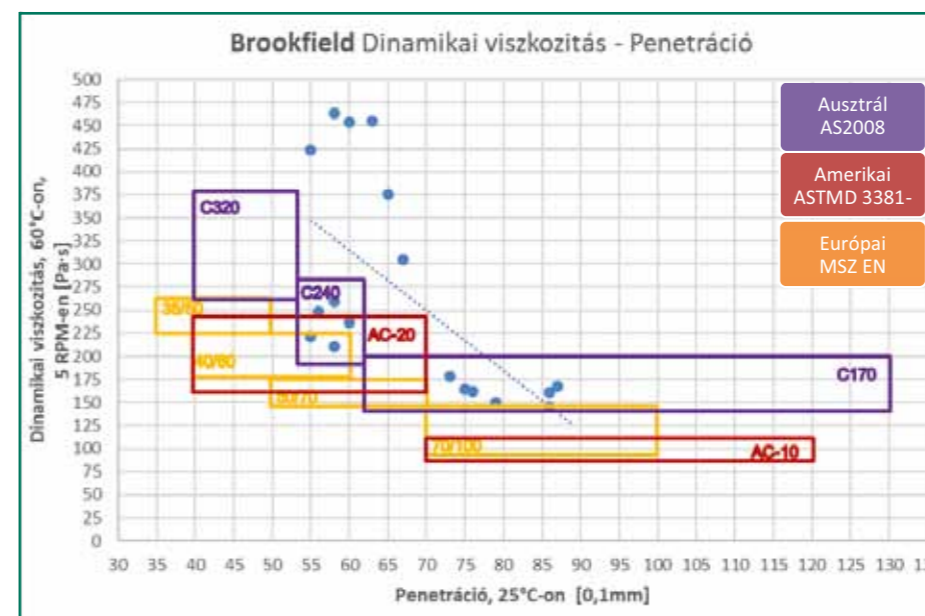
7. ábra: Dinamikai viszkózitás és penetráció közötti korreláció



8. ábra: Komplex viszkózitás és penetráció közötti korreláció



9. ábra: Komplex viszkózitás eredmények osztályozása



10. ábra: Dinamikai viszkózitás eredmények osztályozása

Különböző módszerekkel, működési háttérrel rendelkező viszkóziméterekkel mért 60°C viszkózítások mind két esetben leginkább az ausztrál AS2008 szerinti szabályozáshoz hasonlítanak. A B70/100 kategória a C170 típusú bitumenekkel megegyeztethető. A B50/70 minták értékeihez is az egyik ausztrál kategória, a C240 áll a legközelebb, ámár jóval alacsonyabb a lehatárolt viszkózítás tartománya. Megfigyelhető továbbá, hogy egy tüpenetrációs értékhez akár három, jelentős nagyságrenddel eltérő viszkózítás is tartozik.

Modifikált bitumenek

Vizsgálati terv

Vizsgálati módok:

- Rugalmas visszaalakulás (RV%)
- Többlépcsős kúszás-visszaalakulás (MSCRT)

Vizsgált bitumenek:

- 30 db PmB 25/55-65
- 14 db PmB 45/80-65
- 6 db visszanyert, becsült bitumen

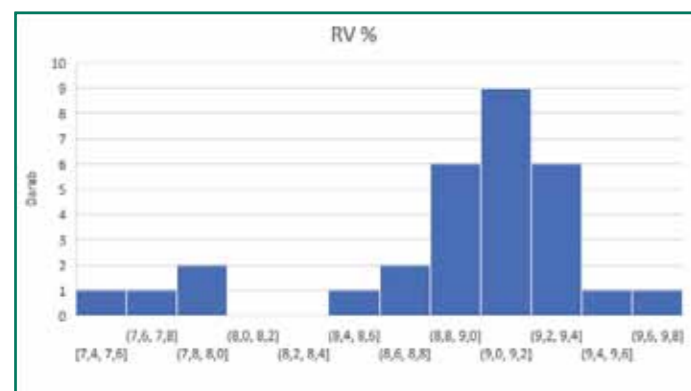
A bitumen mintákat a Duna Aszfalt Zrt. biztosította.

A visszanyert bitumenek az M1-es autópályáról lettek visszanyerve. Pontos típusuk a vizsgálatok előtt nem voltak ismertek. A későbbi rugalmas tulajdonságok alapján következtettünk

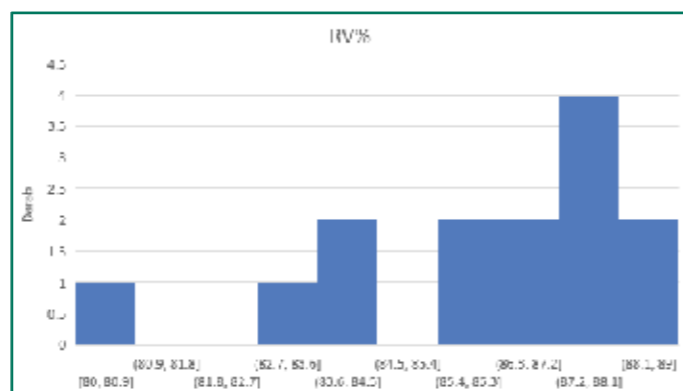
arra, hogy modifikált, vagy hagyományos útépitési bitumen lehet az adott minta.

Rugalmas visszaalakulás

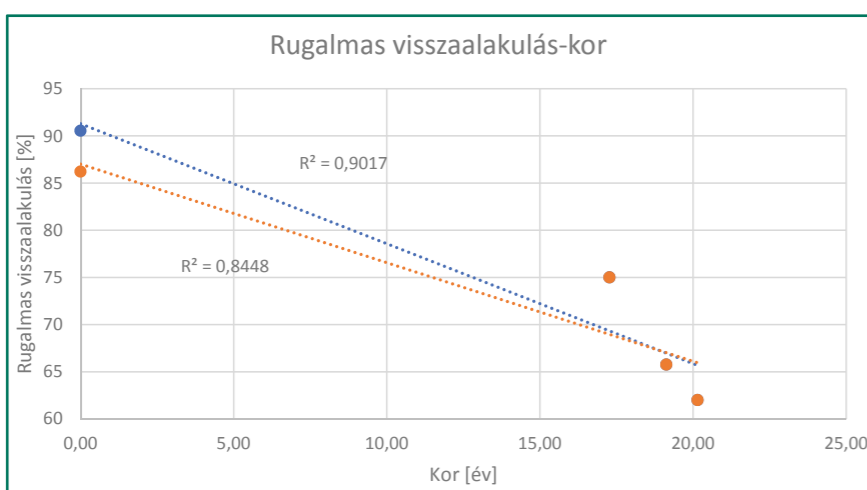
A jelenleg érvényben lévő vizsgálat alapján a 30 PmB 25/55-65-ös bitumennél azt az eredmény adódott, hogy átlagosan 88,7% a rugalmas visszaalakulása. Fontos azonban megjegyezni, hogy négy minta nem érte el a 80%-os minimumot, amivel megfelelt. Amennyiben az átlag számításból kivesszük ezeket az értékeket, úgy már 90,5%-os átlag eredményt kapunk.



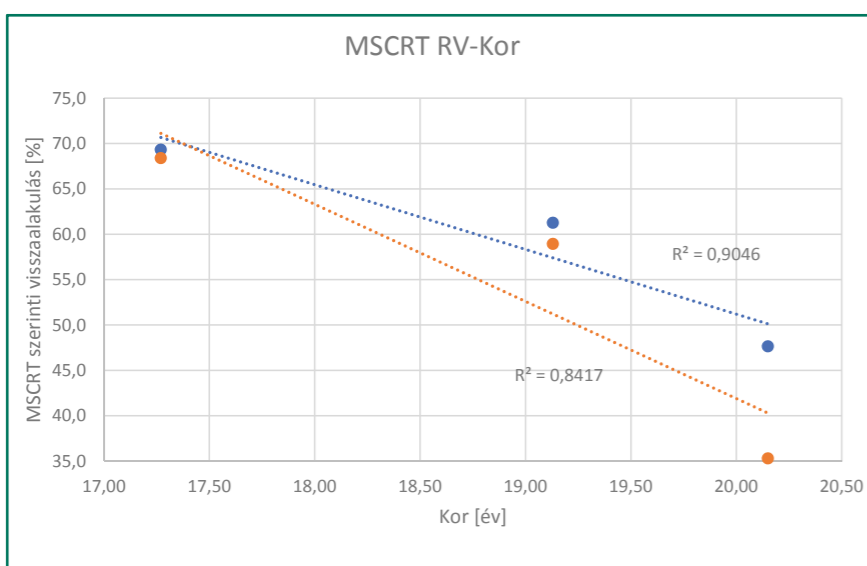
11. ábra: Rugalmas visszaalakulás eredmények PmB 25/55-65 bitumeneknél



12. ábra: Rugalmas visszaalakulás eredmények PmB 45/80-65 bitumeneknél



13. ábra: A rugalmas visszaalakulás változása a korról



14. ábra: MSCRT szerinti visszaalakulás változása a korról

Érdekes, mint ahogy a 11. ábra is mutatja, hogy a kapott eredmények egy szép haranggörbét rajzolnak.

A lágyabb bitumen esetében nem mondható el, hogy valamilyen haranggörbe is látható, ellenben azt ki lehet jelteni, hogy mindegyik minta megfelelt a 80%-os minimum határnak, átlagosan 86,2%-os visszaalakulást eredményezve (12. ábra).

A visszanyert bitumenek esetében egyik minta sem érte el a 80%-os minimum határt. Egy vizsgálati minta semmi rugalmas tulajdonságot nem mutatott, így azt úgy véltük, hogy az a minta útépitési bitumen. Az eredmények és a kor ismeretében azonban azt lehet mondani, hogy a rugalmas tulajdonságok romlása és a kor között jó korreláció mutatkozik (13. ábra). Az ábrán kettő vonal is látható, egyik a 0 éves korban lévő PmB 25/55-65, másik pedig a szintén friss, PmB 45/80-65.

MSCRT

A többlépcsős kúszás visszaalakulás vizsgálatnál a PmB 25/55-65 bitumen átlagosan 91,9 %-os visszaalakulást mutatott a 0,1 kPa-os terhelés mellett. A nagyobb terhelésen 90,54% volt az átlagos érték. Érdekes, hogy 9 minta a nagyobb terhelésen mutatott jobb tulajdonságokat.

A lágyabb bitumennél mindegyik minta a nagyobb terhelésen mutatott jobb visszaalakulást. 0,1 kPa terhelés mellett 84,9% volt az átlagos visszaalakulás, míg a 3,2 kPa terhelésen 87,2% volt.

A visszanyert bitumenek esetében pont az ellenkező mondható el, itt minden minta a kisebb terhelés esetén mutatott jobb visszaalakulást. A kisebb terhelés esetén 65,0%, míg a nagyobb terhelés esetén 51,1% volt a visszaalakulás. Itt is elmondható az a megfigyelés, miszerint minél idősebb a bitumen, annál rosszabb visszaalakulási értéket mutat.

Az öregedés hatása a modifikált bitumenekre

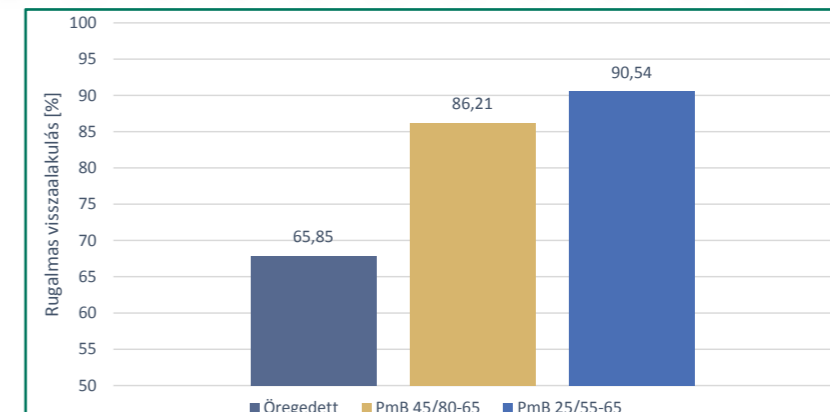
A kutatás készítésekor sok eredmény adódott, melyeket érdemesnek találtunk összevetni. Az összehasonlítás célja, hogy bemutassuk, miként változnak a modifikált bitumenek rugalmasság tulajdonságai a korról.

A 15. ábrán látható, hogy a rugalmas visszaalakulás hogyan változik. A visszanyert bitumen kapott átlagos rugalmas visszaalakulása ugyanis csak 75%-a az eredeti a PmB 25/55-65-ös bitumennek.

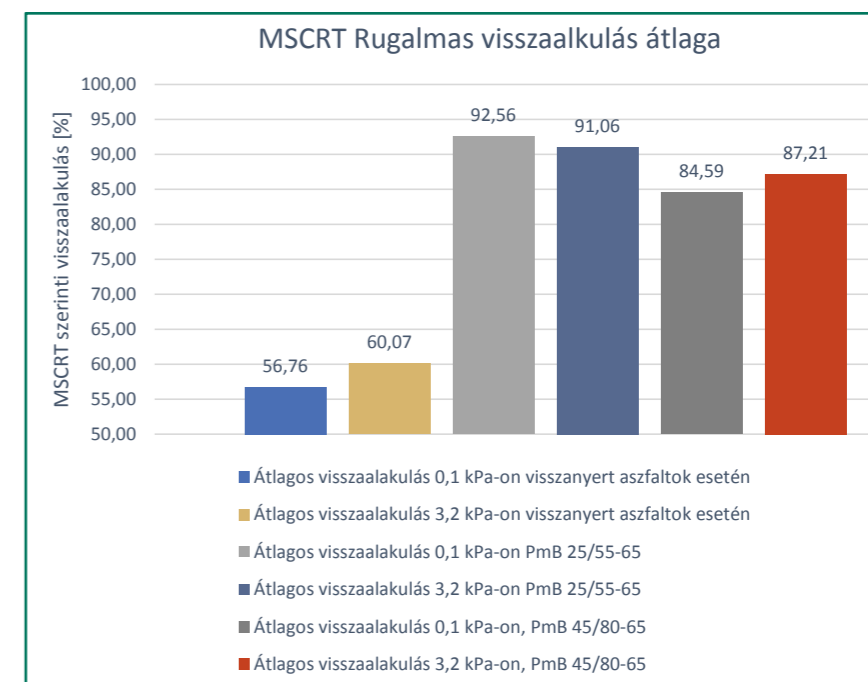
Az MSCRT szerinti visszaalakulási értékei is jelentősen kisebbek a visszanyert bitumenek esetén (16. ábra). Csupán ~2/3-át tudták nyújtani az eredeti bitumenek esetén tapasztaltaknak.

Maradó kúszásérzékenységben sokkal nagyobb értéket kaptunk az öregedett bitumenek esetében. Fontos megjegyezni azonban, hogy ezen értékek esetén a PmB 45/80-65-ös bitumenek is jelentősen gyengébben teljesített (17. ábra).

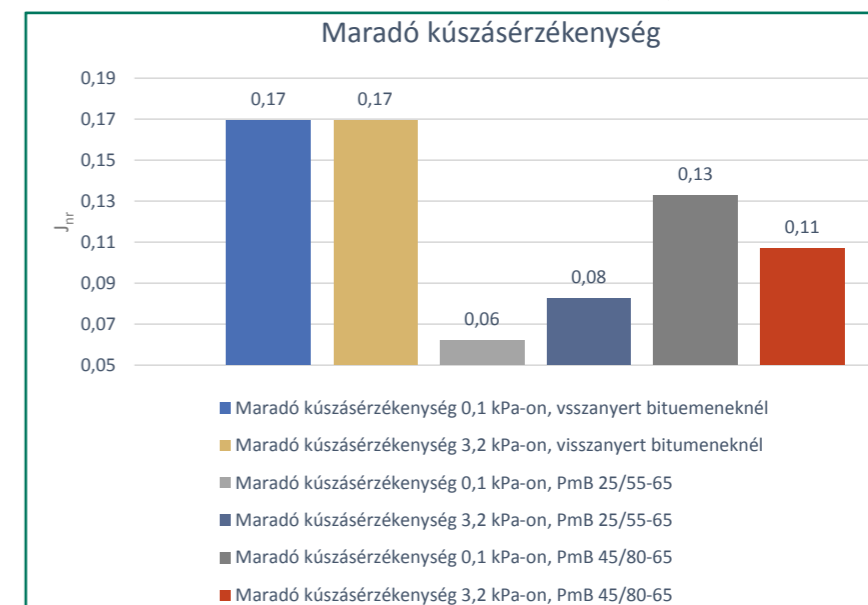
Végezetül becslést tettünk, hogy mely bitumeneket hány alkalommal kell terhelni ahhoz, hogy azt az alakváltozást szenvedje el, mint a legrosszabb. A becsléshez minden kategóriából két-két minta került kiválasztásra. Látható a 19. ábrán, hogy a legjobb mintát 118 alkalommal kell terhelni, hogy azt az eredményt kapjuk, mint a legrosszabb minta esetében. Fontos azonban kiemelni, hogy az egyszerűség miatt lineáris regressziót alkalmaztunk, melynek következtében egy törés van az ábrán. Egy további kutatás lehetőséget biztosítana, hogy elérhető legyen egy jobb illeszkedésű polinom. Feltételezhető, hogy azzal a becsléssel még nagyobb különbséget lehet majd tapasztalni.



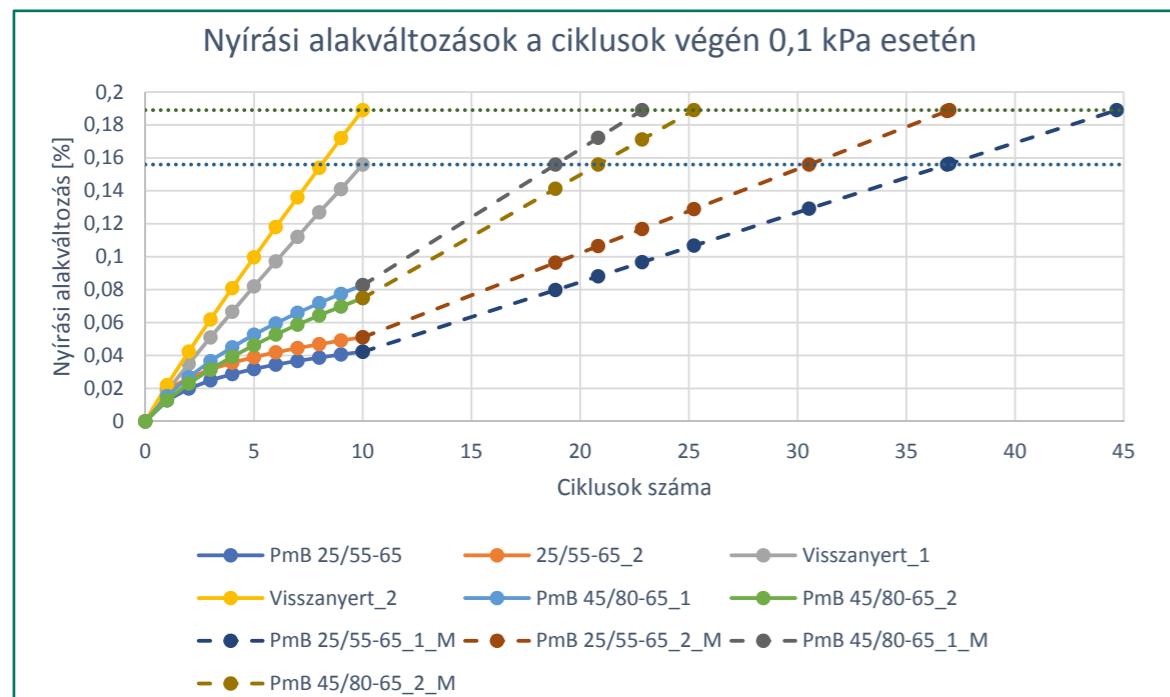
15. ábra: Átlagos rugalmas visszaalakulási értékek bitumen csoportonként



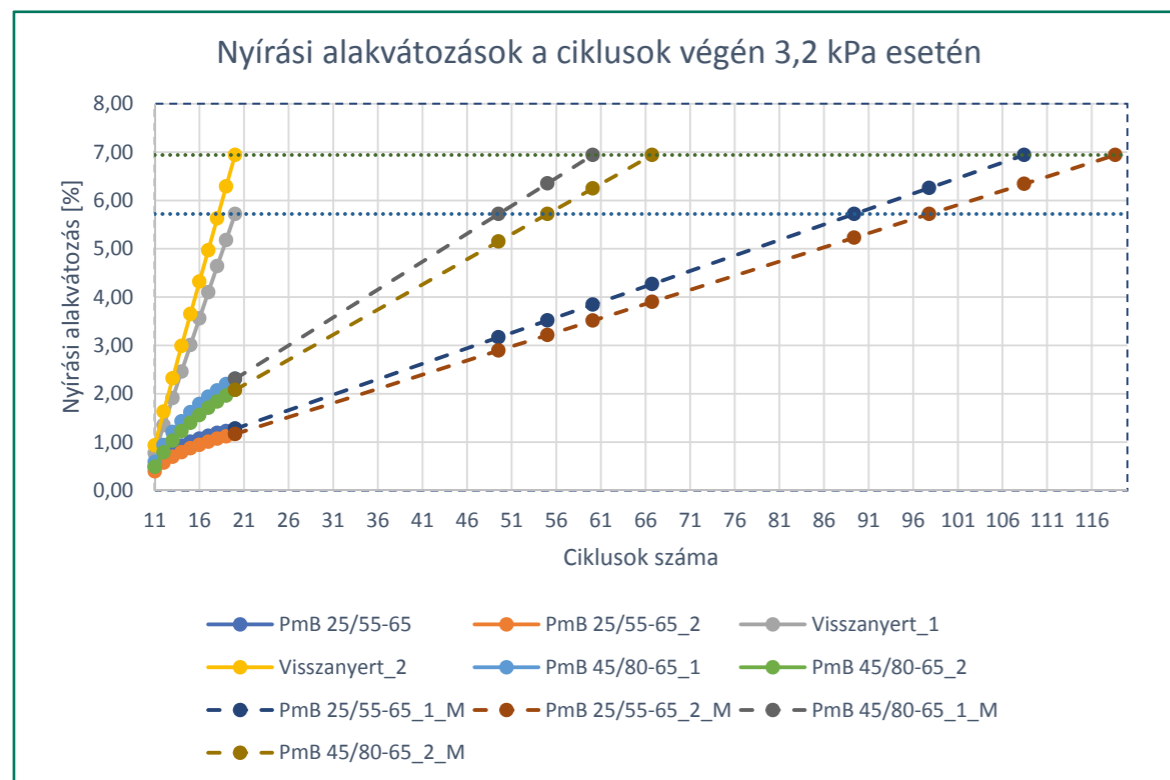
16. ábra: MSCRT-szerinti visszaalakulások bitumen csoportonként



17. ábra: Maradó kúszásérzékenységek átlagértékei bitumen csoportonként



18. ábra: Maradó alakváltozások előre becslése 0,1 kPa terhelésen



19. ábra: Maradó alakváltozások előre becslése 3,2 kPa terhelésen

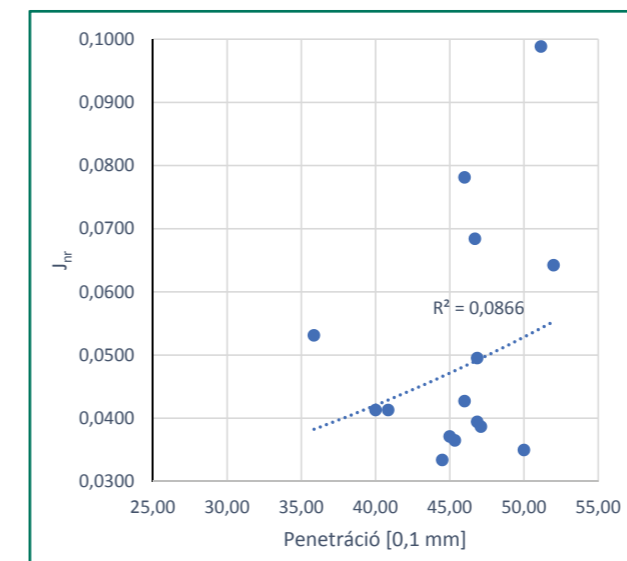
Korreláció keresése

A korreláció keresésekor az első felvetés az volt, hogy kell lennie korrelációnak az empirikus és a fundamentális vizsgálatok között. Legnagyobb remény az MSCRT szerinti rugalmas visszaalakulás és a rugalmas visszaalakulás közötti összefüggésben volt. Szakirodalmaknak utána olvasva azt tapasztaltuk,

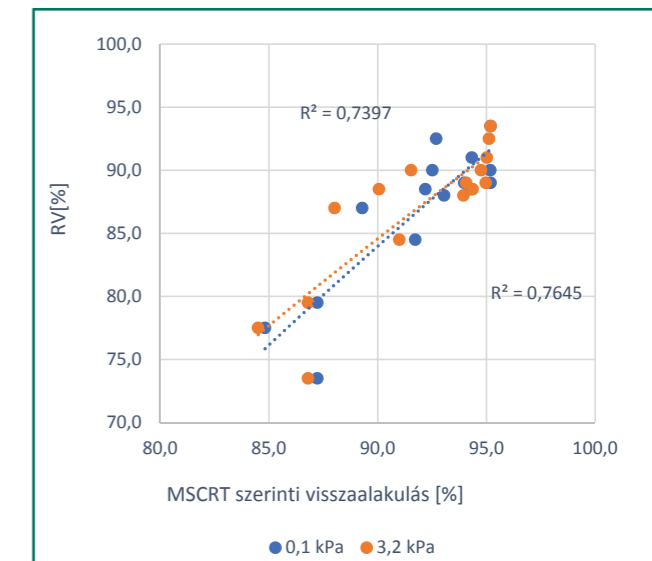
hogy a kezdeti feltételezés nem igaz, a két mérési elv között nincs összefüggés. Összevetve az eredményeket bebizonyosodott, hogy tényleg nincs összefüggés.

A cikkbe három eredmény kerül bemutatásra, a legrosszabb és a legjobb korrelációs értékek, valamint egy köztes eredmény.

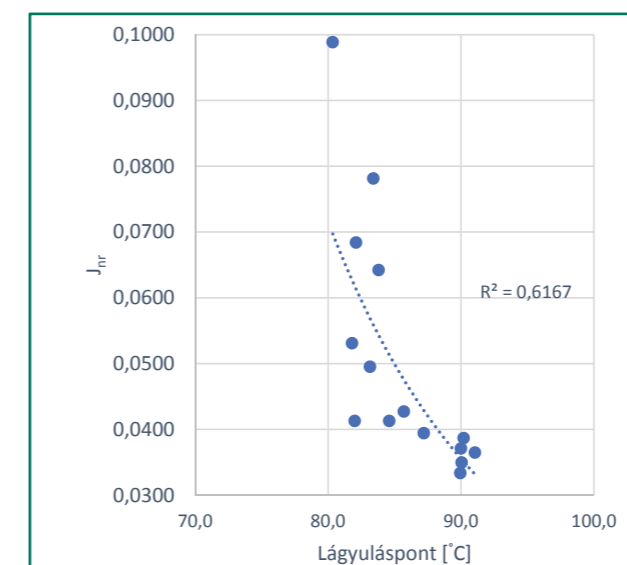
A 22. ábrán az látható, hogy a legjobb korreláció is csak $R^2=0,76$, vagyis csak közepes összefüggés van.



20. ábra: Penetráció és maradó kúszás érzékenység közötti összefüggés



22. ábra: MSCRT RV% és rugalmas visszaalakulás közötti összefüggés



21. ábra: Lágyuláspont és maradó kúszásérzékenység közötti összefüggés

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnénk mondani az alábbi személyeknek mérésekhez nyújtott szakmai közreműködésükért:

- **Nagy Richárd** - Széchenyi István Egyetem Útépítési Laboratórium (SZELabroad) laborvezető Tanár Úrnak
- **Madarász Klaudiának** - Széchenyi István Egyetem Közlekedéscsillagás és Vízmérnöki Tanszék tanszéki mérnökének
- **Zvekán Fanninak** - Duna Aszfalt Zrt. innovációs mérnökének
- **Perlaki Róbertnek** - Magyar Közút Nonprofit Zrt. Veszprémi Minőségvizsgáló Laboratóriumának vezetőjének

Irodalomjegyzék

- [1] T. G. Mezger, The Rheology-Handbook, Hannover: Vincentz Network, 2014, p. 17
- [2] P. R. dr. Tóth Sándor, „Bitumen és aszfaltzabványok követelményrendszerének reológiai alapjai,” Az Aszfalt, %1. kötet2, pp. 4-48, 2006.
- [3] SZIKKTI LABOR KFT, Viskozitás mérés. [Performance]. 2023.

HAPA TAGVÁLLALATAI

Aszfalt Hungária Kft.

H- 2225 Üllő
belterület, hrsz. 3753.
<https://euroaszfalt.hu>

Budapest Közút Zrt.

H-1115 Budapest
Bánk bán u. 8-12.
<https://budapestkozut.hu>

Colas Közlekedéscépző Zrt.

H-1113 Budapest
Bocskai út 73.
<https://colas.hu>

Colas Út Zrt.

H-1113 Budapest
Bocskai út 73.
<https://colas.hu>

DÉLÚT Kft.

H-6750 Algyő
Kastélykert u. 171.
Pf: 4
<https://delut.hu>

Duna Aszfalt Zrt.

H-6060 Tiszakécske
Béke u. 150.
<https://www.dunaaszfalt.hu>

Harmat-Bau Kft.

H-6725 Szeged
Harmat utca 16.

Hazai Építőgépi Társulás Zrt.

H- 2351 Alsónémedi
Ócsai út 2405/4 hrsz.
<https://www.epitogep.com>

He-Do Kft.

H-3261 Pálosvörösmart
Hagyóka u. 1.
<https://he-do.hu>

MENTO Környezetkultúra Kft.

H-3527 Miskolc
Mechatronikai Park 14.
<https://mentokft.hu>

MOL Nyrt

H-1117 Budapest
Dombóvári út 28.
<https://mol.hu>

OMV Hungária Ásványolaj Kft.

H-1117 Budapest
Október Huszonharmadika utca 6-10.
<https://www.omv.hu>

PENTA Kft.

H-2100 Gödöllő
Kenyérgyári u. 1/E.
<http://pentakft.hu/>

„SOLTÚT” Kft.

H-6320 Solt
Kecskeméti u. 34.
<http://soltut.hu>

Swietelsky Magyarország Kft.

H-1016 Budapest
Mészáros utca 13.
<http://swietelskymagyarorszag.hu>

Úteppark Útépző és Mélyépző Kft.

H-8000 Székesfehérvár
Szlovák utca 6.
<http://uteppark.hu>

Vértaszfalt Kft

H-2800 Tatabánya
Réti út 174. Fsz. 4.
<http://vertesaszfalt.hu>

HAPA TÁRSULT TAGVÁLLALATAI

Ammann Austria GmbH

Anzing 33
A-4113 St. Martin im Mühlkreis
<https://www.ammann.com/de/>

AUMER Kft.

H-2035 Érd
Bikszádi utca 6.
<http://aumer.hu/>

BHG Bitumen Kft.

H-1117 Budapest
Gábor Dénes utca 2. Infopark D
épület
<http://bhg.huauholding.com>

BME Út és Vasútépzési Tanszék

H-1111 Budapest
Műgyetem rkp. 3.
<https://epito.bme.hu/ut-es-vasutepitesi-tanszek>

Csillagszer Kft.

H-3700 Kazincbarcika
Erdész u. 10.
<https://csillagszer.com>

EuroAszfalt Kft

H - 2225 Üllő
belterület 3753 hrsz.
<http://euroaszfalt.hu/>

EULAB Kft.

H- 2120 Dunakeszi
Székesdűlő 135.
<https://www.eulabkft.hu/>

Huntraco Kereskedelmi és Szolgáltató Zrt.

H-2040 Budaörs
Kamaraerdei út 3.
<https://www.huntraco.hu/>

INNOTESZT Kft.

H - 2225 Üllő
Zsarókahegy hrsz. 053/30.
<http://euroaszfalt.hu/leanyvallalat/innoteszt-kft>

INNOVIA Kft.

H- 2541 Lábatlan
Dunapart 1605/2 hrsz.

IRONWELL ASPHALT TECHNOLOGIES

H 1065 Budapest
Révay köz 4.
<https://www.ironwell.com.tr>

ITERCHIMICA S.R.L.

Via G. Marconi, 21,
24040, Suisio (BG), Italy
<http://www.iterchimica.it/>

Mélyépző Labor Kft.

H-2142 Nagytarcsa
Csonka János u. 6.
<https://www.facebook.com/melyepitolabor/>

Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság

H-1024 Budapest
Fényes Elek u. 7-13.
<https://internet.kozut.hu/>

MAB Tarnóca Kőbánya Kft.

H- 2045 Törökbálint
Torbágy u. 20.
<http://www.tarnoca.hu/>

MKIF Magyar Koncessziós Infrastruktúra Fejlesztő Zrt.

H-2040 Budaörs,
Akron utca 2.
<https://mkif.hu>

Omya Hungária Mészkefeldolgozó Kft.

H-3300 Eger,
Lesrét utca 71.
<https://www.omya.com/>

OTYS Úttechnika Kft.

H-2660 Balassagyarmat
0101/21 hrsz.

Profi-Bagger Kft.

H - 2051 Biatorbágy
Tormásirét u. 6.
<https://profi-bagger.hu/>

Rec-Plus Kft.

H-3200 Gyöngyös
Felső-Újvárosi utca 2.
<http://www.recplus.hu/>

Rettenmaier Austria GmbH & Co.KG

A-1230 Wien
Rudolf-Waisenhorn-Gasse 18.
https://www.jrs.de/jrs_de/

Rodcont Kft.

H-1221 Budapest
Orsovai u. 10/a
<https://rodcont.hu>

STA Aszfalt-Tech Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

H - 1043 Budapest
Dugonics u. 11.
<http://www.sta.hu>

SRIPATH INNOVATIONS LTD / SRIPATH TECHNOLOGIES LLC

21 Ledbury Place
Croydon CR0 1ET
United Kingdom
<https://sripathinnovations.com>

TPA HU Kft.

H-1097 Budapest
Illatos út 8.
<http://www.tpaqi.com>

TLI Zrt.

H-2030 Érd,
Bikszádi utca 6.
<http://www.tli.hu>

ÚTLABOR Kft.

H- 9151 Abda
Bécsi út 15.

Wirtgen Budapest Kft.

H-2363 Felsőpakony
Erdőalja u. 1.
<https://www.wirtgen-group.com/budapest/hu/>



ASZFALT HUNGÁRIA KFT.

SZÉKHELYE: 2225 ÜLLŐ, BELTERÜLET, 3753 HRSZ
KÖZPONT: 1133, BUDAPEST PANNÓNIA UTCA 59-61.

ELÉRHETŐSÉG: TEL: 0036 29-522-200

TELEPHELYEINK:

5561 Békésszentandrás, Külterület hrsz 0247/11

4029 Debrecen, Mikepércsi út 0530/80 hrsz

2462 Martonvásár, 0152/1 hrsz

8800 Nagykánizsa, 0632 hrsz – mobil keverő *

7100 Szekszárd, Palánki út 41

2225 Üllő, Belterület 3753 hrsz

9442 Fertőendréd, külterület 0157/17. hrsz.

*A mobil keverő az ország egész területére öt napon belül eljuttatható.