

TARTALOM

FELELŐS KIADÓ:

Kenderesy János
(Magyar Közút Kht.)

FELELŐS SZERKESZTŐ:

Dr. habil. Koren Csaba

SZERKESZTŐK:

Dr. Gulyás András

Rétháti András

Schulek János

Schulz Margit

Dr. Tóth-Szabó Zsuzsanna

LEKTORI TESTÜLET:

Apáthy Endre

Dr. Boromisza Tibor

Csordás Mihály

Dr. habil. Farkas József

Dr. habil. Fi István

Dr. habil. Gáspár László

Hórvölgyi Lajos

Huszár János

Jaczó Győző

Dr. Keleti Imre

Dr. habil. Mecsi József

Molnár László Aurél

Pallay Tibor

Dr. Pallós Imre

Regős Szilveszter

Dr. Rósa Dezső

Dr. Schváb János

Dr. Szakos Pál

Dr. habil. Szalai Kálmán

Tombor Sándor

Dr. Tóth Ernő

Varga Csaba

Veress Tibor

2

Fleischer Tamás

Fenntartható fejlődés – fenntartható közlekedés

10

Dr. habil. Gáspár László

Félig merev útpálya-szerkezetek élettartama

16

Koch Edina

Töltésépítés a Zalavasúton

23

Pej Kálmán

Főútvonalak burkolat-megerősítésének tervezői tapasztalatai

31

Hajdú Sándor

Beton és aszfalt kopórétegek összehasonlító
zajvizsgálata

37

Dr. Eric E. Stannard – Dr. Jennaro B. Odoki – Prof.

Martin S. Snaith – Pierre Joubert – Jean-Francois Corté

A HDM-4 burkolatgazdálkodási program 2.0 verziója

Összefoglaló a főbb fejlesztésekről

41

Schulz Margit

Könyvismertetés

Gyukics Péter – Tóth Ernő: Hidak Magyarországon

Magyarország legszebb, legérdekesebb,

legfontosabb hídjai

A cikkekben szereplő megállapítások és adatok a szerzők véleményét és ismereteit fejezik ki, amely nem feltétlenül azonos a szerkesztők véleményével és ismereteivel.

KÖZÚTI ÉS MÉLYÉPÍTÉSI SZEMLE

Alapította a Közlekedéstudományi Egyesület.

A közlekedésépítési és mélyépítési szakterület mérnöki tudományos havi lapja.

Fenntartható fejlődés – fenntartható közlekedés¹

Fleischer Tamás²

Bevezetés

A Nemzeti Fejlesztési Hivatal megbízásából az ELTE Programirodája koordinálásával 2005 folyamán a Nemzeti Fejlesztési Terv kötelező háttéranyagaként készül a *fenntartható fejlesztés nemzeti stratégiája*. A dokumentumot húsz ágazati tanulmány alapozta meg, ezek egyike volt az e sorok szerzője által kidolgozott, a *fenntartható infrastruktúrával és közlekedéssel* foglalkozó szakanyag. Ez az ötven oldalas tanulmány – ahogy a többi szakágazati tanulmány, valamint az összefoglaló is – vitaanyagként elérhető és letölthető a <http://www.fenntarthatosag.hu/honlaprol>.

A fenntartható fejlődésről

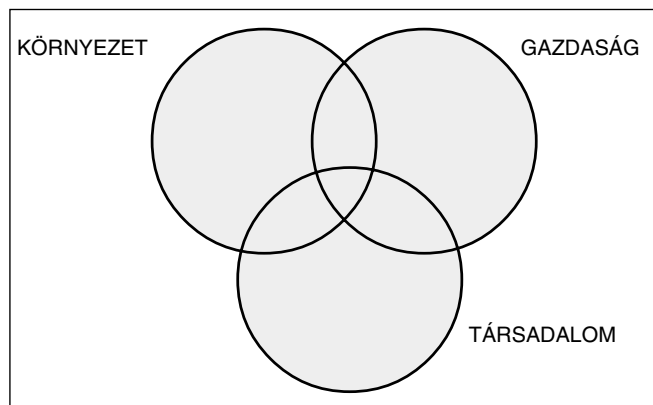
A fenntartható fejlődés definíciójaként leggyakrabban az ENSZ 1987-es Közös jövőnk (más néven *Brunntland*) jelentésének meghatározását szokták idézni: „A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné az eljövendő generációk lehetőségét arra, hogy ők is kielégíthessék a szükségleteiket”. A főmondatból kiragadható megállapítás (*olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit*) sajnálatos lehetőséget ad az egész megállapítás gyakori félremagyarázására, elfedve azt a tényt, hogy itt éppen a lehetséges fejlődés-értelmezések egy szűkítéséről, behatárolásáról van szó. A Bruntland definíció valójában a fenntarthatóság *időbeli* dimenzióját, az *intergenerációs szolidaritás* szükségességét húzza alá.

Más helyen³ felhívtuk a figyelmet arra, hogy amikor *hálózatokról* beszélünk, a fenntarthatóság *térbeli* dimenziója is megfogalmazandó, nevezetesen az *intra-generációs viszony*, – azaz az egyidejűleg élők közötti kötelezettség (ti. anélkül elégíteni ki a *helyben lévők* szükségleteit, hogy ez veszélyeztetné a *máshol élők* lehetőségét arra, hogy ők is kielégíthessék a szükségleteiket).

Környezet, társadalom, gazdaság

A fenntarthatósági kérdéskör másik leggyakoribb megközelítése a fenntarthatóság három pillérére irányítja rá a figyelmet. Az elterjedt metaforikus ábrázolásban három egymásba metsző kör jelöli a *környezetet*, a *társadalmat* és a *gazdaságot*, és a fenntarthatóságot a három kör közös része jelképezi (1. ábra).

Mindenképpen fel kell hívni a figyelmet arra, hogy ebben az esetben nem definícióról van szó, hanem azt megkerülve: a fenntarthatóság összetevőinek a

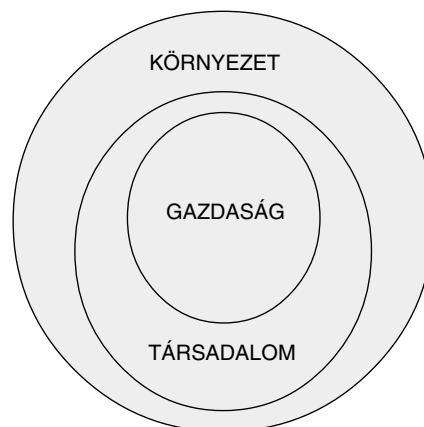


1. ábra: A fenntarthatóság pillérei

felsorolásáról – akkor is, ha ezt kiegészíti az a közlés, hogy a három pillér egyenlő fontosságú.

E hárompilléres megközelítésnek fontos szerepe van abban, hogy ráirányítja a figyelmet arra: léteznek a gazdaságon kívüli pillérek, melyek figyelembevétele nem mellőzhető; ennél több eligazítással azonban a továbbiakra ez a metafora nem szolgál. A *David Pearce* által használt ún. *gyenge fenntarthatósági* kritérium nem is támaszkodik többre, eszerint a természeti, az emberi, továbbá az ember által alkotott *tőke összegére* kell kimondani azt a feltételt, hogy az idő előrehaladtával ne csökkenjen. Valójában már azzal is kiemeljük az egyenlők közül a gazdaságot, ha a tőkék összegezését *pénzben* fejezzük ki; de ezen túlmenően is a gyakorlatban a gyenge fenntarthatóság alkalmazása mindig támaszul szolgál annak a helyzetnek az elfogadtatásához, hogy a környezet és a társadalom *egyelőre* kénytelen tőkevesztéssel hitelezni a „gazdaságilag nagyon előnyös” fejlesztések lebonyolítása érdekében.

Az értelmezésnek ezt a csapdáját kiküszöböli, ha a fenntarthatóság pilléreit nem egyszerűen felsoroljuk, hanem érvényre juttatjuk a köztük lévő *rendszerösszefüggéseket*. A lassabban változó, meghatározó rendszernek alrendszere a függőbb változásra képes összetevő: ezt fejezi az egyes köröket egymáson belül elrendező ábrázolás. (2. ábra)



2. ábra: Az elemek közötti összefüggések

¹ A cikk a Széchenyi István Egyetemen *Scharle Péter* egyetemi tanár köszöntése alkalmából rendezett tudományos ülésre készült előadás szerkesztett változata

² Tudományos főmunkatárs, MTA Világgazdasági Kutatóintézet; tfleisch@vki3.vki.hu

³ Ld.: Fleischer T. (2004)

Az ábrázolásnak megfelelően érvényesített rendszerösszefüggésen alapul *Herman Daly ún. erős fenntarthatósági kritériuma*: aminek az értelmében a *környezeti korlátokat önmagukban be kell tartani*. Ugyanakkor e feltételek betartását úgy kényszerülünk elérni, hogy közben nem közvetlenül a környezetre, hanem annak alrendszerre vagyunk csupán képesek hatni, nevezetesen a „gazdaság”, esetleg a „társadalom” folyamatait tudjuk közvetlenül befolyásolni. A hatások az alrendszereknek a külső kapcsolatain keresztül, közvetve érik el a környezet szintjét.

A rendszer fenntarthatóságának külső és belső feltételei

Azt, hogy a gazdasági és a társadalmi mozgások hol lehetnek hatással a környezetre – elvben legalább is –, könnyű behatárolni. A környezetet ugyanis nyilván azok a folyamatok befolyásolhatják, amelyek onnan erőforrásokat vesznek igénybe (*inputok*); vagy ellenkezőleg, megterhelik valamivel a környezetet (*outputok*). Az ilyen típusú áramlásokat természetesen nem lehet megszüntetni, de mértéküket olyan korlátok között kell tartani, hogy a környezetet ne érje visszafordíthatatlan változás. Ennek alapján a fenntarthatóságnak *két külső feltétele* állapítható meg: egyfelől a környezetből származó *inputok* igénybevételének a tempója *ne lépje túl az erőforrások regenerálódási ütemét*; másfelől a környezetbe kibocsátott *output ne haladja meg a természet felvevőképességét*. Ez Herman Daly két fenntarthatósági kritériuma. (Daly ehhez hozza még egy harmadikat, ami tulajdonképpen nem a fenntartható rendszerműködésnek a része, hanem a mai nem-fenntartható helyzetből a fenntartható állapotba vezető *átállásnak* tett engedmény: ti. a nem-megújuló erőforrások használatát nem állítja le [ahogy a szigorú fenntarthatóság tulajdonképpen megkívánná] hanem használatukat kifuttatja a megújulókkal való helyettesítésük fokozatos kialakulásának az üteme szerint.)

Tehát könnyű belátni, hogy mi a fenntarthatóság *külső* kritériuma. A következő kérdés, hogy milyennek kell lennie annak a *belső alrendszernek* (például annak a gazdaságnak, annak a közlekedésnek), amelyik képes a kritériumnak megfelelni. Az alrendszerre vonatkozó, ennek megfelelő követelményeket nevezhetjük a fenntarthatóság *belső* (rendszerműködési) feltételeinek. Ilyen feltételek, hogy az alrendszer érzékelje a peremfeltételeket, illetve annak megfelelően működjön; továbbá alakuljanak ki e működés *belső önszabályozó folyamatai* (azaz ne állandó beavatkozásokkal kelljen a fenntarthatóságot utólagosan biztosítani).

A fenntartható közlekedési rendszer belső feltételeinek megfelelő működésmód kialakítása *megújuló közlekedési szakértelem* igényel. Ebben az állításban hangsúlyozott nyomaték van a szakértelem mindkét jelzőjén. Egyfelől *közlekedési szakértelemre* van szükség, tehát elsősorban nem környezetvédelmi – limitekkel, kibocsátásokkal kalkuláló – megfontolásokra (mint a külső feltételek esetében), hanem a közlekedés mint rendszer működéséhez való hozzáértésre. Másfelől a *megújuló közlekedési szakértelem* köve-

telménye arra vonatkozik, hogy nem kizárólag a hagyományos, mérnöki értelemben vett technológiai és gazdasági ismeretekről van szó, hanem a területi, társadalmi, környezeti ismeretekkel harmonizáló átfogó megközelítésről.

A fenntartható közlekedés felé

A fenntarthatatlan közlekedés önerősítő folyamatai

Önmagában az a tény, hogy a közlekedési rendszernek (mint más ágazati rendszereknek is) rendelkeznie kell önerősítő, saját fennmaradását stabilizáló mechanizmusokkal, nem újdonság, a ma létező rendszereknek is vannak önerősítő folyamatai. A nagy különbség az, hogy a jelenlegi rendszereket *nem* a külső fenntarthatósági korlátok vezérlik, ezáltal ezek a mechanizmusok éppen a jelenlegi nem-fenntartható folyamatok védelmét, stabilizálódását segítik elő.

Ebből következően a fenntartható közlekedési rendszer kialakítását érintő feladat kettős: egyfelől elemezni kell a jelenlegi folyamatokat, és megbontani a mai *fenntarthatatlan működést* stabilizáló visszacsatolásokat (néha intézményi vagy tudati rögzültségeket); másfelől pedig ki kell építeni azokat a rendszerműködéseket, melyek képesek a *fenntartható működést* stabilizálni.

A meglévő rendszerműködés kötöttségeinek külön specialitása a közlekedés esetében a *kiépült infrastruktúra létesítmények* hosszú élettartama, és az a tény, hogy az élettartamot is meghaladóan hosszú időszakra terjed ki az a *strukturális meghatározottság*, amit a létesítmények létrehoznak. Arról van szó, hogy amikor egy száz éve épült városi közműhálózat vagy országos úthálózat egyes elemei fizikailag lecserélődnek, akkor is a korábban kialakított struktúrán belül kell az új elemeket működtetni, azaz a fokozatos toldozás következtében az új építkezések mindig tovább erősítik a korábban kialakított struktúrákat. A társadalomtudományokban *pálya-függésnek* (vagy út-függésnek, angolul *path-dependency*) nevezik ezt a kényszerhelyzetet, amikor is a rövid távú döntésekben mindig racionálisabbnak tűnik belül maradni a kialakult helyzetben, mint elkezdni azt alapjaiban megváltoztatni. A ritka kivételeket jelentik azok a helyzetek, amikor egy teljesen új hálózati réteg kiépítésével áldozatok nélkül alkalom nyílik új struktúra létrehozására. Ezért különleges felelősség napjainkban a gyorsforgalmi hálózat létrehozása, ahol lehetőség lett volna arra, hogy az új hálózat *ne* a száz évvel korábban kialakult főhálózat struktúráját örökítse tovább – a folyamatos döntések azonban rendre arról tanúskodnak, hogy a hazai szakmai gondolkodásban mindeddig nem sikerült meghaladni a pálya-függés korlátait.

A közlekedés esetében egy másik, ugyancsak az infrastruktúra sajátosságaira visszavezethető, a fenntarthatóság ellenében működő mechanizmus a nagyrendszerek bonyolultsága mögé bújó döntéshozatali rejtőzködés. A vasút példája a többi alágazatban is mintául szolgált a központi tervezésnek, az üzemi, technikai szempontok prioritásának és a „természetes monopólium” érinthetlenségének a kialakítására és megőrzé-

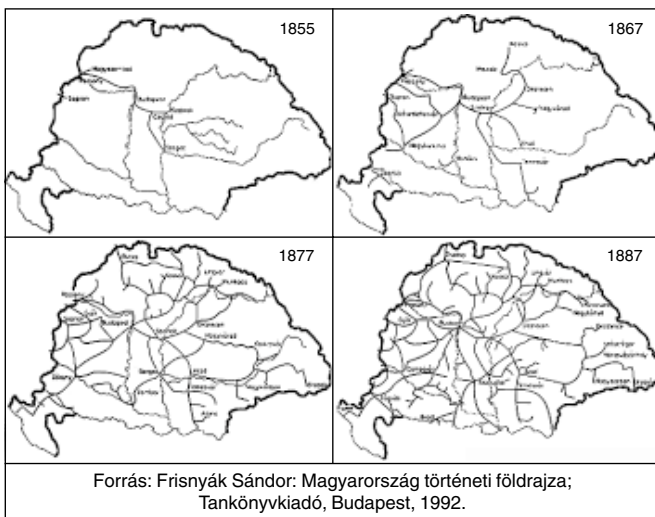
sére (Mom 2001). A mérnöki tradíció mindenhol nyitott maradt a „még gyorsabb, még erősebb, még speciálisabb” közlekedési megoldások keresése és megvalósítása irányában, (TVG, autópálya, tankhajó stb.), ugyanakkor nagyon nehéz annak a beláttatása, hogy gyökeresen más megoldásokat kell keresni, mert a jelzett irányban diadalmasan fejlődő technológiai újdonságok ellenére egyre jobban ellehetetlenül a közlekedés.

A „gyökeresen más megoldás” megvilágítására érdemes áttekinteni a közlekedés korábbi alakulásának fő korszakait.

A közlekedés jellemző korszakai

A közlekedés fejlődését eddig az jellemezte, hogy egy újabb technológia időről időre újabb domináns közlekedési módot alakított ki. (Oka 1995)

A *pre-indusztriális korszakot* a csatornák kiépülése jellemezte. A szárazföldi áruszállításnak a folyami vízi közlekedés (parti vontatás) volt a leghatékonyabb módja, a csatornák ezt a lehetőséget terjesztették ki olyan térségekre, ahol nem voltak folyók. Az *iparosítás időszaka* a vasút diadalmenetét hozta magával, a csatornáknál olcsóbb sínpárok néhány évtized alatt behálózták az országok területét (3. ábra)

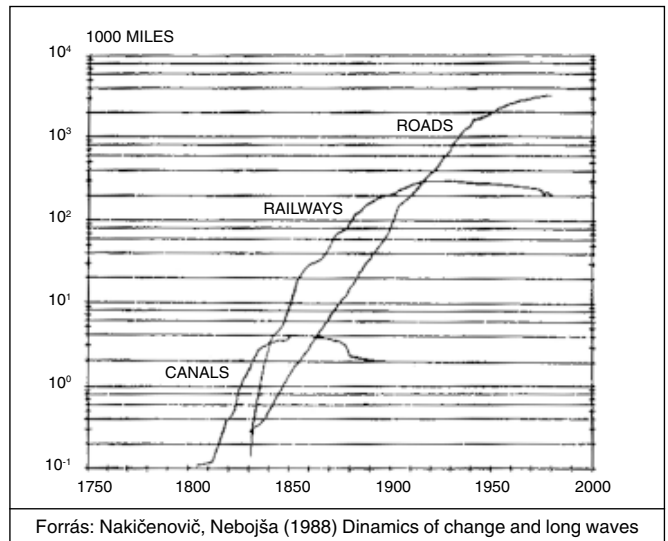


3. ábra: A vasúthálózat negyven év alatt behálózta az országot

A *modernizáció korszakát* a gépkocsi dominanciája fémjelzte. Az egyes közlekedési módok dominancia-váltását érzékelteti Nakičenič (1988) az Egyesült Államokban megépített közlekedési infrastruktúra (csatornák, vasutak, burkolt utak) hosszának alakulásán keresztül (4. ábra).

Még szemléletesebb az ábrázolás, ha azt tüntetjük föl, hogy az egyes közlekedési módok infrastruktúra hossza milyen részarányt képvisel adott időszakban az összes megépült közlekedési hálózaton belül. (5. ábra)

Amint az az 5. ábrán látható, Nakičenič előrebecslést is megkockáztat, így szerinte 2030 körül a légitranszport veszi át a domináns közlekedési mód szerepét. A repülés kétségtelenül kielégíti az eddigi technológiai trendeket, lévén a korábbiaknál még erősebb, még gyorsabb és még sűrűbb energiát felhasználó közlekedési mód.

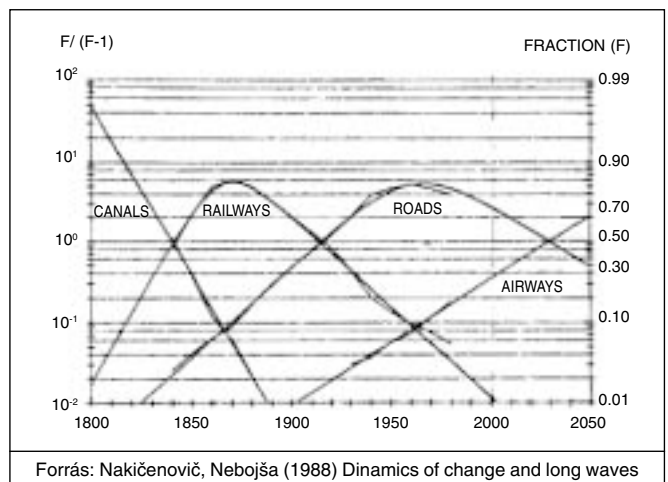


4. ábra: A közlekedési infrastruktúra hossza, USA, 1800–1980

De vajon valóban új domináns közlekedési módot kell-e keresnünk, amikor a jövő közlekedésére gondolunk? Mi következik a modernizáció korszaka után?

Ha azt, hogy pontosan mi következik, nem is tudhatjuk, de a korszak nevét igen: a modernizáció után kétségtelenül a *poszt-modern időszak* következik. Néhány jellemzője is kirajzolódni látszik ennek a korszaknak, és ezek közé tartozik az „everything goes” azaz a „mindennek tere van” megközelítés. (Gondoljunk a világzenére: Bachot és a patagón népzene fel lehet használni egy mai zeneműben.) A közlekedésre lefordítva ez azt jelenti, hogy nem új domináns közlekedési módot kell keresnünk, hanem éppen olyan időszak várható, amelyben *nincs domináns közlekedési alágazat*.

Ez a korszak az együttműködések, a stratégiai szövetségek, az integrációk ideje: amit a *közlekedésen belül* a különböző közlekedési módok együttműködése (azaz az *intermodalitás*), valamint a távolsági és a helyi közlekedés együttműködése, a térségi *közlekedési szövetségek* megjelenése és megerősödése kell jellemezzen. Másfelől az együttműködéseknek ki kell terjedniük a közlekedés jobb beágyazódásának az elő-



5. ábra: Az egyes közlekedési módok dominanciája, USA, 1800–2050

segítésére: így a *szakpolitikák integrációjára* (közlekedés és várospolitikai, közlekedés és területi politika integrációja stb.), a döntési folyamatok jobb *társadalmi beágyazására*, a felhasználói szempontok jobb érvényre jutására, a különböző értékelések térnyerésére a fejlesztésekbe stb.

✱

Szigorúan véve itt kellene megállni; ennyi az, amit a fenntarthatóság általános elveinek a végiggondolása, a közlekedés nagy korszakainak áttekintése és a kulturális paradigmaváltás figyelembevételére nyomán a fenntartható közlekedés jövőbeli irányairól össze lehet foglalni. E fő irányok megvitatása lehet az első feladat, majd az alaptendenciák elfogadása után lehetne továbblépni és *közlekedésben belüli célokra és feladatokra* bontani tovább az egyelőre elég általános elveket.

A fenntartható közlekedési elképzelések kialakításában mégis kénytelenek voltunk továbbmenni, elfogadottnak tekintve az iménti alapokat. A továbblépésben segítségünkre volt a fenntartható közlekedés kérdéskörével foglalkozó nemzetközi irodalomnak az áttekintése. Itt mellőzzük az irodalom és a nemzetközi tapasztalatok ismertetését, viszont utalunk azokra a közlekedéspolitikai stratégiai fókuszokra, amelyek az áttekintés tanulságai nyomán kibontakozni látszanak.

Irányelvek a közlekedéspolitikai kialakításához

A fenntartható közlekedés stratégia záró fejezetei egyfelől olyan közlekedési fókuszokat jelöltek meg, amelyek alkalmasak arra, hogy a közlekedéspolitikai *tartalmi céljaiként* jelenjenek meg, másfelől olyan *integrációs formákat* nevesítettek, amelyek a célok eléréséhez szükséges intézményrendszer kialakítását befolyásolják és elősegítik a végrehajtás hatékony mechanizmusainak a kiépülését.

A stratégiai fókuszok kijelölése a közlekedésben

Kiindulva a fenntarthatóság alapelveiből, a fenntartható közlekedésre vonatkozó szakirodalmi áttekintésből, a tanulságokat a hazai városi és a helyközi közlekedés programjaival és tapasztalataival ütköztetve a következő fő megfontolásokat emeltük ki.

A fenntarthatóság szigorú érvényesítéséhez a nemzetközi eljárások között leginkább ígéretesnek talált *EST (2000)* forgatókönyv hazai végigszámolására lenne szükség: a 2030-ra érvényes országos kibocsátási limiteket átvéve, a mai értékekkel összevetve, majd az adott limitértékek eléréséhez alternatív eljárásokat munkálva ki. Ennek számszerű kidolgozására nem volt módunk, így egy ennél puhább stratégia különböző kulcstényezőket emelhetett ki a kívánatos irányú változások beindítására.

Ez párhuzamosan javasolja alkalmazni a *keresleti megfontolásból* eredő (a)–(h) elemeket. Megjegyzendő, hogy számos áttekintett példával ellentétben a *technológiát* nem tekintjük külön eljárási kategóriának, valamennyi felsorolt elem igényli a korszerű technológia felhasználását.

(a) A közlekedés mennyiségének visszafogására irányuló lépések

Az elmúlt évtizedekben számos tevékenység egyoldalú racionalizálása hátrította át a terheket a közlekedésre: közigazgatás, oktatás, szolgáltatások, egészségügy, kereskedelem. A közlekedés tényleges ráfordításaival való kalkuláció esetén az ilyen irányú elmozdulások egy része irracionálisnak bizonyul. A megoldások mérlegelését segíti a szoros integráció a terület- és településpolitikával, nevezetesen a településen belül vegyesfunkciójú szomszédsági egységek kialakítása, ezáltal a célpontok egy része *közelségének* a megteremtése. Ez nem csak várostervezési kérdés, együtt kell járnia ugyanebbe az irányba ösztönző tarifális eszközök bevezetésével, a *közlekedési költségek megfizetésével* is. Ide sorolható a kommunikációval helyettesíthető közlekedés, így az e-közigazgatás, a távmunka (bár ebben a vonatkozásban nem várunk csodákat, mert a megtakarított időben a helyükbe lépnek más elfoglaltságok, amelyek ugyancsak közlekedéssel járhatnak).

(b) A motorizált közlekedés csökkentésére irányuló lépések

Az előbbi pont alosajta, hiszen tulajdonképpen ide sorolható a városban belüli *közelség* is, gyalogos távolságon belülre kerülő célpontjaival (napi bevásárlás, szórakozás, sport helyi lehetőségei). Technikai, ha úgy tetszik infrastruktúrális háttérhez tartozik a gyalogosbarát közterületek kialakítása, csillapított forgalmú övezetekkel, amelyek egyben kerékpáros közlekedésre is alkalmasak, forgalomtechnikai kialakításuk pedig nemkívánatosá teszi az átmenő forgalomnak e zónákat. Egyes javaslatok a parkoló kocsikat távolabb helyeznék a lakásoktól, mint a legközelebbi közforgalmú közlekedési megálló, ezzel csökkentve az önkéntelen kihívást a mindennapi gépkocsihasználatra. Az átfogó alapelv: a több útfelület több autós forgalmat generál, a több barátságos közterület viszont előhívja a gyalogosokat.

(c) A közlekedés térbeli megosztásának változtatása

Nem lehet minden célpontot gyalogos távolságon belülre hozni, de ekkor is fontos szerepe van a *közelségnek*. Városban a kerületen belüli, illetve a kistérségen belüli funkcionális diverzitás segíti, hogy sűrű helyi kapcsolatrendszerek alakuljanak ki, viszonylag csökkenjen a nagyobb távolságot igénylő utazások, illetve szállítások mennyisége. A helyi kapcsolatok mennyisége arányában megnő a helyi közlekedési kapcsolatok fontossága és csökken a távolságiaké. Ennek megfelelően megnő a töbrétege közlekedési hálózat egészében is a helyi utazásokat ellátó elemek fontossága. Mindez szoros kapcsolatban van a fenntarthatóság nem-közlekedési szempontjaival, a mai nagyobb mértékben közeli alapanyagokra, helyi termelésre támaszkodó fogyasztási mintákkal. A közlekedés és a területpolitika összefüggésében kell megemlíteni a hálózatok *mintázatának* a felelősségét a tér kiegyenlített kiszolgálásában: mind a centralizált,

hierarchikus hálózatok, mind pedig a távolsági elemek fontosságát a többi elem rovására kiemelő hálózatok (nagysebességű vasút, interregionális folyosók arányos helyi szintű hálózatok nélkül) térben koncentrálnak a tevékenységeket, és hozzájárulnak más, közvetlenül nem érintett térségek leépüléséhez. Az alulról építkező, rácsos szerkezetű és többrétegű integrált hálózatok képesek a térbeli kiegyenlítés feladatának megfelelni.

(d) A közlekedés időbeli lefolyásának a változtatása

A gépkocsival megtett távolság arányában való fizetés alapelvét (mivel a mai információtechnológia mellett semmiféle problémát nem jelent) tovább lehet fejleszteni, és differenciálni lehet a tarifát térben és időben. Ezzel a csúcsforgalmi mozgások egy része más időszakot választ, más része más eszközt. Ide sorolhatók olyan, már működő hatósági eszközök is, mint a kamionforgalom időszakos tilalma vagy az egy-egy napra érvényes forgalomkorlátozások.

(e) A közlekedés összetételére való hatás

Ezt célozza a különböző környezetkímélő közlekedési lehetőségek elősegítése. A kiindulás az *externális költségek* érvényre juttatása a tarifákban. A cél a *teherforgalomban* a légi- és a közúti forgalom helyett a vasúti és a vízi közlekedésre való ösztönzés. Ennek mindenképpen kívánatos módja lenne, ha a közúti *kamionok megengedett terhelése lecsökkenne* olyan mértékre, hogy a szállítás tényleges infrastruktúra rongáló hatását még meg tudja fizetni a szállítató. (Id., működés és infrastruktúra közötti visszacsatolás). Másfelől a vasút részéről eddig nagyon keveset tettek a *korszerű technológia alkalmazására*, illetve a pontosság, a biztonság, a megbízhatóság növelésére. E három tényező és a közlekedési alágazatok közös rendszerben kezelése vezethet oda, hogy a fuvarszervezők számára piaci alapon is megmutatkozzon a környezetkímélő közlekedési módok előnye.

A kérdéskör másik csomagja a *személyközlekedés*. A közforgalmú közlekedés kapcsán mindenképpen említést kell tenni az *előnyben részesítés* (jogi, infrastrukturális, szervezési stb.) kérdéseiről, kiemelve a felszíni védett pályás gyorsvillamos és gyorsbusz növekvő karrierjét, metrót helyettesíteni képes kapacitását. A *hosszú vonalak* kialakítása, a megállóhelyek rendezése, egyszerű és kis távolságon elérhető *átszállási lehetőség* kialakítása, a különböző technikai eszközök közös rendszerbe szervezése (*közlekedési szövetség*), a kulturált, nem szükségképpen olcsó, de jó minőségű rendszer az, amely képes lehet a ma autójukat használókat átvonzani a közösségi közlekedéshez. Fontos tényező a közforgalmú közlekedéssel elfogadható időbeli sűrűséggel lefedett térségek kiterjesztése mind városokban, mind kistérségekben, amire megint egy technológiai lehetőség, az igény szerint hívható kisbusz nyújt lehetőséget. Mindezek az eszközök, de még a taxi is részévé tehető a térségi közlekedési szövetségnek.

(f) A közlekedés szennyezés-kibocsátása, forrásfelhasználása

Látszólag a környezetigénybevétel (anyag- és energiahasználat) és a kibocsátások csökkentésére irányuló közvetlen beavatkozások hozhatók leginkább egyenes összefüggésbe a külső környezeti korlátok betartásának a kötelezettségével. A tapasztalatok szerint azonban a forgalom növekedése mindeddig a legtöbb összetevőre vonatkozóan meghaladta a műszaki és gazdasági intézkedésekkel elért fajlagos javítások hatását, ezért az összes üzemanyagfelhasználás, illetve kibocsátás egyelőre globálisan nő. Mindez azonban egyáltalán nem teszi feleslegessé az erre vonatkozó erőfeszítéseket, csak azt jelzi, hogy önmagában a közvetlen környezetvédelmi beavatkozások nem elegendők a fenntartható közlekedés elérésére, azaz indokolt, hogy ezzel egyidejűleg a többi itt tárgyalt lépés is napirenden maradjon. Ugyancsak problémát jelent, hogy a területfoglalást legtöbbször nem tekintik (a levegőszennyezés, a globális klíma kérdések, a zajkibocsátás, a talaj- és vízszennyezés, az élővilág veszélyeztetése mellett) ide tartozónak, márpedig ilyen értelmezésben akár egy (elméletileg nem lehetséges) 0-kibocsátású, 0-fogyasztású, 0-költségű jármű esetén is fennmaradna, sőt elviselhetetlenné válna a helyfoglalás problémája.

Egyébként maga a helyfoglalás több rétegű zavarás: első szinten ide tartozik az utak, vágánymezők és csatlakozó létesítményeik, illetve a járművek által elfoglalt terület. Második szinten ez kiegészül a létesítmények által zárványokká tett, elszennyezett, más használatra alkalmatlanná tett területekkel. A harmadik szinten jelentkezik a közlekedés hatásaként bekövetkező átrendeződés a területek értékében, ez utóbbit a másik oldalról, a területfelhasználás tervezése kapcsán már említettük: (kiüríti-e a közlekedéshálózat a mögöttes teret és koncentrálna-e a tevékenységeket, vagy képes hozzájárulni a tér egészének a kiegyensúlyozott fenntartásához.)

A többi környezeti forrásra és hatásra vonatkozó irodalom igen kiterjedt, és egy jelentős része tartozik a közlekedés kínálati oldalán érzékelt problémákat szemléletváltás elkerülésével megoldani kívánó, ezáltal a jelenlegi struktúrák megerősítését szolgáló csoportba. Ezek a megközelítések nem felelnek meg a fenntarthatóság hosszú távú szempontjainak, ugyanakkor ez nem ok arra, hogy az erről az oldalról felbukkanó technikai újdonságokat (üzemanyag, katalizátor, a helyi passzív védelem különböző formái) elvessük vagy ne alkalmazzuk. Amit világosan kell látnunk, az az, hogy a kínálati szempontú beavatkozások nem megoldják az alapvető problémákat, hanem elodázzák, illetve térben máshova helyezik át azokat.

(g) A közlekedés társadalmi beágyazódását segítő lépések

A keresleti oldali szempontok felé fordulás természetesen nemcsak azt jelenti, hogy a közlekedési szolgáltatást igénybevevők *érdekében* kell a kérdéseket átgondolni, hanem azt is, hogy *velük együtt* kell meg-

találni a megoldásokat. A folyamatot nehezíti, hogy a kínálat-orientált szemléletet jellemző hibás és önmagukat erősítő körfolyamatok nemcsak a döntéshozatali és üzemeltetői struktúrákba épültek be, hanem azok részei a kialakult társadalmi elvárások is (mikor oldják már meg, hogy rendszeresen tudjak az autóval közlekedni, mindenhol parkolni stb.). A legnehezebb kérdések közé tartozik annak a társadalmi tudatosítása, hogy a fenntartható városi közlekedésnek mi magunk is ellene dolgozunk a cselekedeteinkkel. Ugyanakkor azt is világosan kell látni, hogy a mai helyzetben, amikor gyorsabban és sok esetben olcsóbban lehet autóval közlekedni, mint közforgalmú közlekedéssel, logikusan döntenek azok, akik még mindig az autót választják. Nem ezt a logikát kell megkérdőjelezni, és *nem lemondásra* kell sarkallni a lakosságot, hanem tudatos résztvevőjévé tenni annak a folyamatnak, amelyben kialakítható, hogy egybeessen a közlekedők egyéni érdeke és közérdeke.

(h) A meglévő létesítmények megbecsülése, kis kiegészítések, felújítások

Az erőforrásokkal való takarékoság része az is, hogy használjuk és kihasználjuk, továbbá megfelelő állapotban fenntartsuk a meglévő létesítményeket. Nem szabad elfelejteni, hogy a közlekedés működése döntően korábban megépített létesítmények és eszközök használatán alapszik, és az új fejlesztések mindössze néhány százalékban hatnak a körülményekre. A fejlesztések iránti eufóriának van egy közvetlen kiszorító hatása (nem jutnak pénzbeli források a meglévő létesítmények állagmegóvására, felújítására) és gyakran ez kiegészül egy közvetlen romboló törekvéssel (az új létesítmények szükségességét kevésbé lehet igazolni, ha a meglévő rendszerben meg lehet oldani a problémákat).

Ide sorolható a hetvenes évek elején a fővárosban a metró vonalak átadásakor a felszíni tömegközlekedési hálózat szétverése, az akkori szemlélettel valamennyire összhangban (a hosszú vonalak megszüntetése, kényszerkapcsolatok és többlet átszállások a metró feltöltésére, a felszabaduló felszíni sávok megnyitása a gépkocsiforgalomnak stb.). Ennél előbb probléma, hogy ma is számos ésszerű és a fenntartható közlekedésre irányuló lépést hasonló okokból altatnak (pl. az 1-es villamos meghosszabbítása Budára, a budai rakparti villamos meghosszabbítása Lágymányos Egyetemvárosig), nevezetesen demonstrálandó bizonyos tervezett nagyberuházások alternatíva nélküliségét. Országos összefüggésben ide sorolható az olyan elkerülő utak meg-nem-építése, amelyek a helyi körülményeket régóta jelentősen javíthatták volna, de csökkentették volna egy-egy (egyébként a fenntartható közlekedés szempontjából az adott helyen éppen nem támogatható) autópálya megépítésének a látását (Pilisvörösvár, a Balaton déli parti települései).

A különböző integrációk szerepe a keresleti megfontolások érvényre juttatásában

A ma döntően a közlekedés kínálati oldalát érvényesítő szempontokat (a működtető vállalatok gazdasági

szabályozása, saját műszaki szempontjai, technológiai törekvések, az adottnak tekintett igények kielégítése, a minderre épülő intézményrendszer, a műszaki rendszereik miatt elkülönült alágazatok) integrálni kell, és ezen belül *alá kell rendelni a keresleti oldal szempontjait érvényre juttatni képes intézményrendszernek, szabályozásnak, megfontolásoknak.*

A váltás véghezviteléhez egyrészt meg kell szakítani azokat a visszacsatolási köröket, amelyek fenntartják az elkerülendő folyamatokat, másrészt létre kell hozni olyan visszacsatolásokat, amelyek képesek fenntartani a kívánatosnak ítélt folyamatokat.

Az egyoldalú kínálati szempontú beavatkozások helyett a keresletet befolyásoló döntéshozatal segítségére *különböző integrációk szükségessége emelhető ki*, amelyek minden esetben új visszacsatolási köröket hoznak létre a jelenlegi *együtműködési és visszajelzési deficit*ek pótlására. Ilyen integrációs igények jelentkeznek (1) a közlekedés szakpolitikái-tervezési szintjén, (2) térségi szintjén, (3) a működés alágazati, technológiai szintjén, (4) a finanszírozás szintjén, (5) a döntéshozatal társadalmi kapcsolatai szintjén és (6) az értékelés-visszajelzés szintjén. (Az egyes alpontok végén zárójelben jelezzük a közlekedési-infrastrukturális problémakörön túlmutató, általánosabb megfogalmazás lehetőségét.)

(1) *Az integrált területi politika (várospolitika) és közlekedéspolitikai szükségessége.* Ez az integráció érvényre juttatja a célpontok világának a szempontjait (lakóhely, termelés, kapcsolatigény, életstílus, rekreáció, intézmények), és ezen keresztül világossá teszi, hogy a közlekedésnek e komplex életvilág prioritásaihoz kell illeszkednie. A váltáshoz át kell értékelní a mai közlekedési terveket, amelyek között mind országos szinten, mind települési szinten számos olyan van, amely hagyományos közlekedési prioritásokhoz tapad. – Utaltunk rá, hogy ennek a területpolitikának része kell legyen a közlekedés költségeinek megfizettetése is. (Az itt leírt szempont a közlekedésre koncentrálásnál általánosabban is megfogalmazható, mint az *ágazatközi és diszciplinaközi integráció szükségessége*, az egyes szakpolitikák szektorális elkülönülésének oldása.)

(2) *A helyi (mikroszintű) és a távolsági (makroszintű) kialakítás integrációja.* Ez az integráció világossá teszi, hogy konzisztens térségi struktúrát kell kiszolgálni, ahol nem engedhető meg a folytonosság megszűnése, a helyi struktúrák mellőzése. Közlekedésre vonatkoztatva ki kell emelni egyfelől a településhatár relativizálódását, továbbá a város és városkörnyék egy rendszerben kezelésének a szükségességét, másfelől azt a tényt, hogy a nagy tengelyek, folyosók a *térségek* szempontjából csak akkor jelentenek kapcsolatokat, ha megvan a közvetítő kapcsolat a két szint között. Ennek hiányában az eredetileg kifejezetten *nem közvetlen kiszolgálásra* szolgáló folyosók mellé kezdenek települni a termelőegységek, funkcionálisan elkülönülve a mögöttes tértől, hozzájárulva azok kiürü-

léséhez, funkcióvesztéséhez, másfelől létrehozva ugyancsak monofunkcionális sávos ipari-szolgáltatási sávokat. Az integrációval azt kell elérni, hogy *ne* a gyorsközlekedési sávok rendezzék maguk köré a számukra kívánatos funkciókat, hanem a tér összessége legyen kiszolgálva közlekedéssel, ahol *a távolsági elemek feladata a komplex térségek összekapcsolása*. (Természetesen a térbeli integráció hiánya nem szűkíthető le közlekedéshálózati kérdésekre, a jelenség összefügg azzal az általánosabb kooperációs deficittel, ami a *szomszédos vagy agglomerációs területeken és a határon átnyúló együttműködésben* igényel javulást.)

- (3) *Az egyes közlekedési módok integrációjának szükségessége* (intermodalitás, közlekedési szövetség). Ez az integráció egyértelműen el kíván távolodni a műszaki rendszerek sajátosságai alapján kialakult alágazatok (és az alágazati szempontok dominanciáját érvényre juttató vállalatok) érdekelt-ségétől, ami különböző *kínálati* kategóriákat értékel fel – helyette az integráció a keresleti oldal által igényelt szolgáltatások komplex kielégítését szorgalmazza. Személyközlekedésben a hazai példa (BKSZ) jól mutatja, hogy az üzemeltető vállalati érdekek dominanciája már a szövetség létrehozását is képes hosszú időre lehetetlenné tenni. Ugyanakkor fel kell hívni a figyelmet arra, hogy az intermodalitás önmagában csak lehetőség, de nem biztosíték a kínálati szemponttól való elszakadásra. Áruszállításban az intermodalitás képviselőiben megjelenő *logisztikai központok* továbbra is *hardvert*, technikai szempontokat és döntően közlekedési kínálati szempontú érdekeket képviselnek, hiszen elsősorban a közlekedési létesítményekre települve azok nyúlványát, a speciális funkciókat jelenítik meg, és csak kevésbé a mögöttes térség és az ott élők érdekeit (bár a támogatások igénylésekor ez a hivatkozási alap). Közlekedési szövetségek esetében is van olyan törekvés, amelyik a szövetségen a közlekedési vállalatok megállapodását szeretné érteni – ezzel szemben lényeges, hogy rajtuk kívül a megrendelők (állam, önkormányzatok) és az utasok (vállalatok, utasszervezetek) képviselői hasonló rangú részvevői legyenek a közlekedési szövetség irányító testületének. Idővel a jól kialakított közlekedési szövetség testülete nemcsak a közületi személyszállítás, hanem az adott térség más közlekedési kérdéseinek is az irányítójává válhat, tulajdonképpen a térség „közlekedéspolitikájának” a megalkotójává.
- (4) *Az infrastruktúra finanszírozás és a működés megfizetésének (pricing) az összekapcsolása* (a keresleti szempontok hassenak vissza az infrastrukturális beruházások alakítására). Nemcsak a közlekedés kínálati érdekei, hanem a *közlekedés-építés kínálati érdekei* is hajlamosak „elszállni”, elrugaszkodni a tényleges igényektől. Amikor egy nagyberuházás – nagysebességű vasút, autópá-

lya, metró, repülőteret kiszolgáló gyorsvasút stb. – szóbajön, az építésben érdekeltek mindig a közpénzekkel rendelkező kormányokat, önkormányzatokat igyekeznek meggyőzni a létesítmény fontosságáról, jelentős arányban sikerrel. A beruházások tényleges szükségességét a tényleges kereslet méri, de ha az ezzel kapcsolatos kockázatokat sikerül a megrendelőre hátrítani, akkor a beruházónak semmilyen mérlegelési érdeke nem marad: a megépítésért fog harcolni, és ennek érdekében mindenféle ellenőrizhetetlen, de politikailag kedvező, rajta számon nem kérhető szempontot fel fog hozni – munkaalkalom teremtése, gazdasági prosperitás, térségi fellendülés. Az elszabadult infrastruktúrák szárnyalása nem csak hazai jelenség, a TEN EU prioritási projektjeibe bejuttatott tervezetek ugyanígy működnek, a nagyszámú nemzetközi címke (TINA, TEN, páneurópai folyosó, AGC, AGTC, TEM) néha nem is jó másra, mint a nemzeti kormányokkal elfogadtatni az adott infrastruktúra fontosságát. Régióközi folyosók nagytérségi összehangolására természetesen szükség van, de főleg azért, hogy *ha majd épülnek* az adott folyosó szakaszok, akkor megfelelő helyen épüljenek. Ha a kiépítés elszakad a helyi prioritások logikájától, akkor valójában a sürgősebb helyi létesítmények *helyett* épül a nemzetközi elem. (Itt is megfogalmazható a közlekedési fejezetben túlmutató, általánosabb összefüggésként az *öncélűvé váló projektek problémája*, ahol az integrált megoldást a projektek kimenetelének visszacsatolása jelentheti az eredeti célokhoz.)

- (5) *A döntéshozatali folyamatok társadalmi integrációja*, civilek és lakosok részvétele. A közlekedés keresleti oldalán megjelenő tényleges szempontok nem juthatnak valódi képviselőhöz addig, amíg az érdemi döntések kialakításában alágazati-nagyvállalati érdekek dominálnak. A (3) alpont kapcsán utaltunk rá, hogy az intermodalitás, a közlekedési szövetségek kialakítása elakad vagy torz irányt vesz, ha nem érvényesülnek kellő súllyal a döntésekben az átrendeződés valódi célját jelentő felhasználói szempontok. Ugyanez igaz nem csupán a helyi-térségi, de az országos és az európai léptékű közlekedéspolitikai döntésekre is. (Illetve értelemszerűen más területek döntéshozatalában való társadalmi részvételére is.)
- (6) *Az értékelés integrációja a tervezési és fejlesztési tevékenységbe*, a megvalósulás figyelemmel kísérésére vonatkozó visszacsatolások intézményesülése. Ezzel kapcsolatos fontos intézményi változás, aminek a létrehozását sürgősnek tartjuk, a *fenntarthatósági vizsgálatok (sustainability assessment)* bevezetése. Ez a vizsgálati módszer a stratégiai környezeti vizsgálatok módszeréből kezd önállósulni. A különböző *ágazatpolitikák* értékelése esetében olyan összetett kérdésekről van szó, ahol nem célszerű kategorikusan elhatárolni egymástól a környezeti, a szociális és a gazdasági szempontok teljesülésének a vizsgá-

A stratégiák és integrációk közötti kapcsolati mátrix

Stratégia	Integráció	(1) szakpolitikai	(2) területi	(3) modális	(4) finanszírozási	(5) társadalmi	(6) értékelési
(a) mennyiségi visszafogás		++	+	+	++	+	
(b) motorizált közlekedés csökkentése		++	+	+	++	+	
(c) térbeli változtatás		+	++	+	++	+	+
(d) időbeli változtatás					++	+	+
(e) összetétel (modal split)		+	+	++	++	+	+
(f) kibocsátás-forrásfelhasználás			+				+
(g) társadalmi beágyazódás						++	+
(h) meglévő létesítmények fenntartása		+	+		++	+	+

latát, hanem azok kölcsönhatását is figyelembe kell venni. E szempontok összefüggésének a boncolgatásához pontosan ugyanazokat a lehetséges megközelítéseket kell végiggondolnunk, mint a fenntarthatóság kapcsán; nevezetesen, hogy egymás mellé vagy rendszerben egymásba ágyazottan képzeljük-e el a *környezeti, a szociális és a gazdasági dimenziókat* stb. Azaz tulajdonképpen fenntarthatósági értékelésről van szó. (Itt az egész kérdéskör túlmutat a közlekedési ágazati megközelítésen.)

★

Az 1. táblázatban összefoglaltuk, hogy a *stratégiai fókuszok* elérésében megítélésünk szerint milyen mértékben képesek segítséget nyújtani a megjelölt *integrációk erősítésére vonatkozó programok*. (++ erős pozitív kapcsolat, + pozitív kapcsolat).

Hogyan tovább?

Elsőként javasolt lépés a fenntarthatósági célok, következtetéseknek az általános szintű megvitatása, pontosítása. A pontosított célok alapján áttekintendők és megszürendők a jelenlegi közlekedéspolitika (Magyar Közlekedéspolitika 2004) meglehetősen eklektikus célkitűzései [Az eklektikus jelző itt annak a diplomatikus kifejezése, hogy az érvényben lévő közlekedéspolitika célrendszere önmagában is inkonzisztens. (Szlávik-Kósi 2004)]

A fenntartható közlekedés stratégiai fókuszai egy konzisztens keretet kell nyújtsanak a közlekedéspolitika szakmai céljainak a meghatározásához. E keretek között minél előbb el kellene kezdeni a (fenntartható) közlekedéspolitika kidolgozását.

Irodalom

- Bruntland jelentés (1987) Our Common Future UN World Commission on Environment and Development. Oxford / New York: Daly, Herman E (1991) Steady State Economics. Island Press, Washington DC.
- Daly, Herman (1990) Toward some operational principles for sustainable development. *Ecological Economics*, Vol. 2. No 1. pp. 1–6.
- EST (2000) Environmentally Sustainable Transport. Synthesis Report of the OECD Project presented on occasion of the international EST Conference Vienna 4–6 Octobre 2000. 50 p. OECD Paris
- Fleischer T. (2004) Kistérségi fejlődés, közlekedés, fenntarthatóság. *Közlekedéstudományi Szemle*, 54. évf. 7. sz. pp. 242–252.; http://www.kte.mtesz.hu/061kozl_szemle/binx/07_2004.pdf
- Magyar Közlekedéspolitika (2004); Magyar Közlekedéspolitika 2003–2015. Magyar Köztársaság. Elfogadva a Magyar Országgyűlés 19/2004. (III. 26.) OGY határozatával
- Mom, G. (2001) Networks, Systems and the European Automobile. A Plea for a Mobility History Programme. Review essay for the first AMES Workshop, Scenario 1: European Infrasystem Torino, 2–4 November 2001.
- Nakičenič, N. (1988) Dynamics of change and long waves. International Institute for Applied Systems Analysis IIASA WP-88-074 June 1988 Laxenburg
- Oka, N. (1995) The New Shape of Stations. *Japan Railway & Transport Review* December 1995 pp. 2–5.
- Pearce, D V – Warford J J (1993) World Without End: Economics, Environment and Sustainable Development. IBRD Washington DC.
- Szlávik J., Kósi K. (témafelelősök). (2004) Környezetvédelmi hatásvizsgálati módszertan és alkalmazás a közlekedéspolitikai intézkedési tervhez. XI-I/767/2003 sz. tanulmány. BMGE Környezetgazdaságtan Tanszék

Summary

Tamás Fleischer: Sustainable development – sustainable transport

The Hungarian National Strategy of Sustainable Development is under preparation. This document is based on one of the 20 different sectoral studies. The paper is a short version of the study on sustainable transport. As for proposed strategies, the paper emphasises measures on the transport demand side, rather than the conventional supply side measures. Furthermore, eight dimensions of integration is recommended.

Félig merev útpálya-szerkezetek élettartama

Dr. habil. Gáspár László¹

1. Bevezetés

Az elmúlt száz év világszerte jellegzetes pályaszerkezet-típusai a hajlékony és a merev változatok. A hajlékony pályaszerkezetet az jellemzi, hogy egy vagy több aszfaltréteg alatt kötőanyag nélküli vagy termoplasztikus kötőanyagú alaprétegek vannak. A merev szerkezetek jellemzően betonburkolatúak, alattuk kötőanyag nélküli vagy valamilyen kötőanyaggal készült ágyazattal.

Mindkét pályaszerkezet-típusnak számos előnye van, ugyanakkor meglevő hátrányaik alkalmazásuknak korlátot szabnak. Ezért alakították ki az elmúlt évtizedek során a félig merev útpálya-szerkezetek technológiáját, amellyel a két hagyományos pályaszerkezet-típus előnyeit (az aszfaltok verzatilitását, könnyen javíthatóságát és a betonok nagy mértékű merevségét) kombinálni kívánták. Ezt a célt nagyrészt elérték ugyan, de újabb problémák (pl. az aszfaltrétegeken át reflexiók repedések megjelenése) jelentkeztek. Ez is az oka annak, hogy Európa országai készítenek ugyan félig merev pályaszerkezeteket, de általában nem nagy arányban. A következőkben e szerkezet típus élettartamával foglalkozunk.

2. Az útpálya-szerkezetek élettartama

Az elmúlt időszakban az útügy egyik legfontosabb kérdésévé vált az épített burkolatok, sőt az egész pályaszerkezet minél hosszabb élettartamának elérése. Ezt már a pályaszerkezet-tervezéskor, az alapanyagok megválasztásakor, a földmű és az egyes pályaszerkezeti rétegek építéstechnológiájának a kidolgozása során, a kivitelezés során, az azzal kapcsolatos minőségellenőrzéskor, majd az út üzemeltetése és fenntartása alkalmával egyaránt szem előtt tartják. A nagyobb költségben jelentkező többletek (jobb minőségű, rendszerint drágább építőanyag választása; korszerű, magas technológiai színvonalú berendezések stb.) mellett a magas képzettségű, lelkiismeretes és gondos emberi tevékenység legalább ilyen mértékig hozzá tud járulni ahhoz, hogy a szóban forgó útpálya-szerkezet ne szenvedjen váratlanul gyors leromlást, illetve az elvárt élettartamot elérje. Az útburkolatokkal kapcsolatos döntések komplex optimalizálására szolgáló korszerű számítógépes rendszerek, a PMS-ek – így a hazai hálózati szintű PMS-ek is [1–5] – a burkolat-élettartam kérdését kiemelten kezelik.

Egyértelmű különbséget kell tenni a burkolat (kopóréteg) és a teljes pályaszerkezet élettartama között. Nyilvánvaló, ha új felületi bevonat vagy vékony aszfaltréteg kerül a régi kopórétegre, akkor annak élet-

tartamának vége van. De a teljes pályaszerkezet attól még tovább üzemeltethető, annak legfeljebb egy ciklusideje fejeződött be.

3. A hosszú élettartamú félig merev pályaszerkezetek

2001-ben alakult meg az ELLPAG (European Long Life Pavement Group – európai hosszú élettartamú burkolatokkal foglalkozó munkacsoport), amely a résztvevő országokban a tárgykörben összegyűlt ismereteket kívánta rendszerezni. Törekedett az ez irányú ismeretek elmélyítésére, az építési és a fenntartási források hatékonyabb felhasználása érdekében. Emellett az útügyi szervezetek segítésére vállalkozott, hogy hosszú élettartamú pályaszerkezet-változatokat tervezzenek. Az eredményeket a transzeurópai úthálózat kiépítésekor fogják hasznosítani. A munkacsoport 2003-ban a teljesen hajlékony pályaszerkezetekre vonatkozó útmutatót [6] elkészítette, amelyről magyar nyelvű publikáció [7] is jelent meg.

A munka II. fázisában, 2004-től a hosszú élettartamú félig merev pályaszerkezetekkel foglalkoznak. Tevékenységüket az 1. táblázatban felsorolt munkabizottságokban végezték.

1. táblázat

Az ELLPAG II. fázisának munkabizottságai

Munkabizottság	Vezető
Szervezés, irányítás	Ferne, Egyesült Királyság
Tervezés és építés	de Larrard, Franciaország
Állapotfelvétel és felújítás	Merrill, Egyesült Királyság
Fenntartás	Gáspár, Magyarország
Gazdaságossági elemzés	Turtschy, Svájc
Kutatási igények	Ferne, Egyesült Királyság

3.1. Tervezés és építés

A forgalom hatásának a felmérésére – mind új pályaszerkezet-tervezéskor, mind pedig felújítás tervezésekor – a közismert egyenértékűségi viszonzyszámokat alkalmazzák [6]. Ausztriában ugyanakkor a burkolatra gyakorolt károsító hatást közvetlenül, fáradási egyenletek alkalmazásával jellemzik [8]. A különböző tengelyterhelések és tengely-konfigurációk áthaladásának esetére a keletkező feszültségeket és nyúlásokat számolták mind aszfalt-, mind pedig betonburkolatokhoz. Majd az országban elterjedt járműfajták tengelykombinációira az átlagos egyenértékűségi számokat határozták meg.

Elterjedt a forgalom agresszivitási tényezőjének az alkalmazása is. Ennek meghatározásakor – a tervezési forgalom és a terhelésméltlések száma mellett – a járműáthaladások vonalának keresztirányú szóródását is figyelembe veszik.

¹ Okl. mérnök, okl. gazd. mérnök, az MTA doktora, kutató professzor, Közlekedéstudományi Intézet Kht., egyetemi tanár, Széchenyi István Egyetem; gasparl@kti.hu

Belgiumban a félig merev pályaszerkezetek átlagos agresszivitási tényezője (3,1) majdnem négyszerese a hajlékony pályaszerkezetekének (0,82). Franciaországban a vastag, teljes mértékben hajlékony pályaszerkezetekhez kicsi (0,8-as) agresszivitási tényezőt alkalmaznak, abban az esetben pedig, ha a pályaszerkezet hidraulikus kötőanyagú rétegeket is tartalmaz, a tényezőt 1,3-nak veszik. Az Egyesült Királyságban ez a tényező a pályaszerkezet-típustól független. Az egyes országok ez irányú gyakorlatában tapasztalt eltérés azzal magyarázható, hogy az aszfalt- és a hidraulikus kötőanyagú rétegek tönkremeneteli módja tekintetében különböző álláspontra helyezkednek. Az aszfaltrétegeknél valamilyen, az idő függvényében gyorsuló fáradást vesznek alapul. A hidraulikus kötőanyagú rétegek esetében a jellegzetes romlási módnak azt tekintik, amikor a rétegben ébredő húzófeszültség annak szilárdságát meghaladja. Ilyen esetekben rendkívül gyorsan bekövetkezik a tönkremenetel. Ezzel magyarázható, hogy a legtöbb eljárás a félig merev pályaszerkezeteknél nagyobb hatványkitevőket választ.

A 2. táblázat azt mutatja be, hogy az A és a B jármű agresszivitási tényezőjének az aránya különböző országokban és különböző pályaszerkezet-típusok esetében miként változik. Az A járműnek öt tengelye van, összesen 37 tonnás tömegű, a B jármű 22 tonnás tömege 4 tengelyen oszlik meg [9].

2. táblázat

Az agresszivitási tényezők aránya

Ország	Pályaszerkezet-típus	Az A és a B jármű agresszivitása közötti arány
Franciaország	Hajlékony	4,82
Franciaország	Félig merev	23,20
Egyesült Királyság	Hajlékony	3,78
Egyesült Királyság	Félig merev	3,78
Belgium	Hajlékony	3,78
Belgium	Félig merev	100 fölött

A vizsgálatokban részt vevő néhány ország főúthálózatának a következő %-án található félig merev pályaszerkezet:

- Ausztria 9%,
- Franciaország 42%,
- Lengyelország 15%,
- Egyesült Királyság 10%,
- Magyarország 8%.

Jellegzetes pályaszerkezet-felépítés:

100-290 mm-nyi aszfaltrétegek és
150-300 mm-nyi hidraulikus (rendszerint cement) kötőanyagú alapréteg(ek).

Franciaországban – ahol a reflexiós repedések keletkezését nem kívánják feltétlenül kizárni – 60 mm-es vastagságú aszfaltréteg alatt akár 450 mm-nyi hidraulikus kötőanyagú réteget is készítenek [9].

A cement kötőanyagú alapréteg termikus zsugorodásából keletkező repedéseknek a fölötte levő aszfaltrétegeken való „áttükröződését” a következő tech-

nológiákkal kívánják elkerülni vagy legalábbis időben későbbre halasztani:

- 3,0-3,5 m-enként a betonréteg előrepestése (Craft, Olivia vagy Joint actif módszerrel),
- SAMI (feszültségelnyelő közbenső réteg) készítése, néha előrepestéssel kombinálva,
- vibrációs hengerléssel a cement kötőanyagú rétegen belül mikrorepedések létrehozása,
- gyorsan törő bitumenemulziós réteggel az alapréteg felületének lezárása,
- kötőanyagként csupán kis mértékű hőt fejlesztő cement alkalmazása,
- vastag aszfalt pályaszerkezet-rész készítése.

Érdeklődésre tarthat számot az a francia vizsgálati eredmény, amely szerint 100 mm-nyi aszfalt- és 190 mm-nyi beton pályaszerkezet-rész mintegy 30 éves élettartamot ad (18,4 millió db, 115 kN-os egységtengety áthaladását). Ha a burkolatalap vastagságát 10 mm-rel megnövelik, akkor a várható élettartam 50 évre növekszik, 20 mm-nyi vastagítás pedig 100 éves élettartamot hoz létre.

A hosszú élettartamú félig merev pályaszerkezet-változatok egyes országokban a következők [9]:

- Ausztria: 170 mm aszfalt + 300 mm hidraulikus kötőanyagú alapréteg + 200 mm kötőanyag nélküli alsó alapréteg (földmű felszínén 35 MN/m²),
- Franciaország: 60 mm aszfalt + 20 mm homok-aszfalt + 380 mm hidraulikus kötőanyagú alapréteg (előrepestve),
- Lengyelország: 290 mm aszfalt + 220 mm hidraulikus kötőanyagú alapréteg vagy pedig 250 mm aszfalt + 220 mm soványbeton alapréteg,
- Belgium: 180 mm aszfalt + 200 mm hidraulikus kötőanyagú alapréteg,
- Hollandia: 200 mm aszfalt + 300 mm hidraulikus kötőanyagú alapréteg.

A többi országban 14-25 millió db, 100 kN-os, illetve 18-50 millió db, 130 kN-os egységtengety-áthaladásra méreteznek. Az Egyesült Királyságban az alkalmazott ásványi anyag hőérzékenységét is figyelembe veszik.

3.2. Állapotfelvétel és felújítás

Az úthálózatok kezelése során elengedhetetlen azok rendszeres állapotjellemzése. A hálózati szintű állapotfelvételtől akkor váltanak a részletesebb, létesítményi (projekt) szintűre, ha a burkolatállapot valamilyen előre meghatározott szint alá süllyed. Az állapotjellemzések eredménye utal arra, hogy a pályaszerkezet hosszú élettartamú vagy sem. Amennyiben egyértelmű, hogy nem hosszú élettartamú pályaszerkezetről van szó, akkor felmerülhet annak hosszú élettartamúvá alakítása, felújítása, amennyiben ez a tevékenység gazdaságosnak bizonyul.

A hosszú élettartam tekintetében hozandó döntés elsősorban szerkezeti jellegű állapotadatokat hasznosít. Ez utóbbiak csupán projekt szintű vizsgálat esetében állnak elegendő részletességgel rendelkezésre.

Tekintettel arra, hogy a félig merev pályaszerkezetek nagyon különböző tulajdonságú rétegekből áll(hat)nak,

szükség van az egyes rétegek állapotának külön értékelésére ahhoz, hogy a célnak leginkább megfelelő felújítási technológiát kiválaszthassák.

A hidraulikus kötőanyagú alapréteg fő meghibásodási formája a repedés. A repedésképződés önmagában természetes jelenség, csak abban az esetben beszélünk szerkezeti romlásról, ha

- a sok repedés következtében az egész réteg darabokra törik vagy
- az építés után rövid idővel képződött repedések környéke meghibásodik, megakadályozva a repedéseken át a megfelelő teherátadást.

A hosszú élettartamú félig merev pályaszerkezetek aszfalt anyagú kopórétege hasonló típusú meghibásodásokat mutat, mint a hosszú élettartamú teljesen merev változatok (pl. felületi elsíkosság, az aszfalt-rétegen belüli deformáció). Többetként jelentkeznek az aszfaltréteg reflexiós repedése, amely a hidraulikus kötőanyagú alap repedéseinek felfelé folytatódása, áttükröződése.

A félig merev pályaszerkezetek akkor lehetnek hosszú élettartamúak, ha bebizonyosodik róluk, hogy teherbírásuk az idő függvényében nem csökken. Szükség van ezért a pályaszerkezetek behajlásának meghatározására különböző időpontokban, az ennek során kapott adat-idősorok tájékoztathatnak a pályaszerkezet teherbírásának időbeli alakulásáról. A rendszeres vizuális állapotfelvétel (felületi hibák regisztrálása) szintén hozzásegíthet ahhoz, hogy a hosszú élettartamról véleményt nyilvánítsunk.

A hálózati szintű állapotjellemzés a pályaszerkezetben előállt romlások mértékére és eredetére vonatkozóan képes információkat szolgáltatni. Az ilyen állapotjellemzésnek két fő célja lehet:

- annak felmérése, hogy a szerkezeti rétegben tapasztalható-e romlás (ha igen, akkor az nem tekinthető hosszú élettartamú pályaszerkezetnek),
- a felületen jelentkező hibák felvétele (a felületi meghibásodások jellemzői segítséget nyújtanak az alkalmazandó felújítás időpontjának és technológiájának a kiválasztásához, emellett a célszerű fenntartási tevékenység meghatározásához is információt szolgáltatnak).

Ha a pálya erősen deformálódott, akkor meg kell bizonyosodni arról, hogy vajon az aszfaltrétegek deformációja vagy pedig a gyöngye alapréteg-e az okozója.

A teherbírás jellemzésére a vizsgált országokban valamilyen deflektográfot, görbületmérő berendezést vagy pedig ejtősúlyos behajlásmérő készüléket (FWD) alkalmaznak. A roncsolásmentes behajlásméréssel a teljes pályaszerkezet együttes merevségéről lehet tájékozódni. Ha a kapott behajlásértéket valamilyen határértékhez viszonyítják, akkor az esetleges szerkezeti meghibásodásról lehet tájékozódni. Elengedhetetlen a hosszú élettartam biztosításához, hogy az alapréteg és a földmű megfelelő anyagú, külön-külön is elegendő szilárdságú legyen.

Az egyes pályaszerkezeti rétegek szilárdságát Hollandiában és az Egyesült Királyságban az FWD-eredményekből visszszámolásos módszerrel [10, 11] ha-

tározzák meg. Figyelemmel kell azonban lenni arra is, hogy a számítási rendszer a hidraulikus kötőanyagú rétegek merevségére meglehetősen érzékeny.

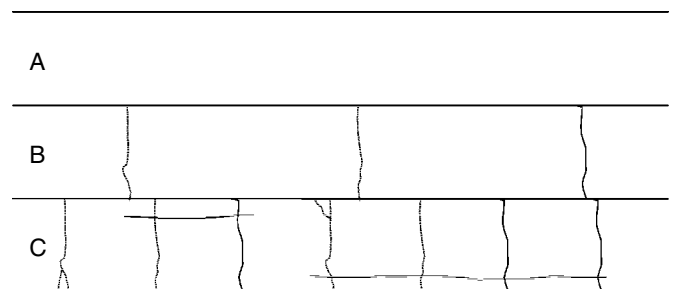
A hollandok az ejtősúlyos behajlásmérő készülékel a nyomvályuban és két nyomvályú között mért értékeket is összehasonlítják [10]. Ha a nyomvályuban érdemlegesen gyöngébb a teherbírás, akkor nagy valószínűséggel az alapréteg járműterhelés miatti szerkezeti romlására lehet gyanakodni. Amennyiben a teherletlen pályarészen nem megfelelő a teherbírás, és komoly reflexiós repedezés nem tapasztalható, akkor valószínű, hogy környezeti hatások (pl. fagy, nedveség) miatt következett be szerkezeti romlás.

A pályaszerkezeti rétegek vastagságáról inkább magmintavételekkel célszerű tájékozódni, mint meglehetősen bizonytalan, korábbi építési dokumentumokból. Magmintavételekkel kalibrált georadaros felvétel itt különösen hasznos, mert a termoplasztikus és a hidraulikus kötőanyagú rétegek között ezzel az eljárással is könnyen lehet különbséget tenni.

A burkolatfelület vizuális felvétele olyan információt képes szolgáltatni, amelyek a szerkezeti hibák eredetének megállapításához hozzásegítenek. Így a szerkezeti fenntartás megbízhatóbban tervezhetővé válik.

A nagy forgalmi terhelésű félig merev pályaszerkezetek vizuális állapotjellemzésekor egyik legfontosabb feladat a reflexiós repedések kialakulásának nyomon követése. Az 1. ábra mutatja be ennek a burkolatalaptól induló és az aszfaltrétegeken áthatoló repedéseknek a három fejlődési fázisát:

- a burkolat felülete teljesen repedésmentes vagy csak jelentéktelen mértékben vannak repedések,
- az útpályán szabályos távolságokban keresztirányú reflexiós repedések alakulnak ki,
- a pálya kiterjedt repedésképet mutat.



1. ábra: A félig merev pályaszerkezetek burkolatának fokozatosan kialakuló repedésképe

Angol tapasztalatok szerint a felületről induló, keskeny reflexiós repedések, amelyek nem tekinthetők szerkezeti eredetűnek, gyakran fordulnak elő félig merev útpálya-szerkezeteken. A hosszirányú repedés, illetve a sűrű, széles keresztrepedések ugyanakkor egyértelműen szerkezeti hibáknak tekinthetők. Ha a reflexiós repedések szabályos távolságokként jelentkeznek, ezek még nem utalnak egyértelműen az alapréteg szerkezeti tönkremenetelére. Amennyiben a repedéseken keresztül a teherátadás nem szűnt meg, akkor a szerkezet integritása az összeropedezett aszfaltréteg(ek) cseréjével újra helyreállítható. Az erősen összeropedezett pálya ugyanakkor egyértelmű jele a szerkezeti problémának.

Belgiumban a szerkezeti és a vizuális állapotértékelés eredményeit kombinálják [12]. Részletes georadaros állapotvizsgálattal mutatják ki a viszonylag gyöngye szakaszokat, amelyeket aztán ejtősúlyos behajlásmérővel tovább vizsgálnak.

Európában kétfajta stratégiát követnek annak megállapításához, hogy a félig merev pályaszerkezet hosszú élettartamú-e:

- az egyik a „repedések elfogadása”, amikor a keletkező reflexiós repedéseket úgy kezelik (tartják fenn), hogy azok a pályaszerkezet leromlását ne idézhessék elő,
- a másik a „repedések elkerülése”, ennél olyan szerkezetet készítenek, amelynél reflexiós repedés egyáltalán nem keletkezik.

Mindkét stratégia esetében alapvető jelentőségű a fő szerkezeti rétegnek, a burkolatalapnak a jó állapota.

Bár egyetlen európai országnak sincsen kimondottan hosszú élettartam vizsgálati eljárása a félig merev pályaszerkezetekre, az Egyesült Királyság gyakran tervez hosszú, bár években ki nem fejezett élettartamra [13]. Eszerint a pályaszerkezet akkor lehet hosszú élettartamú (vagy felújítással hosszú élettartamúvá fejleszthető), ha megfelel a következő kritériumoknak:

- a burkolatfelületen legfeljebb egymástól nagy távolságban, keskeny keresztrepedések láthatók, azaz a földmű meghibásodásának nincsen semmilyen jele,
- a hidraulikus kötőanyagú réteg anyagából készített próbahenger nyomószilárdsága a 10 N/mm²-es értéket eléri,
- FWD-mérések az aszfaltrétegek merevségét 7 GPa-t, az alaprétégét 15 GPa-t, míg a földműét 100 MPa-t meghaladó értékűnek találták, ugyanakkor az egész pályaszerkezet összesített merevsége meghaladja a 10 GPa értéket.

Lengyelországban hasonló értékelési rendszert alkalmaznak [14]. A már említett angol szabályozás [13] a pályaszerkezetek meghatározatlan élettartamúvá sorolási rendszerében három tényezőt szerepeltet: a soványbeton anyagú alaprétég vastagságát és annak szilárdságát, valamint az aszfaltrétég(ek) vastagságát.

Valamely félig merev útpálya-szerkezetnek hosszú élettartamúvá fejlesztésére három alapvető lehetőség kínálkozik:

- ha az alaprétég megfelelő, újabb aszfaltrétég(ek) ráépítésével a szerkezeti romlás elkerülhető és reflexiós repedések nem alakulnak ki,
- ha az alaprétég nem eléggé szilárd, akkor csak hosszú élettartamú hajlékony pályaszerkezet alakítható ki oly módon, hogy a régi alap az új szerkezet alsó alaprétégévé válik,
- a „repedések elfogadása” stratégia alkalmazásakor az alaprétég megfelelőségét ellenőrzik, ha ez kielégítő, az aszfalt pályaszerkezet-rész idejében végzett, jó minőségű fenntartásáról gondoskodnak.

A szerkezet hosszú élettartamúvá alakításakor, újabb aszfaltrétegek ráépítésével azt az alapvető követik, hogy az új aszfalt pályaszerkezet-rész az egész

szerkezet termikus gradiensét megfelelő értékre alakítsa, a járműterhelés hatására a szerkezetben keletkező feszültségek szétosztását károsodást nem okozó szintre csökkentse, valamint a hidraulikus kötőanyagú alaprétég hőmozgásait korlátozza.

Általában úgy kell tekinteni, hogy az aszfalt anyagú kopó- és kötőrétegnél is mélyebbre hatoló repedés a félig merev pályaszerkezet integritására komoly veszélyt jelent. Ezért ennek elkerülése a felújítási technológia egyik alapvető célkitűzése.

Angol gyakorlat szerint [9, 13], ha a hidraulikus alaprétég mind szilárdsága, mind pedig vastagsága szempontjából megfelelő, akkor elegendő összesen 200 mm-nyi aszfalt pályaszerkezet-rész az esetlegesen felülről induló repedések korlátozására. Ellenkező esetben a tervezés alapját a következő egyenlet szolgáltatja:

$$H_{er} = H_{aszfő} (H_{sb}, h_{sz_{sb}}) - H_{aszfj},$$

- ahol H_{er} a szükséges erősítő aszfaltrétég-vastagság (mm),
 $H_{aszfő}$ az összes szükséges aszfalt pályaszerkezet-rész (mm),
 H_{sb} a soványbeton alaprétég vastagsága (mm),
 $h_{sz_{sb}}$ a soványbeton alaprétég hajlítószilárdsága (MPa),
 H_{aszfj} a beavatkozás előtti aszfaltrétég-vastagság (mm).

Az angol felújítási eljárás nem vesz tekintetbe semmilyen meghibásodást az aszfaltrétégben; feltételezi, hogy az tökéletes állapotban van.

Lengyelországban a feszültségek és a nyúlások korlátozásán alapuló mechanisztikus eljárás szolgál a nagy forgalmú utak pályaszerkezet-felújításának megtervezéséhez [14].

3.3. Fenntartás

A burkolat-fenntartási tevékenység célja az eredeti állapot helyreállítása és/vagy a felújítási igények jelentkezésének az elhalasztása. Megfelelő és hatékony burkolatfenntartási eljárások érdemlegesen képesek a pályaszerkezetek hosszú élettartamához hozzájárulni [6].

A félig merev (vagy hajlékony-kompozit) pályaszerkezetek fenntartási igényei hasonlóak a teljesen hajlékony változatokéhoz. A keresztirányú reflexiós repedések megjelenésének – közzismerten – a félig merev pályaszerkezetek leromlásakor kiemelt szerepük van. Ha ez a repedéstípus az aszfaltburkolat felszínétől indul, és a burkolat vastagságánál mélyebbre nem terjed, akkor csupán felületi fenntartásra van szükség. Amennyiben azonban ezek a repedések az aszfalt anyagú pályaszerkezet-rész alsó síkjából indulnak ki, és egészen az útpályáig felérnek, előbb-utóbb felújításra lesz szükség, így ez a pályaszerkezet semmiképpen nem tekinthető hosszú élettartamúnak.

A félig merev pályaszerkezetek fenntartási követelményei hasonlóak a hajlékony pályaszerkezetekéhez.

Félig merev pályaszerkezetek fenntartási változatai. Felületi jellegű beavatkozások [15]

Beavatkozás-típus	Rövid meghatározás
Felületi bevonás	Legalább egy kötőanyag és egy zúzalékréteg elterítésével létrehozott felületi záróréteg
Repedéskiöntés	Az útpályán keletkező repedések kitöltése kötőanyaggal a víz pályaszerkezetbe hatolásának megakadályozására
Repedések lezárása	A repedés lezárása bitumenes kötőanyag szalaggal a víz pályaszerkezetbe hatolásának megakadályozására
Kipergés javítása	Tönkrement, tömörítetlen vagy rossz minőségű anyagok eltávolítása a burkolatfelületről, majd azok helyettesítése jó minőségű, betömörített anyaggal
Kátyúzás	Az útpályán jelentkező különböző méretű, tölcser alakú mélyedések kitöltése jó minőségű aszfaltanyaggal
Vékony (max. 40 mm-es) bitumenes kötőanyagú újra-burkolás melegen beépített aszfaltkeverékkel	A burkolat felújítása melegen beépített aszfaltkeverékből készült új kopóréteggel
Vékony (max. 40 mm-es) bitumenes kötőanyagú újra-burkolás hidegaszfalttal	A burkolat felújítása hidegaszfalt anyagú kopóréteggel
A régi kopóréteg újjal történő helyettesítése	A kopóréteg eltávolítása és helyettesítése új réteggel
Slurry seal (bitumenemulziós iszapbevonat)	Ásványi anyag, bitumenemulzió és adalékszer helyszíni összekeverésével és bedolgozásával készített felületi kezelés
Helyszíni újrafelhasználás	A kopóréteg anyagának helyszíni újakeverése és a szükséges kötőanyag és zúzalék hozzáadása, minőségének javítása érdekében
Újraborolás (az anyag újrafelhasználásával)	A burkolat felmelegítése és felmarása, a szükséges szintbe hozással, új anyag hozzáadása, majd betömörítés
Az eredeti pálya helyreállítása (profilbahozás)	A burkolat eredeti hossz- vagy – gyakrabban – keresztirányú profiljának helyreállítása marással vagy új anyag hozzáadásával
Keréknyomvályú-javítás	Kopásból vagy alakváltozásból származó nyomvályúk kitöltése
Burkolatfelújítás (régii anyag felhasználásával)	A burkolat felmarása, a felmárt anyag összekeverése ásványi anyaggal és/vagy kötőanyaggal, majd elterítése (rendszerint hideg eljárás)
Felületi textúra javítása	Az útpálya makro- és/vagy mikro-érdességének javítására szolgáló mechanikai eljárás
Vékony (max 50 mm-es) betonréteg, az alatta levő réteghez való hozzákötéssel	Vékony cementbeton anyagú erősítőréteg, a régi burkolat-felülethez való hozzákötéssel

A 3. és a 4. táblázat szemlélteti a legelterjedtebb felületi és szerkezeti beavatkozás-típusokat. Ezek közül a félig merev útpálya-szerkezetek esetében a keresztirányú reflexiós repedéseknek a lezárása kap különleges hangsúlyt.

A fenntartási beavatkozások rendszerszemléletű kiválasztása segítséget nyújt ahhoz, hogy a kezelő szervezet a rendelkezésre álló anyagi eszközöket a lehető leghatékonyabban tudja felhasználni. A COST 343-as akció keretében olyan eljárást dolgoztak ki, amely folyamatára nyomon követésével segít a tervező mérnöknek a legmegfelelőbb fenntartási beavatkozás-típus kiválasztásában oly módon, hogy a várható ciklusidő a leghosszabb legyen, és az úton folyó forgalmat is a lehető legkevésbé zavarja [16].

4. Összefoglaló megjegyzések

A félig merev pályaszerkezetek a hazai országos közúthálózatban is jelentékeny szerepet játszanak. Mintegy húsz évvel ezelőtt számos kutatás és kiadvány foglalkozott nálunk is a tárgykörrel [17, 18]. Célszerű lenne erre az elméletileg viszonylag nehezen kezelhető, de empirikus eszközökkel jól vizsgálható pályaszerkezet-típusra újra ráirányítani a magyar szakem-

berek figyelmét. Jelentős hosszú távú előnyök érhetőek el ugyanis, ha tervezésük, építésük, felújításuk és fenntartásuk a hosszú élettartamot segítik. Ebben a törekvésben kíván segítségül lenni ez a cikk is, amely a hosszú élettartamú félig merev útpálya-szerkezetek európai tervezési, építési, felújítási és fenntartási gyakorlatát vizsgáló ELLPAG-bizottság néhány eredményéről számol be.

Irodalom

- [1] Gáspár, L.: Útgazdálkodás, Akadémiai Kiadó, 2003.
- [2] Bakó, A.: Az első hazai hálózati szintű PMS matematikai modellje. Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle 42. évf. 1992/2.
- [3] Gáspár, L.: Ein netzbezogenes Managementsystem für die Shassenerhaltung in Ungarn. Strasse + Autobahn 1992/8.
- [4] Bakó A. – Szántai, T.: A magyar PMS optimalizációs modelljének kialakítása, a HUPMS modell. Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle 1997/3.
- [5] Bakó, A. – Ambrus, S. K. – Horváth, L.: Development of a Highway PMS. 1st European Pavement Management Systems Conference, Budapest, 2000.

Félig merev pályaszerkezetek fenntartási változatai. Szerkezeti jellegű beavatkozások [15]

Beavatkozás-típus	Rövid meghatározás
Meleg eljárással készített aszfaltanyagú erősítés, min. 40 mm-es vastagsággal	A burkolat teherbírást növelő erősítése egy vagy több melegaszfalt réteg elterítésével
Hidegaszfalt anyagú erősítés, min. 40 mm-es vastagsággal	A burkolat teherbírást növelő erősítése egy vagy több hidegaszfalt réteg elterítésével
Aszfalt anyagú erősítés, georácscsal, getotextíliával, SAMI-réteggel stb. kombinálva	A burkolat teherbírást növelő erősítése egy vagy több aszfaltréteg elterítésével
Nagy mélységű hideg, helyszíni recycling, majd új aszfalt kopóréteg elterítése	A pályaszerkezet szilárdságának javítására a burkolat anyagának helyszíni újrafelhasználása új kötőanyag (cement és/vagy bitumen) hozzáadásával
Keverőtelepi újrafelhasználás	A burkolat anyagának felmarása, a telepen újakeverése, majd elterítése finiserrel
Legalább 50 mm-es vastagságú beton anyagú erősítő-réteg	Cementbeton anyagú erősítőréteg a régi burkolatfelülethez kötéssel

- [6] Making Best Use of Long-Life Pavements in Europe. Phase 1: A Guide to the Use of Long-Life Fully Flexible Pavements. FEHRL, 2003.
- [7] Gáspár, L. – Károly, R.: A hosszú élettartamú útburkolatokkal foglalkozó ELLPAG-bizottság tevékenysége, Közúti és Mélyépítési Szemle, 55. évf. 2005/9, pp. 28–33.
- [8] Litzka, J. – Molzer, Ch. – Blab, R.: Modifikation der österreichischen Methode zur Dimensionierung der Strassenoberbaues. Bundesministerium für wissenschaftliche Angelegenheiten, Strassenforschung, Heft 465, 1966.
- [9] Making Best Use of Long-Life Pavements in Europe. Phase 2: A Guide to the Use of Long-Life Semi-Rigid Pavements. FEHRL, 2005.
- [10] van Dommelen, A.: ELLPAG Dutch National Report on Semi-Rigid Pavements, DWW. (Unpublished).
- [11] Ferne, B.: ELLPAG United Kingdom National Report on Semi-Rigid Pavements, TRL (Unpublished)
- [12] Vanelstraete, A.: ELLPAG Belgian National Report on Semi-Rigid Pavements, BRRC (Unpublished).
- [13] Design Manual for Roads and Bridges. Her Majesty's Stationary Office, HD 30/99: Maintenance Assessment Procedure (DMRB 7.3.3). London, 1999.
- [14] Graczyk, M.: ELLPAG Polish National Report on Semi-Rigid Pavements, IBDiM (Unpublished)
- [15] COST 343. Reduction in road closures by improved pavement maintenance procedures. COST Action 343 Final report. 2003.
- [16] Gáspár L.: Csekély forgalomzavarással járó útfenntartás (I. rész). Közlekedéstudományi Szemle 2004/3. pp. 91–98.
- [17] Gáspár, L. (id): Félig merev útpálya-szerkezetek az útépítésben. A TEM 4. sz. kiadványa. KÖZDOK Budapest, 1986. 150 p.
- [18] Gáspár, L. (id) – Gáspár, L.: A félig merev útpálya-szerkezetek állapotának felvétele és leromlása. Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle 1988/12. pp. 539–544.

Summaries

Dr. László Gáspár: Life-time of semi-rigid pavements (Page 10)

The long-life variants of semi-rigid pavements have been investigated, among others, by ELLPAG (European Long Life Pavement Group) comprising several European experts. The article present various experience in design, construction and maintenance which can be utilised also in the Hungarian practice.

Edina Koch: Earthworks construction on the Zala railway (Page 16)

The project team of *Széchenyi István* University (Győr) was commissioned by the Contractor of the construction works of the Zalacséb/Salomvár – Andrásida railway line to re-examine the substructure works solutions of the original final drawings. The ultimate goal was to make proposals for such new solutions, in fully compliance with the tendering specifications, which are in technical terms equivalent with the original one, but are more advantageous in terms of construction time and costs. The possibilities of substituting the gravel pile foundations with ribbon drains and omitting the subsoil replacement due to the application of geo-plastic reinforcement layer structure were studied in detail. The settlement measurement results finally showed that 3 months after finishing the construction works the consolidation has practically been completed and all the determined time and cost objectives have been achieved.

1. Előzmények

A KHVM 1998-ban döntött arról, hogy a „Szlovén vasút” építési munkáinak folytatásaként a kétezres évek első évtizedében elvégzi az V. Páneurópai korridor egy szakaszát képező Zalalövő–Zalaegerszeg–Boba vasútvonal rehabilitációját. Ennek részeként gyakorlatilag új nyomon épülő Zalacséb–Salomvár állomás (bezár) és Andrásida (kizár) közötti vonalszakasz kiviteli tervdokumentációját a MÁVTI Kft. és az Inraplan Rt. készítette. Az ennek alapján 2004-ban kiírt kivitelezési munkákat a Strabag Rt. nyerte el. Tőlük 2004. november elején arra kaptunk megbízást, hogy vizsgáljuk felül a teljes 9,1 km hosszú szakasz eredeti kiviteli terveinek alépitményi kialakításait, és tegyünk javaslatot a tenderkiírásban megfogalmazott műszaki feltételeknek megfelelő olyan megoldásokra, amelyek az eredetiekkel műszakilag legalább egyenértékűek, de amelyekkel az építés költségei és ideje mérsékelhető. A megoldandó legfontosabb kérdések a következők voltak:

- kiválthatók-e, és mely szakaszokon az építés idejét és költségét tekintve kedvezőtlenebb kavicscölöpös alapozások függőleges szalagdrénekkal,
- elhagyhatók-e geoműanyaggal erősített rétegszerkezet alkalmazásával az eredeti tervben szereplő talajcserék?

Azokra a szakaszokra, ahol e két megoldást a vizsgálatok nyomán megvalósíthatónak találtuk, ott konstrukciójukat az eredeti alépitmény geometriáját változtatlanul hagyva, kiviteli terv szintű fedvénytervben kellett kidolgozni.

2. A fedvényterv készítésének fő szempontjai

A vizsgálatokhoz és a fedvénytervek elkészítéséhez felhasználtuk a Zalalövő–Bajánsenye vasútvonal és a Zalalövő–Zalacséb vonalszakasz építése során végzett tervezői és művezetési tevékenységünk tapasztalatait.

A mostani munka során kötöttségként kellett kezelnünk a következőket:

- a vasúti pályának az eredeti kiviteli tervben meghatározott vízszintes és magassági vonalvezetését nem szabad megváltoztatni,
- az eredeti kiviteli tervben szereplő felépitmény-szerkezet nem változtatható,
- az eredeti kiviteli tervben megtervezett kerethidak és lemezhidak helyei, átfolyási szelvényei és folyásszintjei nem változtathatók,
- változtatlanul maradnak az állomási és a megállóhelyi peronkialakítások,

- az építés során a földmű zárórétegén és a védőréteg tetején a vasúti előírások által meghatározott E_2 teherbírású modulusokat kell teljesíteni, s ezek megvalósíthatóságát már a tervezés szakaszában igazolni, majd a kivitelezés során ellenőrző mérésekkel bizonyítani kell.

A fedvényterv készítésekor a következő szempontokat, megfontolásokat érvényesítettük.

- A tervezési szakaszra végig jellemző vékony fedőréteg alatti átmeneti, de inkább kötött talajok miatt nem kell letermelni a humuszréteget. A pálya nyomvonala az építési forgalom számára egyúttal szállítópályául is szolgál. A fedőréteg letermelése esetén a csapadékos idő miatt várhatóan többnyire felázott, helyenként nagyon alacsony teherbírású talajon kellene a földanyagot beszállítani. Ezért kedvezőbb, ha nincs lehumuszosítás.
- A töltésépítést a talajvizsgálatok és a korábbi tapasztalatok szerint a következő geoműanyaggal erősített rétegszerkezet építésével helyes kezdeni (alulról felfelé): Terram 1000 geotextília (GT), Tensar SS30 georács (GR), 0,60 m 0/70 frakciójú szemcsés réteg. A kavicscölöpös szakaszon a későbbiekben leírtak szerint valamelyest módosul ez a szerkezet.
- Az eredeti tervben szereplő talajcsere ($h=1,00-2,50$ m) kivitelezési ideje hosszú, költsége nagy, és a várhatóan magas talajvízszint mellett végrehajtása nehéz lenne. A cseretalaj tömörítésére ajánlott víz alatti „mélytömörítés” hatékonysága kétséges. E szempontok miatt a vállalkozó kérése az volt, hogy a talajcseret – ahol a talajmechanikai adatok engedik – más megoldással helyettesítsük.
- Az alapozás módját, valamint a szalagdrének és a kavicscölöpök távolságát úgy kellett megválasztani, hogy a töltésépítés befejezésétől számított hat hónap után legfeljebb 2 cm süllyedés maradjon hátra.
- Előzetes számításaink azt mutatták, hogy ahol gyenge a talaj, s ezért a talajcsere is vékony (1,0-1,2 m), ott elegendő, ha a felszínre erősített rétegszerkezet kerül. Ahol a gyenge talajzóna ennél vastagabb, oda a süllyedés gyorsítására az erősített rétegszerkezet mellett függőleges szalagdréneket is célszerű alkalmazni.
- Az eredetileg tervezett kavicscölöpözés kivitelezése is meglehetősen költséges. Ezért ahol feltárásaink alapján azt megengedhetőnek ítéltük, függőleges szalagdrénekkal helyettesítettük azokat. Vizsgálataink azt mutatták, hogy egyetlen, kb. 600 m hosszú szakaszon azonban indokolt meghagyni a kavicscölöpözést, mert ott nélküle a süllyedés mértéke nagy (13-15 cm) lenne, s csak

¹ Okl. építőmérnök, egyetemi tanársegéd, Széchenyi István Egyetem, Győr; koche@sze.hu

nagyon sűrű szalagdrénezéssel lehetne csökkenteni a konszolidáció idejét.

- Az eredeti terv a töltés felső részét 0,30 m vastagságban Consolid adalékszerrel kívánta a védőréteg alatt kezelni. Mivel a helyszínen a töltést építéséhez jó minőségű anyag állt rendelkezésre, szükségtelennek lehetett ítélni a kezelést. A védőréteg vastagságát 0,30 m-re növeltük és alatta egy réteg Terram 1000 geotextília terítést írtunk elő.

3. Az általunk tervezett aléptményi kialakítások

Az 1. táblázat mutatja be a töltés alatti régi és új megoldások legfontosabb jellemzőit. Három alapvetően különböző kialakítási mód van, melyeket összefoglalóan az 1/a. és 1/b. ábra szemléltet.

1. típusú kialakítás: a humuszréteg eltávolítása nélkül készül el a töltés alatti geoműanyaggal erősített rétegszerkezet. Alul Terram 1000 geotextília, felette 1 réteg Tensar SS30 georács, afelett pedig 0,60 m vastag 0/70-es szemcsés réteg készül, amelyet két rétegben, gondos tömörítéssel kell megépíteni.

2. típusú kialakítás: a humuszréteg eltávolítása nélkül kezdődik a töltés alatt a geoműanyaggal erősített rétegszerkezet. Alul Terram 1000 geotextília, felette 1 réteg Tensar SS30 georács, afelett pedig először 0,30 m vastag tömörített szemcsés réteg elter-

tése történik. Erről a síkról hajtják le a függőleges szalagdréneket a szemcsés réteg, valamint a geoműanyagok átlukasztásával. A dréneket egyenlő oldalú háromszög szerint osztottuk ki, az oldalméretben három változat van: 1,30–1,40–1,50 m. Hosszuk szakaszról-szakaszra változik, de egy szakaszon belül állandó. A dréneket felül a munkasík felett 20-30 cm-rel kellett elvágni, alul pedig a terv szerint 0,50 m-t nyúltak le a drénezendő réteg alá. A drének lefűzése után épül meg az újabb 0,30 m vastag 0/70 anyagú réteg.

3. típusú kialakítás: a humuszréteg eltávolítása nélkül kezdődik most is a töltés alatt a geoműanyaggal erősített rétegszerkezet elkészítése. Alul először egy 0,20 m vastag 0/70-es anyag elterítése és tömörítése szükséges a kavicsoszlopok lehajtásához. A kavicsoszlopok tengelyei egyenlő oldalú háromszög csúcsain 2,10 m-re helyezkednek el egymástól, átmérőjük 0,60 m, a mélységük a MÁVTI Kft. terveivel azonosan 4,0-6,0 m. A következő ütemben kell az első lépésben lefektetett 0,20 m vastag szemcsés anyagot szükség szerint elegyengetni és újratömöríteni. Ezután kell lefektetni a Terram 1000 geotextíliát, rá az 1 réteg Tensar SS30 georácsot, afelett pedig a további 0,40 m vastag szemcsés, tömörített réteg készül.

4. Kiegészítő talajvizsgálatok

A konszolidáció-számításokhoz a MÁVTI Kft. korábbi talajmechanikai szakvéleményében található fúrás-

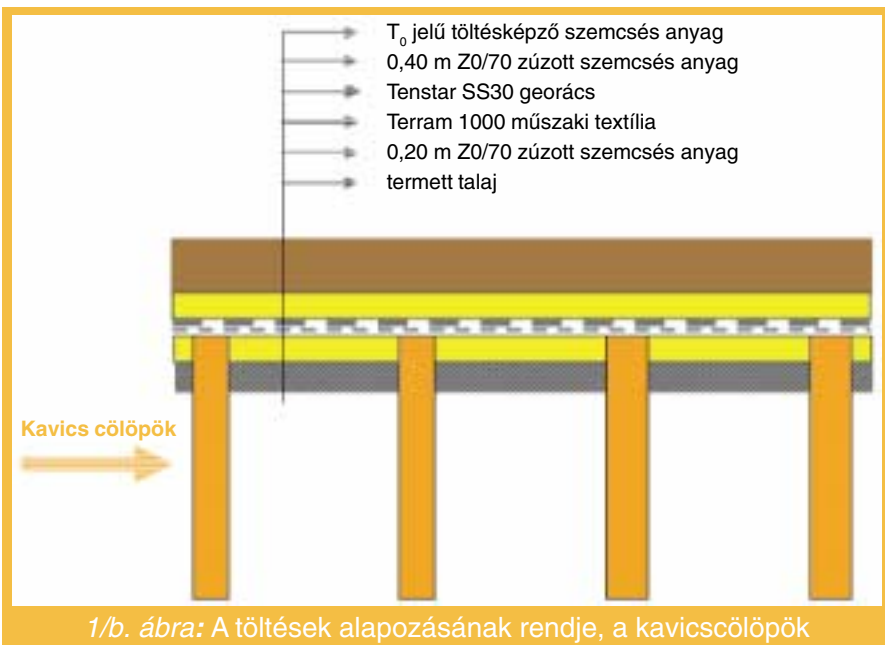
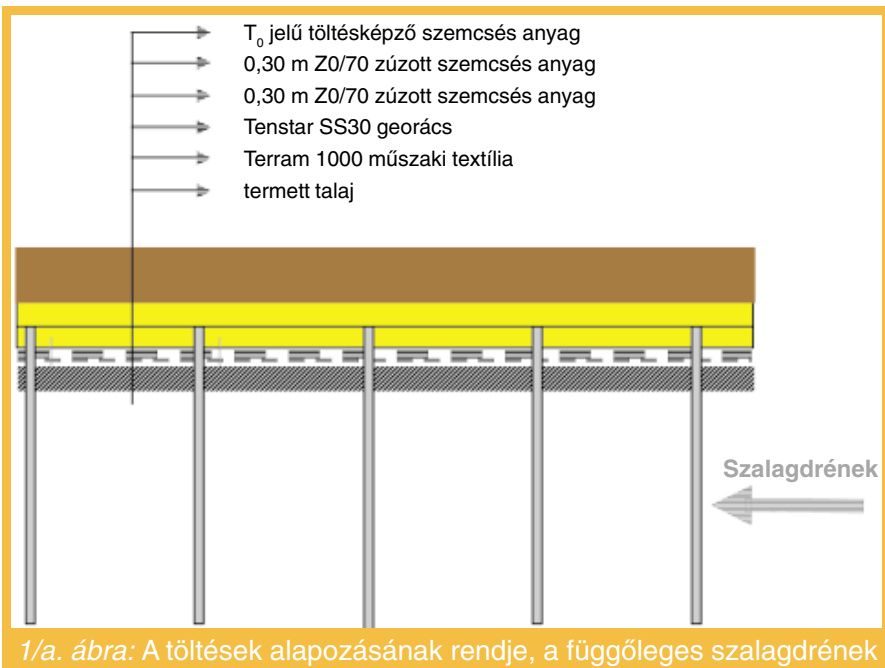
1. táblázat

Tervezett aléptményi rétegszerkezetek

Szakasz	Szelvény	A Széchenyi Egyetem javaslata	A MÁVTI Kft. javaslata
I. szakasz	64+00 – 66+60	geoműanyaggal erősített rétegszerkezet ²⁾	0,5-1,0 m talajcsere
II/1. szakasz	66+60 – 70+00	függőleges szalagdrének (1,4 / 5,50 m) ¹⁾ + geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	kavicscölöp
II/2. szakasz	70+00 – 73+00	függőleges szalagdrének (1,3 / 5,50 m) + geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	2,5 m talajcsere
III. szakasz	73+00 – 84+50	geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	0,5-1,0 m talajcsere
IV. szakasz	84+50 – 91+00	függőleges szalagdrének (1,5 / 5,00 m) + geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	2,5 m talajcsere
V. szakasz	91+00 – 97+90	geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	a 0,5 m vastag fedőréteg eltávolítása
VI. szakasz	97+90 – 101+75	függőleges szalagdrének (1,5 / 6,00 m) + geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	kavicscölöp
VII. szakasz	101+75 – 113+70	geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	a 0,5 m vastag fedőréteg eltávolítása
VIII. szakasz	113+70 – 120+70	kavicscölöpök 2,10 / 4,00-6,00 m) + geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	kavicscölöp
IX. szakasz	120+70 – 124+50	geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	0,5-2,5 m talajcsere
X. szakasz	124+50 – 126+50	függőleges szalagdrének (1,5 / 7,00 m) + geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	0,5-2,5 m talajcsere
XI. szakasz	126+50 – 130+25	geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	0,5-2,5 m talajcsere
XII. szakasz	130+25 – 143+00	függőleges szalagdrének (1,3 / 5,50 m) + geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	kavicscölöp
XIII. szakasz	143+00 – 151+50	geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	0,5-2,0 m talajcsere
XIV. szakasz	151+50 – 153+50	függőleges szalagdrének (1,5 / 5,00 m) + geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	2,5 m talajcsere
XV. szakasz	153+50 – 155+07	geoműanyaggal erősített rétegszerkezet	1,5 m talajcsere

¹⁾ A zárójelben lévő első szám a drének egymástól való alaprajzi távolságát, a második pedig a drén teljes hosszát jelenti (az utóbbiba beletartozik az eredeti terep feletti 0,5 m „kiállás” és a drénezendő kötött réteg alatti kb. 0,50 m „befogás”)

²⁾ Geoműanyaggal erősített rétegszerkezet = töltés alatt GT + GR + 60 cm szemcsés anyag összetételű geoműanyaggal erősített rétegszerkezet



szelvények adataiból indultunk ki. Ezek bővítésére és pontosítására 2004. november elején 7 szelvényben kiegészítő talajfeltárást végeztünk. Szakaszonként általában egy, néhol két kutatógödörből, több helyről vettünk magmintákat, vertikális, illetve horizontális irányban kiszűrve őket. A magmintákon kompressziós, illetve azonosító vizsgálatokat végeztünk a Széchenyi István Egyetem Geotechnikai Laboratóriumában. E vizsgálatok eredményeit a 2. táblázat tartalmazza. A kompressziós vizsgálatokból meghatároztuk az E_s összenyomódási modulusokat, a c_v konszolidációs tényezőt és a c_u kúszási indexeket.

A talajadottságokról összefoglalóan elmondható, hogy a tervezett vonalszakaszon túlnyomóan könnyen sodorható, sodorható, laza közepes, kövér agyag talajok találhatók. Helyenként előfordulnak puha iszap, laza iszapos homokliszt, sovány agyagtalajok, illetve kemény állapotú kötött rétegek is. A kötött talajrétegek összenyomódási modulusa jellemzően $E_s=2,5-3,8$ MPa, konszolidációs tényezője kb. 4×10^{-8} m²/s, kúszási indexe 0,0004-0,0009.

5. Süllyedés és konszolidáció-számítások

Az előbbi adatokkal számítottuk a töltések várható süllyedését és annak időbeli alakulását.

Jellemző talajparaméterek

2. táblázat

szelvény	mélység	mintavétel iránya	minta színe	I_p	I_c	w_L	w	e	S_r	ρ_s	ρ_c	i_s	c_v	c_u	E_s
	m			%	-	%	%	-	-	g/cm ³	g/cm ³	%	m ² /s	-	MPa
68+50	1.70	f	szürke	30.9	0.74	57.2	34.3	0.95	0.99	1.88	1.40	7.50	$4,67 \times 10^{-5}$	0.0006	3.0
	1.70	v	szürke				32.5	0.90	0.99	1.90	1.44		$3,46 \times 10^{-5}$	0.0006	3.0
	3.50	f	szürke	15.2	0.41	34.9	28.6	0.77	1.00	1.97	1.53	3.70	$7,77 \times 10^{-5}$	0.0008	3.0
	3.50	v	szürke				26.7	0.74	0.98	1.98	1.56		$6,67 \times 10^{-5}$	0.0007	2.9
71+00	1.50	v	szürke	41.4	0.73	71.1	40.8	1.14	0.97	1.79	1.27	8.10	$4,44 \times 10^{-5}$	0.0006	2.7
	2.50	f	szürke	29.6	0.96	58.2	27.9	0.76	1.00	1.97	1.54	8.90	$3,59 \times 10^{-5}$	0.0005	2.6
90+00	0.50		barna	29.0	1.15	53.1	19.8								
	1.50	v	barna				27.1	0.76	0.97	1.97	1.55		$4,24 \times 10^{-5}$	0.0005	3.3
	2.50	f	szürke	25.8	0.92	52.3	28.6	0.85	0.91	1.89	1.47		$4,90 \times 10^{-5}$	0.0005	3.2
100+50	2.00	f	barna	24.7	0.81	44.2	24.3	0.69	0.95	2.00	1.61		$4,44 \times 10^{-5}$	0.0006	3.3
	2.00	v	barna				24.5	0.69	0.97	2.01	1.61		$3,89 \times 10^{-5}$	0.0005	3.8
119+20	1.50	f	b.szürke	40.8	0.92	75.1	37.6	1.06	0.97	1.82	1.32		$3,33 \times 10^{-5}$	0.0005	2.8
	1.50	v	b.szürke				42.4	1.19	0.97	1.77	1.24		$2,91 \times 10^{-5}$	0.0004	2.5
124+00	1.50	f	szürke	27.3	0.49	48.8	35.4	0.96	1.00	1.88	1.39		$3,79 \times 10^{-5}$	0.0009	2.7
139+00	1.40	f	barna	36.8	0.76	62.6	34.7	1.03	0.92	1.81	1.34		$3,46 \times 10^{-5}$	0.0006	2.6

Töltésalapozás, beavatkozás nélküli süllyedések és konszolidációs idők

Szelvény	h (m)	h _a (m)	h _o (m)	s (cm)	t ₉₀ (hónap)	töltésalapozás	kiosztás (m)
66+60 – 70+00	2,40-3,00	2.60	4.50	8	17	függőleges drén	1,4×1,4
70+00 – 73+00	2,90-3,30	3.00	4.50	10	26	függőleges drén	1,3×1,3
84+50 – 91+00	3,00-3,70	3.30	4.00	8	15	függőleges drén	1,5×1,5
97+90 – 101+75	2,20-3,20	2.60	5.00	8.5	26	függőleges drén	1,5×1,5
113+70 – 120+70	3,00-4,60	4.00	4.50	12.5	34	kavics cölöp	2,1×2,1
124+50 – 126+50	3,00-4,40	3.60	5.50	13	21	függőleges drén	1,5×1,5
130+25 – 143+50	2,40-4,40	3.30	4.50	11	30	függőleges drén	1,3×1,3
151+50 – 153+50	3,60-4,00	3.80	4.00	10	11	függőleges drén	1,5×1,5

A süllyedések meghatározásakor csak a kritikus (előbbi E_s modulusú) gyenge rétegek összenyomódását számítottuk, mert az alattuk levő szemcsés rétegek összenyomódása ezekhez képest elhanyagolható volt. A változó h magasságú töltéseket szakaszonkénti átlagos h_a magassággal jellemeztük. Terhelésüket $\rho \times g = 20 \text{ kN/m}^3$ térfogatsúllyal számoltuk, s az ebből származó függőleges feszültségeket a töltés szélességének és a gyenge réteg h_o vastagságának aránya miatt a gyenge rétegen belül állandónak vettük. Így az s süllyedést a következő „egyszerű” képlettel számítottuk:

$$s = \frac{h_a \cdot \rho \cdot g}{E_s} \cdot h_o$$

Az így számított beavatkozás nélkül várható süllyedések 8-13 cm nagyságúak. Ezeket foglalja össze a 3. táblázat.

A beavatkozás nélkül várható konszolidációkat az egydimenziós konszolidáció elmélete szerint számítottuk a 2. táblázatbeli c_v konszolidációs tényezőkkel és $H = h_o/2$ vízutat figyelembe véve, mivel a gyenge réteg alul és felül is dréneződhet. A 2. ábráról leolvasott T értékek segítségével számítottuk az U=90% konszolidációs fokhoz tartozó t₉₀ időtartamokat, me-

lyek szintén olvashatók a 3. táblázatban. Látható, hogy a konszolidációs időre 11-34 hónap adódott, amit a kivitelezési határidő nem bírt el, ezért volt szükséges a konszolidációt gyorsító szerkezetek betervezése.

Mint ismeretes, a konszolidációt a kavicscölöpök és a szalagdrének úgy gyorsítják, hogy a víz távozásához szükséges utat lerövidítik, a víznek csak a legközelebbi függőleges drénhez (kavicscölöphöz vagy geomúanyag szalagdrénhez) kell eljutnia vízszintes áramlással. Ennek számítását Barron elmélete alapján, a 2. ábra segítségével végeztük el.

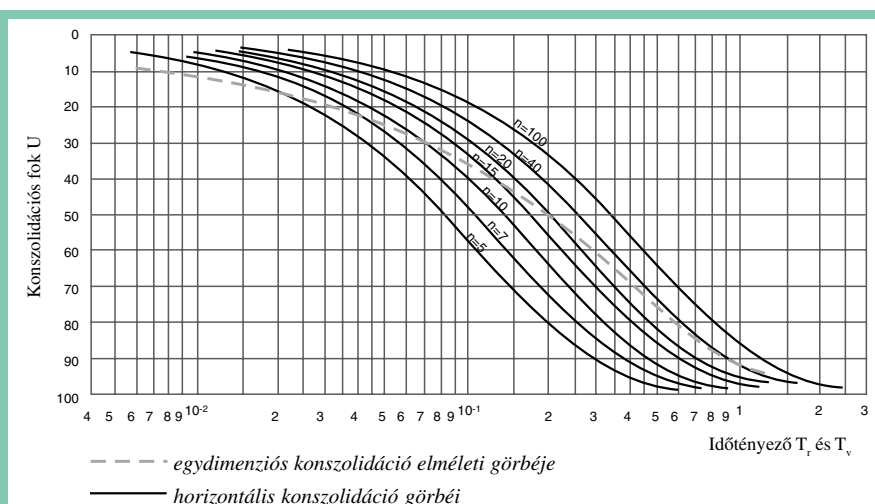
Az időtényező vertikális áramlásra: $T_v = c_v \times \frac{1}{H^2} \times t$,

horizontális áramlásra: $T_r = c_r \times \frac{1}{D^2} \times t$,

ahol c_r a radiális konszolidációs tényező, c_v a vertikális konszolidációs tényező.

Ezekkel a képletekkel a különböző időpontokra számíthatók az időtényezők, melyek a konszolidációs fokok, az egydimenziós konszolidáció elméleti görbéjéről és a horizontális konszolidáció görbéiről vehetők le. Az U_v vertikális és az U_r radiális konszolidációs fokokból az „eredő” U konszolidációs fok az

$$1-U = (1-U_v) \times (1-U_r) \text{ képlettel számítható.}$$



2. ábra: A vertikális-egydimenziós és a horizontális-radiális konszolidáció elméleti görbéi

Mindegyik tervezési szakaszra különböző dréntávolságokat vizsgáltunk, s ezekre meghatároztuk az építés kezdetétől eltelt időhöz tartozó konszolidációs fokot s abból a hátramaradó süllyedést. Egy példát szemléltet a 4. táblázat.

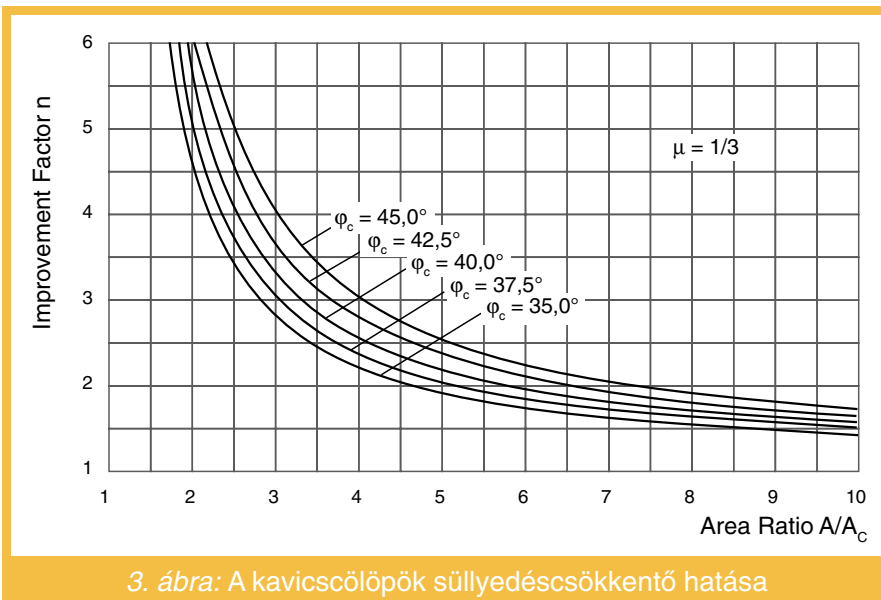
A T_r időtényező leolvasásához a 4. táblázatban számítani kellett az $n = D/d$ viszonyszámot, melyben

- „D” annak a talajhengernek az átmérője, amelyből a víz valamely drén felé áramlik, s mivel most a drének egyenlő oldalú háromszög csúcspontjain helyezkednek el, ezért $D = s \times 1,05$;

- „d” a drén átmérője, kavicscölöp esetén a tényleges átmérő, „a” és „b” oldalhosszúsága szalagdrén esetén
 $d = (2 \times (a + b)) / \pi$.

A 4. táblázat „s” a függőleges drének egymástól mért távolsága, „s_n” a hátramaradó süllyedés nagysága.

Kavicscölöpös töltésalapozás esetén a süllyedések mértékének csökkenésével is számolhatunk. A talajban kiképzett kavicsoszlopok összenyomódási modulusa lényegesen nagyobb a helyszínen található kötött talajokénál, s mivel a bedolgozás tömöríti a környezetet, ezért annak összenyomódási modulusa is javul. Ez az arány H. Priebe: Abschätzung des Setzungsverhaltens eines durch Stopfverdichtung verbesserten Baugrundes (Die Bautechnik 53 1976, H5.) c. cikkéből vett, itt a 3. ábrán mellékelt diagramból vehető ki.



3. ábra: A kavicscölöpök süllyedéscsökkentő hatása

Az A/A_c arányszám az egy kavicscölöpre eső A (raszter)terület és a kavicscölöp névleges keresztmetszeti területének a hányadosa. A kavicscölöp átmérője $D=0,6$ m, amiből $A_c=0,28$ m², így pl. 2,1x2,1 m raszter esetén $A/A_c = 3,5/0,28 = 12,4$. A kavicscölöp anyagára osztályozott homokos kavicsot tételezhetünk fel, melynek belső súrlódási szöge $\varphi=40^\circ$. Ezekkel Priebe diagramjából $n \approx 1,5$ javulási arány olvasható le, vagyis a süllyedések kétharmadukra csökkennek.

Az előbbieken vázolt, a 4. táblázattal érzékeltetett módon számítottuk a horizontális és a vertikális konszolidáció, illetve talajjavító hatás figyelembevételével az 1. táblázatban már ismertetett kavicscölöp vagy szalagdrén-kiosztásokat, melyekkel elérhető volt, hogy az építés kezdetétől számított 6 hónap idő után már ne legyen több 2 cm-nél a hátralevő süllyedés.

A süllyedések előrejelzését illetően külön meg kellett vizsgálnunk a másodlagos összenyomódásból származó süllyedéseket. Ebből a szempontból az itt előforduló talajok – szerencsére – kevéssé veszélye-

Konszolidációs fok és hátralevő süllyedés

s	D	D ²	d	n
m	m	m ²	m	-
1.50	1.58	2.48	0.064	25

t	t	T _v	U _v	1-U _v	T _r	U _r	1-U _r	U	U	s	s _n
hónap	sec	-	-	-	-	-	-	-	%	m	cm
2	5E+06	0.04	0.2	0.8	0.13	0.3	0.7	0.47	47	0.04	4.4
4	1E+07	0.07	0.3	0.7	0.25	0.6	0.4	0.70	70	0.06	2.5
5	1E+07	0.09	0.4	0.60	0.31	0.7	0.3	0.80	80	0.07	1.7
12	3E+07	0.22	0.6	0.4	0.75	0.9	0.1	0.96	96	0.08	0.3

sek, mivel legfeljebb közepesen kötöttek, ritkán puhák és csak kevéssé szervesek. Ezzel összhangban vannak a 2. táblázatban szereplő c_α kúszási indexek is, közülük a legnagyobb érték is csak 0,0009, (tözegek esetében ez kb. egy nagyságrenddel nagyobb). Számításaink szerint több évtized alatt legfeljebb 1-2 cm süllyedés várható. Úgy gondoljuk, hogy ez a süllyedés ilyen időtartam alatt elviselhető, a pálya egyébként is szükséges fenntartási munkái ezeket kezelni tudják, így a továbbiakban ezzel nem számoltunk.

6. A kivitelezés és az ellenőrző süllyedésmérések

A kivitelezés 2005 márciusában kezdődött a 3. fejezetben megadott technológiákkal. A kavicscölöpözést a Keller Hungária Kft. végezte, a szalagdréneket az EMAB Rt. fűzte le. Mindkét technológia gond nélkül megvalósítható volt. A töltés alá tervezett erősített rétegszerkezetet és magát a töltéstestet a Betonút Rt. építette meg – szintén komplikáció nélkül. A kivitelezési munkákat szemlélteti a 4. és az 5. ábra.

A 8 függőlegesen drénezett szakasz legkritikusabbnak látszó helyein süllyedésmérésre is sor került, hogy a folyamatot ellenőrizhessük és kézben tarthassuk. Ezt az EMAB Rt. hidrosztatikus mérőberendezéssel



4. ábra: A függőleges szalagdrének

a töltés alá fektetett mérőcsőben végezte, mellyel a teljes töltésszelvény függőleges mozgásait lehet feltérképezni. A méréseket a kivitelezés megkezdésétől a töltés építés ütemében folyamatosan végzik és értékelik. Példaként a 6. és a 7. ábrán bemutatjuk az egyetlen kavicscölöpös és az egyik szalagdrénes szakaszon eddig észlelt legfontosabb mérési adatokat. Ezeken látszik, hogy

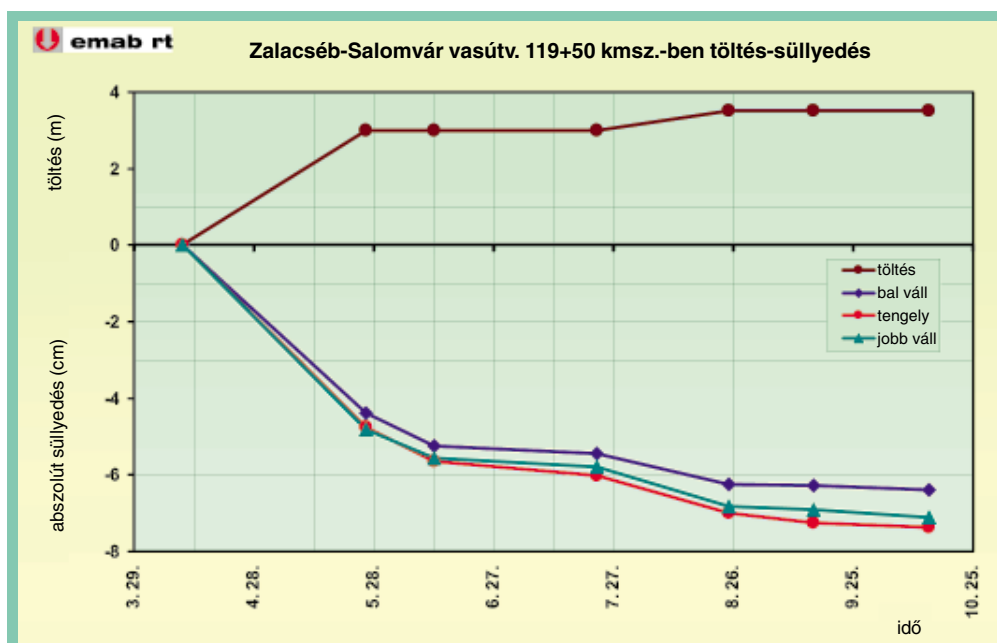
- a töltésépítést mindegyik szakaszon augusztus végén fejezték be;
- az utolsó terhelési lépcső hatására bekövetkezett süllyedés mértéke mindegyik esetben az addig bekövetkezett abszolút süllyedés nagyságával arányos;
- mind a szalagrén, mind a kavicscölöp valóban csökkentette a konszolidációs időt, az építés befejezése után 2 hónappal a konszolidáció csaknem befejeződött;
- a kavicscölöpözés csökkentette a teljes süllyedést, a becsült süllyedés nagysága is kb. 8 cm volt;
- a szalagdrénes szakaszon 11 cm süllyedést becsültünk meg, s eddig kb. 9 cm következett be.

Összességében az eddigi mérésekből az állapítható meg, hogy a tervezett megoldások megfelelő eredményt hoztak. A mért süllyedések abszolút értéke kb. a számítottaknak felel meg. Egyetlen szakaszon, a 124+50 – 126+50 szakaszon mutatkozik a töltésépítés befejezése után 2 hónappal 5 cm-rel nagyobb süllyedés a vártnál. A konszolidációs idők általában rövidebbek, mint amire számítottunk, az építés után két-három hónappal a konszolidáció gyakorlatilag befejeződik.

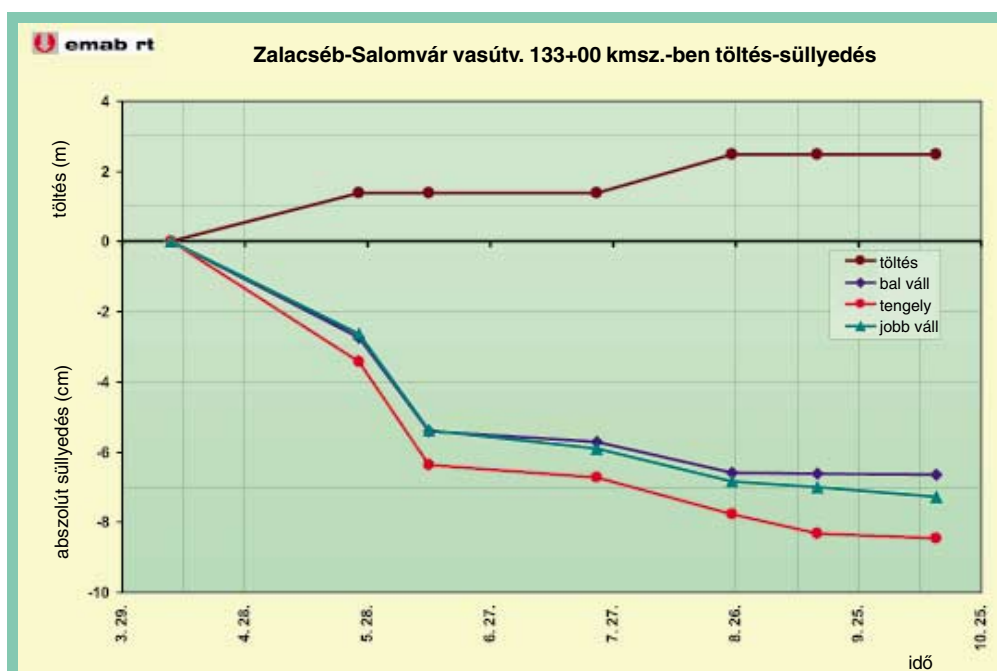
A megoldandó kérdések az építés időtartamának, illetve a költségeknek a csökkentésére irányultak. A mérési eredmények azt mutatják, hogy ezek a szerkezetekkel a konszolidációs idő kb. 4-5-ére csökkent, a kavicscölöpökkel a süllyedés nagysága is csökkent. A költséges talajcserék



5. ábra: A kavicscölöpözés



6. ábra: Süllyedésmérési eredmények a kavicscölöpös szakaszon



7. ábra: Süllyedésmérési eredmények az egyik szalagdrénes szakaszon

helyett rétegszerkezettel, illetve szalagdrénezéssel, valamint a kavicscölöpök helyenkénti cseréje szalagdrénekkal a kivitelezés költségét jelentősen csökkentette.

Irodalom

Kézdi Á.: Talajmechanika I, Tankönyvkiadó, Budapest, 1972

Varga L.: Geotechnika III, Tankönyvkiadó, Budapest, 1986

H. Priebe: Abschätzung des Setzungsverhaltens eines durch Stopfverdichtung verbesserten Baugrundes (Die Bautechnik 53 1976, H5.)

„Remblais sur sols Compressibles”

Zalalövő állomás (kiz.) – 155+00 szelvények közötti vonalszakasz, Zalacséb-Salomvár állomás (64+80-80+00) kiviteli terv. Készítette: MÁVTI Kft. és INFRAPLAN Rt., tervszám: IP-108/2003, Budapest, 2004. 01. hónap

Zalalövő állomás (kiz.) – Zalaegerszeg állomás (kiz.) közötti vonalszakasz, Zalacséb-Salomvár (kiz.) –

Andráshida (kiz.) (80+00–155+07) kiviteli terv. Készítette: MÁVTI Kft. és INFRAPLAN Rt., tervszám: IP-107/2003, Budapest, 2003. 12. hónap

Zalalövő – Zalaegerszeg – Boba vasútvonal rehabilitációs munkái, Zalacséb-Salomvár (bez.) – 155+00 szelvény közötti vonalszakasz módosított tervei. Talajmechanikai szakvélemény. Készítette: MÁVTI Kft., tervszám: 11457/A/6, Budapest, 2004. 04.

Zalalövő – Zalaegerszeg – Boba vasútvonal rehabilitációs munkái, Andráshida (KIZ.) vonalszakasz (64+00 – 155+07) Műszaki leírás a vasúti pálya kiviteli tervének fedvénytervéhez. Készítette: dr. Horvát Ferenc, dr. Kiss Ferenc, Koch Edina, Győr, 2005. 01.

Zalalövő – Zalaegerszeg – Boba vasútvonal rehabilitációs munkái, Andráshida (KIZ.) vonalszakasz (64+00 – 155+07) Geotechnikai terv a vasúti pálya kiviteli tervének fedvénytervéhez. Készítette: Koch Edina, Győr, 2005. 01.

Koch E. : Süllyedésmérés az autópálya-építéseken . Mélyépítés, 2004. július–szeptember

Nemzetközi szemle

A személyek utazásainak és az áruk mozgásának mérése: a Közlekedés-statisztikai Hivatal felméréseinek áttekintése

*Measuring Personal Travel and Goods Movement:
A Review of the Bureau of Transportation Statistics'
Surveys*

Jill Wilson

*TR (Transportation Research) News 2004. 5.
p. 28-31, á:-, t:-, h:2.*

Az USA Közlekedés-statisztikai Hivatala két átfogó felmérést végez: a Nemzeti Háztartási Utazásfelvétel a személyek helyváltoztatásainak megismerését, a Teherárúk Mozcásfelvétele a szállítások alakulásának figyelemmel kísérését célozza. A felméréseket a közelmúltban áttekintették és értékelték abból a szempontból, hogy azok mennyiben felelnek meg a felhasználók igényeinek, és mennyire képesek releváns adatokat biztosítani a közlekedést érintő politikai és beruházási döntések megalapozásához. A Közlekedés-statisztikai Hivatalt 1991-ben hozták létre, és az USA

Közlekedési Minisztériumának irányítása alatt működik. A legutóbbi Nemzeti Háztartási Utazásfelvétel 1991-ben végezték két lépcsős telefonos kikérdezéssel. Az első lépcsőben a válaszolni kész háztartások alapadatait vették fel, majd térképet és naplót küldtek postai úton ezeknek a háztartásoknak, melynek segítségével rögzíthették utazásaikat. Ezt követte a második adatgyűjtő interjú, amikor egy meghatározott nap helyváltozásairól és az elmúlt 4 hét távolsági utazásairól kaptak információt a kérdezők. A 41%-os válaszadási arány és a mobil telefonok elterjedése e módszer jövőbeni alkalmazását kétségessé teszi. A Teherárúk Mozcásfelvétele kiválasztott iparágak cégeinek mintavételes felmérésén alapul. A bányászat, a termelő ipar, a nagykereskedelem és részben a kiskereskedelem vállalatai szerepelnek a mintában. Az adatgyűjtés minden közlekedési ágra kiterjed, ide értve a csővezetékes szállítást is, kiemelten foglalkozva az intermodális szállításokkal. Az áttekintés megállapította, hogy a két fő felmérésre a továbbiakban is szükség van. A jövőben a felméréseket Internet alapúvá kívánják tenni, és nagyobb figyelmet fordítanak a felhasználói igények és visszajelzések megismerésére.

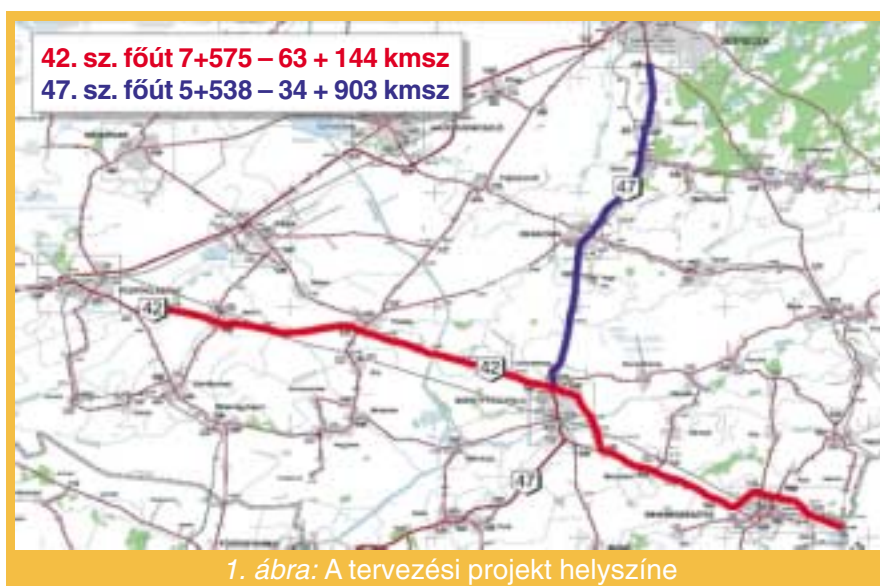
G. A.

Főútvonalak burkolat-megerősítésének tervezői tapasztalatai¹

Pej Kálmán²

1. A projekt célja és helyszíne

Közismert, hogy hazánkban az elkövetkezendő években kb. 1400 kilométer hosszúságú főútvonal burkolatát kell megerősíteni. Erre alapvetően az Európai Unióban a főútvonalakra megengedett 11,5 tonna (115 KN) tengelyterhelés érdekében kerül sor. A tervezési munka egyik része a 42-es számú elsőrendű főút 7+575-63+144 kmsz. közötti, kb. Püspökladány közigazgatási határától az országhatárig terjedő szakasza volt, amelynek hossza 55 569 m. A feladat másik része a 47-es számú másodrendű főút 5+538-34+005 kmsz. (Debrecen és Mikepércs közigazgatási határától a berettyóújfalui körforgalmú csomópontig tartó szakasz, amelynek hossza 28 467 m) közötti szakaszára vonatkozott. A tervezési munka generál tervezője, illetve koordinátora az Encon Kft. volt. Irodánk, a TANDEM Mérnökiroda Kft. az útépítési és forgalomtechnikai tervdokumentációkat készítette el. A tervezési projekt elhelyezkedéséről az 1. ábra ad tájékoztatást.



1. ábra: A tervezési projekt helyszíne

Az útpályák leromlott állapotát a 2–7. ábrákon mutatjuk be. Látható, hogy az útpálya egyes szakaszain az aszfalt burkolat az élettartamának végére ért.



2. ábra: Padka és burkolatszél (47. sz. főút)



3. ábra: Burkolatszél részlete (47. sz. főút)



4. ábra: Külterületi útszakasz (42. sz. főút)

¹ A 33. Útügyi napokon tartott előadás szerkesztett változata

² Okl. építőmérnök, ügyvezető, TANDEM Mérnökiroda Kft.; tandempej@axelero.hu



5. ábra: Burkolati hiba részlete (42. sz. főút)



6. ábra: Nyomvályús útszakasz (47. sz. főút)



7. ábra: Kátyúzás után (42. sz. főút)

2. A tervezési feladat megközelítése

A munka során többféle faktort kellett figyelembe venni és elemezni.

2.1. A tervezési munka bemenő adatai

OKA-adatok

Az Országos Közúti Adatbank adatait a Hajdú-Bihar Megyei Állami Közútkezelő Kht. adta át. Az adatokból meg tudtuk határozni az ún. homogén pályaszerkezetű szakaszokat, az egyes pályaszerkezeti rétegek típusát, anyagát, a rétegek beépítésének időpontját. E nyilvántartás adatait nem bíráltuk fölül, de az adatállomány korszerűsítésére mindenképpen szükség lenne. Annál is inkább, mert az előkészítés során az egyes utakról mind a behajlásról, mind az egyes szerkezeti rétegekről, mind azok plasztikus deformációs hajlamáról adatokat nyertünk. Ezekkel az adatokkal ki lehetne egészíteni az OKA „irodai” adatállományát.

Fúrt magminták

A tervezés előtt az UKIG mint beruházó kilométerenként magmintákat fúratott, és meghatározta azok főbb fizikai jellemzőit, továbbá behajlásmérést végeztetett. Ezek közül legfontosabb adatként az egyes rétegek plasztikus alakváltozási hajlama érdekelt bennünket a legjobban, hiszen a megerősítés pályaszerkezeti rétegrendjének meghatározásában ennek nagy jelentősége van. A fúrt magminták, és az előrebecsült forgalom nagyságok alapján a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Útépítési Tanszéke javaslatot adott a pályaszerkezet megerősítés rétegrendjére. Alapelveként azt javasolta, hogy amennyiben a deformációra hajlamos réteg a felső rétegekben található, akkor azt marással el kell távolítani. Ahol azonban mélyebben fekvő rétegek helyezkednek el, ott azokat az újabb pályaszerkezeti rétegek vastagságának megválasztásával olyan mélységre kell helyezni, hogy a terhelésből származó feszültségek ne okozzanak plasztikus deformációt.

Forgalmi adatok

A pályaszerkezet és a csomópontok méretezéséhez szükséges forgalmi alapadatokat a 2003. évi Országos keresztmetszeti forgalomszámlálási adatokból merítettük.

2.2. A tervezési szabványok előírásai

A tervezési szabványokat nem kívánom felsorolni, hiszen egyrészt folyamatosan változnak, másrészt bárki elmélyedhet bennük, de van néhány megfontolásra ajánlott javaslatom.

- Az egyik észrevételem a nehéz tehergépjárművek egységjármű átszámítási szorzószámára vonatkozik. Aki nap mint nap közlekedik teherforgalommal zsúfolt úton, az érzékelheti, hogy a nehéz tehergépjármű szorzószám túlságosan kicsi érték. Mind a külsőségi, mind az átkelési szakaszok tengelyterhelési és csomóponti kapacitás problémáját a nehéz, szerelvényes gépjárművek okozzák. Ha egy 18,0 méter hosszú szerelvény esetében csak a területigényét vesszük alapul, akkor láthatjuk, hogy 4 db személygépkocsi területét foglalja el egyetlen szerelvény!

– A másik észrevételem a pályaszerkezet méretezésre vonatkozik, amikor a 10,0 tonnás tervezési forgalmat 1,5-ös szorzószámmal alakítjuk át 11,5 tonnás forgalmi értékre és ez alapján határozzuk meg a típus pályaszerkezeteket. Az már régóta közismert, hogy a pályaszerkezetek tönkremenetele a tengelysúly 4. hatványával arányos. Sőt dr. Nemesdy Ervin professzor egy szakcikkében az 5., sőt magasabb hatványú összefüggésekre hívta föl a figyelmet. De nézzük meg csak a 4. hatványt, eszerint:

$$10^4 = 10\ 000$$

$$11,5^4 = 17\ 490$$

$$11,5^5 = 201\ 135$$

Meglátásom szerint ebből viszont az következik, hogy a jelenlegi szabvánnyal alulméretezzük az utak pályaszerkezetét. Erre nem lenne szükség, hiszen az EU finanszírozza a beruházási költség felét, így éppen most lenne itt az ideje a megfelelő teherbírási útpályák kialakításának. Ez a kérdés mindenképpen rendezendő, hiszen több száz kilométer útpálya burkolat erősítésére kerül majd sor az elkövetkező években, ezért az 1,5-ös szorzó helyett legalább az 1,75-ös szorzószám használatát ajánlom.

– A harmadik ide vágó észrevételem az, hogy a típus pályaszerkezetek alacsony forgalmi értékű tartomá-

nyai cizelláltak, ugyanakkor a magasabb tartományoknál túl nagy az ugrás. Ez már ma is szembeütő, ha azonban a szorzószám esetleg megváltozik, akkor a felső tartományokhoz tartozó típus pályaszerkezetek rétegrendjének ismételt átgondolása valószínűleg nem kerülhető el.

2.3. A tervezési szabványok használhatósága

A tervezők életét nagyon megnehezíti a jelenlegi szabványok rendszere. A kezelhetőséget nagyon akadályozza az, hogy túl sok rész-témára vannak bontva! Van olyan szabványunk, amely lényegében egy oldalból áll! A tervezés során gyakran két, három vagy több szabvány egyidejű figyelembevétele szükséges, de akkor még nem beszéltem a szabványokban szereplő hivatkozásokról. Az elnézés, a tévesztés, a nem naprakész szabványok használatának nagy az esélye, ami a műszaki létesítmény szempontjából rendkívül káros. Hogy sem a tervezők, sem a hatóságok szempontjából nem jó a jelenlegi gyakorlat, abban biztos vagyok. A szabványok számának csökkentését javaslom. Az egyes, tematikusan összetartozó szabvány anyagokat célszerű lenne összevonni, és egy anyagban megjelentetni. Például: Külterületi gyorsforgalmi utak tervezésének szabványa; Belterületi gyorsforgalmi utak szabványa stb.

1. táblázat

42. sz. főút

A külterületi szakaszok jelölése

Szakasz kód	Építmény kód	2A projektlem szelvényhatárok	Hossz (m)	Az építmény jellege	Megjegyzés	
S-4210	S-4211	7+575–11+602	4027	külterület	szélesítés	
	S-4212	10+165		1494 Hamvas csat.	hídfelújítás	
S-4230	S-4230	14+473–22+650	8177	külterület		
S-4250	S-4251	24+910	12650	1495 Sárréti csatorna	híd pályalemez erősítés	
	S-4252	28+960		1496 Keleti Főcsat. híd	keresztgerenda csere	
	S-4253	31+306		1497 Kálló-ér csat.	hídfelújítás	
	S-4254	23+800–36+450		külterület		
S-4270	S-4271	41+548	3298	1508 Berettyó	felújítás	
	S-4272	42+348–42+408		60	1502 vasúti fj.	felújítás
	S-4273	39+050–42+348		külterület		
	S-4274	42+408–44+294		1886	külterület	szélesítés
	S-4275	44+294–44+925		631	külterület	csomópont
	S-4276	44+925–47+825		2900	külterület	
S-4290	S-4291	49+050–55+010	5960	külterület		
	S-4292	55+010–60+001	4991	külterület	Biharkeresztes elker.	
	S-4293	60+001–63+144	3143	külterület		
Összesen:			47723			

42. sz. főút

Szakasz kód	Építmény kód	2A projektlem szelvényhatárok	Hossz (m)	Az építmény jellege	Megjegyzés
S-4710	S-4711	5+538–8+350	2812	külterület	Gugyori csomópont
	S-4712	6+875		1911 Kondoros csat. híd	felújítás
S-4730	S-4730	11+739–19+146	7407	külterület	Sárándi csomópont
S-4750	S-4751	23+178	10921	1912 Kati-ér csat. híd	új felszerkezet
	S-4752	23+084–34+005		külterület	
Összesen:			21140		

A jogászok körében használt CompLex jogszabálytárhoz hasonlóan javasolom bevezetni az útépítő szakma „Útkomplex” szabványtárát, amelyet időnként új CD megjelenítésével célszerűen frissíteni lehetne. Végül egy utolsó kérés: ha lehetséges, akkor az új szabványok megjelenése meghatározott időponthoz vagy időpontokhoz legyen kötve, mert így a figyelemmel kísérése sokkal egyszerűbb lenne.

2.4. Baleseti adatok

A tervezés során megvizsgáltuk a két főút baleseti adatait, amit szintén a kht. bocsátott rendelkezésünkre. Elemeztük a balesetek okait, és a levonható tanulságokat fölhasználtuk a tervezés során. Például a 47-es út egy kis sugarú ívében több súlyos pályaelhagyásos baleset történt, ezért a tervezés során a tervezési sebességhez tartozó ívkorrekciót terveztünk.

A baleseti adatok nyilvántartásában sajnos nem szerepelnek az anyagi káros balesetek! Pedig az anyagi káros balesetek elemzése hozzájárulhatna a forgalombiztonsági rendszer körültekintőbb kialakításához. Ez esetben jogszabályi előírással kellene kötelezni a biztosító társaságokat az anyagi káros balesetekkel kapcsolatos adatszolgáltatási kötelezettségre.

3. A tervezési munka szakaszolása

A tervezési munka első lépéseként elvégeztük a szakaszolást. Az úttervezést alapvetően a két főútra, majd az egyes útszakaszokat külterületi és belterületi szakaszokra osztottuk. Ezután a szakaszokat betű és számjellel azonosítottuk. A szakaszokon belül az egyes építményeknek építménykódot adtunk. Az építménykód a szakasz kódra alapul. A kül- és belterületi szakaszok jelölésének összefoglaló táblázatát az 1. és a 2. táblázat szemlélteti. A látszólag bürokratikus megközelítés nem öncélú, hiszen az egyes szakaszokat nemcsak a tervezés, hanem még számos munkarész során (költségbecslés, kivitelezési pályázat stb.) is azonosítani kell.

4. A tervezéskor megoldandó feladatok

A tervezési munka komplex feladatot jelentett, amelynek során a következő vizsgálatokat kellett elvégeznünk.

- A program megvalósításának egyik célja, hogy alkalmassá tegye a kiválasztott utakat, illetve a rajtuk lévő hidakat a 11,5 t-ás megengedett tengelyterhelés, továbbá a 44 t-ás megengedett tömeg bevezetésével járó többletterhelések károsodás nélküli elviselésére. Másrészről a lehetőségekhez képest emelni kell a forgalombiztonsági és a szolgáltatási színvonalat.
- A burkolatok megerősítése a meglévő pályaszerkezeti rétegek és azok fizikai állapotának figyelembevételével.
- A burkolatok, padkák szélesítése, amelynek során cél a KTSZ előírásai szerinti keresztmetszeti kialakítás.
- A csomópontok korszerűsítése, amely kiterjedt a csomópontok forgalmi méretezésére, a kanyarodó sávok kialakítására, a meglévő kanyarodó sávok jellemzőinek az ellenőrzésére.
- Kisebb nyomvonal korrekciók.
- Szigetes forgalomcsillapítók létesítése a települések be- és kilépő oldalán.
- Kerékpárutak létesítése a forgalombiztonsági szempontból indokolt szakaszokon.
- Hidak megerősítése, szélesítése, átépítése.
- Járulékos munkák (közművek, víztelenítés, forgalomtechnika stb.).

5. A tervezés koncepcionális szempontjai

A koncepcionális szempontokat részben a megbízó, részben a tervezési szempontok, részben a tervezési szabványok határozták meg. Ezeket két fő csoportra lehet osztani.

5.1. A pályaszerkezettel kapcsolatos szempontok

A pályaszerkezet erősítő aszfaltvastagságait a 2004-ben hatályos, „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése” c. ÚT 2-1.202:2003 Útügyi Műszaki Előírás alapján határoztuk meg. (Ez a szabvány ma már nem érvényes)

A méretezési eljárás során figyelembe kellett venni a forgalomszámlálási szakaszolás szerinti TF tervezési forgalmat – amely a tervezési élettartam alatt az

2. táblázat

42. sz. főút

A belterületi szakaszok jelölése

Szakasz kód	Építmény kód	2B projektelemszelvényhatárok	Hossz (m)	Az építmény jellege	Megjegyzés
S-4220	S-4220	11+602–14+473	2871	belterület	Báránd
S-4240	S-4240	22+650–23+800	1150	belterület	Földes
S-4260	S-4260	36+450–39+050	2600	belterület	Berettyóújfalu
S-4280	S-4280	47+825–49+050	1225	belterület	Mezőpeterd
Összesen:			7846		

47. sz. főút

Szakasz kód	Építmény kód	2B projektelemszelvényhatárok	Hossz (m)	Az építmény jellege	Megjegyzés
S-4720	S-4720	8+350–11+739	3389	belterület	Mikepércs
S-4740	S-4740	19+146–23+084	3938	belterület	Derecske
S-4760	S-4760	34+005–34+903	898	belterület	Berettyóújfalu
Összesen:			8225		

úton áthaladó egységtengelyek darabszámát adja – (a méretezéskor a 11,5 tonnás egységtengely áthaladási darabszámmal számoltunk) **majd a statikus behajlások alapján vagy az összehasonlító módszerrel kiszámítottuk az erősítő réteg szükséges vastagságát.**

A méretezéshez fölhasználtuk a megbízó által megadott szempontokat is, amelyek közül a legfontosabbak voltak:

- A régi és az új pályaszerkezeti rétegek közé kiegyenlítő aszfalt réteg nem tervezhető.
- Forgalmobiztonsági szempontból mind a 42-es, mind a 47-es főút teljes hosszában azonos kopóréteg készüljön.

A pályaszerkezeti rétegek konkrét meghatározásakor fölmerültek azonban olyan szempontok és kérdések is, amelyek a megbízó (UKIG) által átadott tanulmány ajánlásaitól eltérnek.

A javasolt rétegrend a közúti terhelési igénybevételeket leginkább követő klasszikus rétegrend volt:

- aszfalt kopóréteg,
- aszfalt kötőréteg,
- aszfalt alapréteg,
- a régi és az új pályaszerkezetet összekötő réteg.

a.) A pályaszerkezet méretezés és a rétegrend meghatározásának legfontosabb szempontja az volt, hogy az útpályaszerkezet tervezési élettartamán belül a lehető leghosszabb ideig ellenálljon a burkolat a nehéz tehergépjárművek nyomvályúsító terhelésének.

b.) A régi és az új pályaszerkezet megfelelő kapcsolatát rendkívül fontosnak ítéltük. Vékony, egyrétegű erősítő réteg esetében – amely alatt a meglévő felület repedezett – nagy a kockázata a repedések átterjedésének. A megbízótól (UKIG) kapott tanulmányban javasolt SAMI feszültségelosztó réteget indokoltan tartottuk. Feszültségelosztó réteggént két típust javasolunk:

- A **SAMI 1** típus alkalmazását javasoljuk azokon a felületeken, ahol egy rétegű aszfalt burkolat kerül a meglévő útpályára. Ebben az esetben forró bitumenes (bitumen emulzió nem megfelelő!) permetezésre impregnált bazalt zúzalék terítése szükséges. Mivel egy rétegű megerősítést sehol nem terveztünk, ezért ilyen réteget csak tanulmányterv szinten alkalmaztunk.
- Feszültségelosztó réteget csak speciális helyeken javasoltunk. Ilyen például a szélesítéseknél az aszfaltrétegek csatlakozása. **Két réteg aszfalt alá** forró bitumenes permetezést és üvegszál erősítésű geotextíliát együttesen javasoltunk. A permetezés szerepe a bitumenszegény felső réteg dúsítása és a repedések kitöltése. A forró bitumen javasolt mennyisége 0,4-0,6 kg/m², attól függően, hogy milyen a felület fölvevő képessége. Erre kerülhet rá az üvegszál erősítésű geotextília. Az üvegszál erősítésű aszfaltrács szakítószilárdsági értéke mindkét irányban minimum 100 kN/m értékű legyen.

- c.) A változó vastagságú kiegyenlítő réteget a megbízó (UKIG) tanulmánya nem támogatta. Véleményünk szerint sem megfelelő módszer az oldalesés problémák kezelésére. Viszont vizsgálataink szerint számolni kell azzal, hogy a jelenlegi útpálya profilja nem megfelelő. Ezt az akadályt változó vastagságú profilmarással javasoltuk elhárítani.
- d.) Az mAB-12/F jelű polimerrel módosított bitumenes kötőanyagú kopóréteg terítési vastagságát a szabvány 40-65 mm-ben határozza meg. A teljes tervezési szakaszon egységesen mAB-12/F jelű réteg beépítését irányoztuk elő 40 mm vastagságban.
- e.) Az útpályaszerkezet két felső rétegében, azaz a kopó- és a kötőrétegben az ásványi váz anyagát eruptív kőzetből javasoljuk. Ennek az az oka, hogy – bár a szabvány engedélyez más kőzetanyagot is – ez a legtartósabb kőanyag.
- f.) A szélesítésre vonatkozó pályaszerkezeti vizsgálatunkat 2004-ben végeztük el az akkor érvényes ÚT 2-1.202:2003 „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése” című utügyi műszaki előírás szerint. Ennek 6.6. pontja alapján a tervezőnek választási lehetősége van a pályaszerkezeti típus meghatározására. A fő kérdés az, hogy az aszfalt burkolatok alatt milyen alapréteg legyen. A szerkezet egyeztetések után CKt alapréteget terveztünk.
- g.) Azokon a szakaszokon, ahol a program útpálya szélesítést irányzott elő – ha ezt a jogi határvonalak lehetővé teszik –, törekednünk kell az egy oldalú útpálya-szélesítésre.

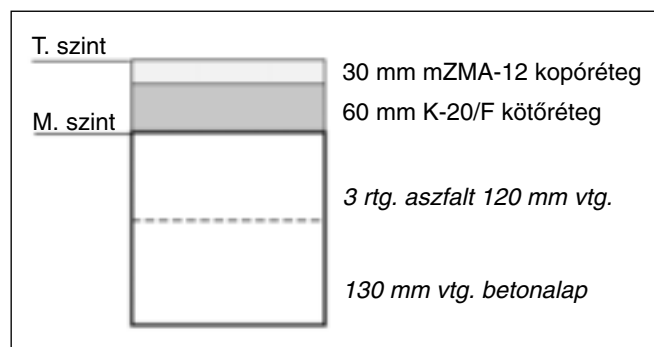
A következőkben bemutatjuk egy 42-es úti szakaszra vonatkozó pályaszerkezet méretezés vizsgálatát (a részletes számítások mellőzése nélkül).

1. szakasz: *érvényességi határok:* **7+800–12+063**
jelleg: **külterület**

Az átadott (UKIG) tanulmány pályaszerkezeti javaslat szelvényhatárai: 8+000–12+474

a méretezés módszere: behajlás alapján
az erősítő réteg vastagsága: 90 mm

A korábbi pályaszerkezet méretezést a tervezés során irodánk is elvégezte, hiszen nyilvánvalóan a tervező felelőssége a tervezett pályaszerkezet.



8. ábra: Az átadott (UKIG) tanulmány pályaszerkezeti javaslat

A tervező pályaszerkezeti javaslata

Alap paraméterek:

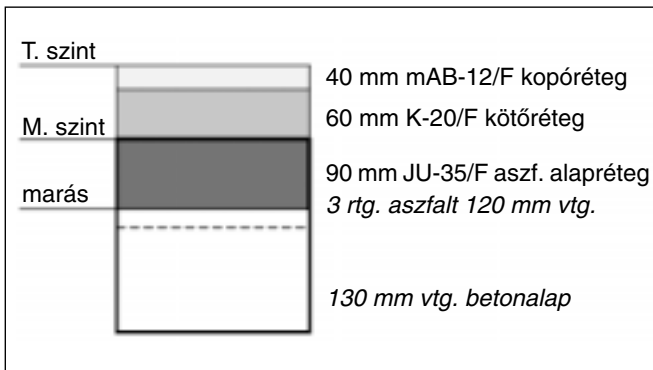
tervezési forgalom (F115):	6 133 449
forgalmi terelési osztály:	E
mértékadó behajlás:	0,73 mm
megengedett behajlás:	0,39 mm
az erősítő réteg szükséges vastagsága:	90 mm

Beépítésre javasolt: 90 mm marás

40 mm vtg. mAB-12/F

60 mm vtg. K-20/F

90 mm JU-35/F



9. ábra: A beépítésre javasolt pályaszerkezet

A beavatkozási javaslat indoklása: Ezen a szakaszon útpálya szélesítés és erősítés egyaránt szükséges. A meglévő pályaszerkezet előregedett, a burkolat állapota nagyon rossz. Nagy felületű burkolathibák vannak. A repedések láthatóan több réteg aszfalt áthatolnak. A felső, élettartamuk végére ért aszfalt kopórétegek marását szükségesnek tartjuk egészen a kötőréteg szintjéig, ami 80 mm vastagságú. A 90 mm marási vastagságot a JU-35/F jelű alapréteg minimális technológiai beépítési vastagsága indokolja.

Az irodánk által elkészített pályaszerkezet méretezést végül az UKIG kisebb módosításokkal hagyta jóvá és ez alapján kezdődött meg az érdemi tervezési munka.

5.2. A tervezés szempontjai

- A szélesítéses szakaszokon a keresztmetszet minden elemét (pl.: a forgalmi sáv szélessége, útpadka szélesség, oldalesés stb.) szabványossá kell tenni. A szélesítést lehetőleg egy oldalon kell végrehajtani.
- A szélesítés nélküli szakaszokon a keresztmetszvény valamennyi elemének szabványossá tételét csak aránytalanul nagy költségek árán lehetett volna megvalósítani, ezért ezeken a szakaszokon csak a forgalmi sáv szélességeket és az esés viszonyokat terveztük szabványossá.

6. A tervezés gyakorlati problémái és az alkalmazott megoldások

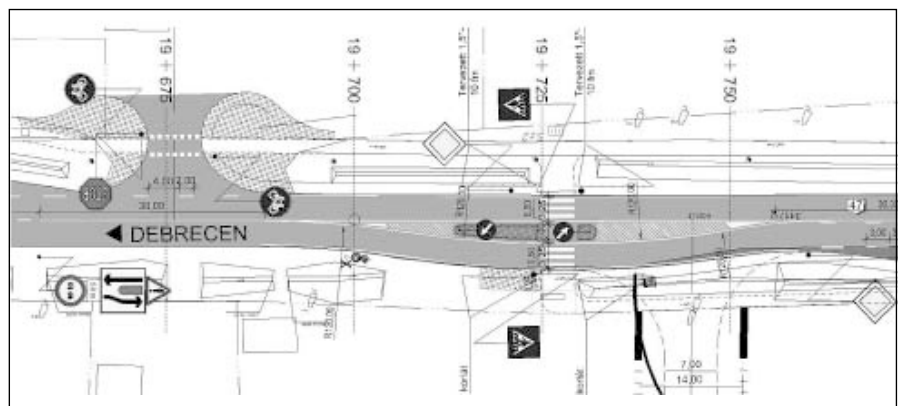
• Helyszínrajzi kialakítás

Az útpályák külterületi szakaszain a helyszínrajzi kialakítás lényegében nem változott. Egyedül az merült föl kérdésként, hogy a becsatlakozó utak sárrázó burkolata milyen hosszúságú legyen. A beruházói érdekek a lehető legrövidebb hosszúságú burkolatot, a kht. 100 méter hosszúságot kért, a tervünkben a lekerekítő ív végéig alakítottunk ki aszfalt burkolatot. Hosszabb aszfaltos szakasz sem eredményezi a sár lerázását. Az igazság valahol a kettő között van, de ki lehetne alakítani hatékony sárrázó burkolatot is. Belterületi szakaszokon már más a helyzet, hiszen jelzőlámpás csomópontokat, középszigetes gyalogos átkelőhelyeket alakítottak ki. Egy új gyalogos átkelőhely tervezett kialakítását mutatja be a 10. ábra.

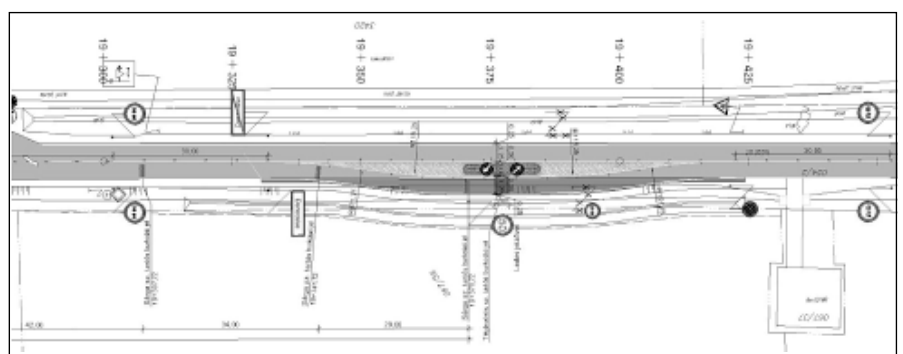
• Forgalomlassító szigetek

A szigetek geometriai kialakítását a mellékelt rajzrészlet mutatja be. A forgalomlassító sziget geometria képét tervezési segédlet határozza meg. A tervekben ennek megfelelően építettük ki a szigetet. Sajnos a forgalomlassító szigetek hatása a gyakorlatban nem elegendő a sebesség csökkentésére. Mivel a tervezési irányelveket be kellett tartanunk, így a geometrián nem tudtunk változtatni, ezért forgalomtechnikai beavatkozásokkal igyekeztünk hatékonyabbá tenni a lassítást. Egyrészt a lakott terület kezdete jelzőtáblát a sziget előtt helyeztük el, másrészt a belépő oldalon vörös színű burkolatot és ledes kialakítású sebességkorlátozó jelzőtáblát terveztünk.

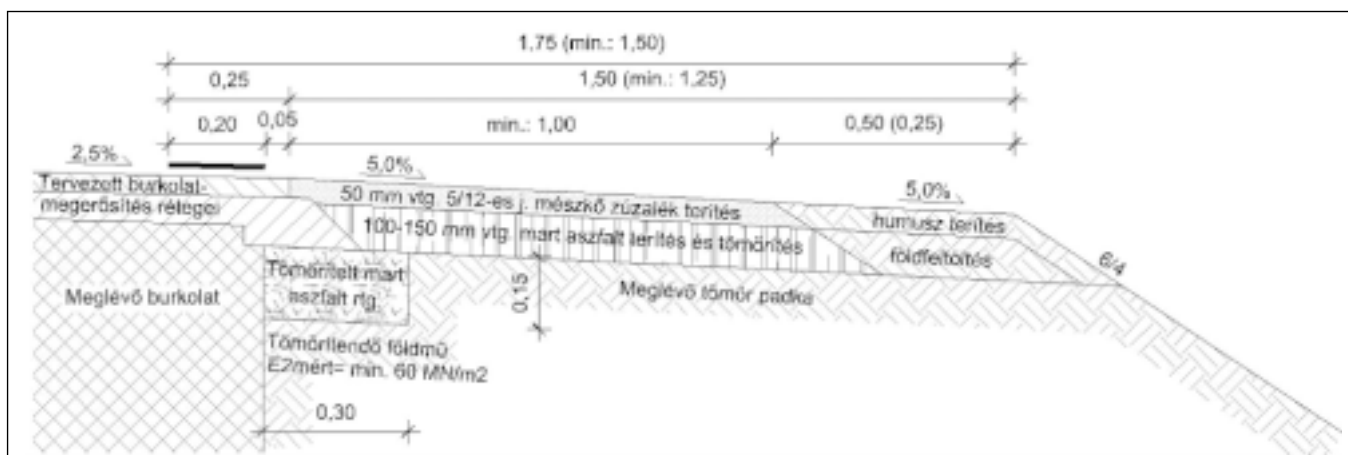
A 11. ábrán bemutatott forgalomlassító szigetek geometriai kialakításának tervezési irányelvét célszerű



10. ábra: Középszigetes gyalogos átkelőhely kialakításának részlete



11. ábra: Forgalomlassító sziget helyszínrajzi kialakításának részlete



12. ábra

lenne újragondolni annak érdekében, hogy azok ténylegesen kikényszerítsék a kívánt sebesség csökkentő hatást.

• Magassági kialakítás

A külterületi szakaszokon nem okozott problémát a burkolaterősítés. Viszont az útpályák hossz-szelvényi kialakítása csak kismértékben változtatható. Az egyik lehetőség a marás, a másik az erősítés legalso rétegvastagságának a változtatása a szabványban megadott szűk határértékek között. A harmadik lehetőség a kettő kombinációja. Tehát a kopóréteg mindenütt állandó vastagságú. Belterületi szakaszokon más a helyzet. A kiemelt szegélyes kialakítás és a kapubehajtók kötöttsége nem teszi lehetővé a pályaszint-emelést. Ezekon a szakaszokon sajnos ki kell marni az aszfaltrétegeket, és a 11,5 tonnás teherbírásnak megfelelő új aszfaltrétegeket kell beépíteni.

• Oldalesés

Az volt a tapasztalatunk, hogy a 42-es út oldalesés viszonyai rendben voltak, azonban a 47-es úton hosszú szakaszokon elfajult oldalesés volt. Mivel kiegyenlítő réteg tervezésére nem volt lehetőség, ezért a szabványban előírt oldalesés értéket részben a legalsó réteg vastagságának változtatásával, részben profilmarással, részben a kettő kombinációjával lehetett elérni.

• Túlemelés

Az ívekben – az oldalesésnél leírt módszerrel – megterveztük az ívekhez tartozó szabványos túlemeléseket.

• Burkolatszélesség

A forgalmi sávok burkolatszélességének szabványos kialakítása azért ütközött nehézségekbe, mert az előzőleg elvégzett rehabilitációk során a rétegek terítésénél a meglévő burkolatszélesség egyre keskenyebb lett. A fényképeken látható, hogy az eredeti burkolat keskenyedése a kétoldali lépcsőzés miatt deciméter nagyságrenddel keskenyebb lehet a szabványosnál. A szabványos forgalmi sáv szélesség kiépítése az amúgy is szélesítésre kijelölt szakaszokon nem okozott problémát, de egyéb szakaszokon az a dilemma merült föl, hogy ki kell-e szélesíteni az útpályát, ha mondjuk csak 10 cm hiányzik. Nyilvánvaló volt, hogy ha a forgalmi sávból hiányozna a szükséges szélesség, akkor szélesíteni kell. A burkolati jel azonban az útpadka része, ezért

emiat a burkolatot nem szélesítettük ki, hanem a 12. ábra szerint alakítottuk ki. Az ábrán az is látható, hogy az útpadka szerkezete összetett. Úgy ítéltük meg, hogy a 11,5 tonnás burkolaterősítéshez korrekt kialakítású és lehetőleg jó teherbírású útpadka kialakítás szükséges. Ez egyben lehetővé tette, hogy a mart aszfaltot „helyben” föl lehessen használni.

• Szélesítéssel szakaszok

A tervezési feladattervben szerepelt 2 szélesítéssel szakasz is a 42-es számú főúton. A szélesítések esetében úgy alakítottuk ki a pályaszerkezeti rétegek csatlakozást, hogy azok ne essenek egy függőleges keresztmetszetbe. A másik fontos szempont az volt, hogy a szélesítéssel réteg legalsó rétegének alsó síkja csatlakozzon a régi, meglévő pályaszerkezet alsó síkjához, hogy pályába bejutó csapadékvizek oldalirányú kivezetése a padkáig érő szivárgóval meglegyen. A jellemző keresztmetszetet a 13. ábra mutatja.

A szélesítésnél az alábbi pályaszerkezeti rétegrenDET terveztük.

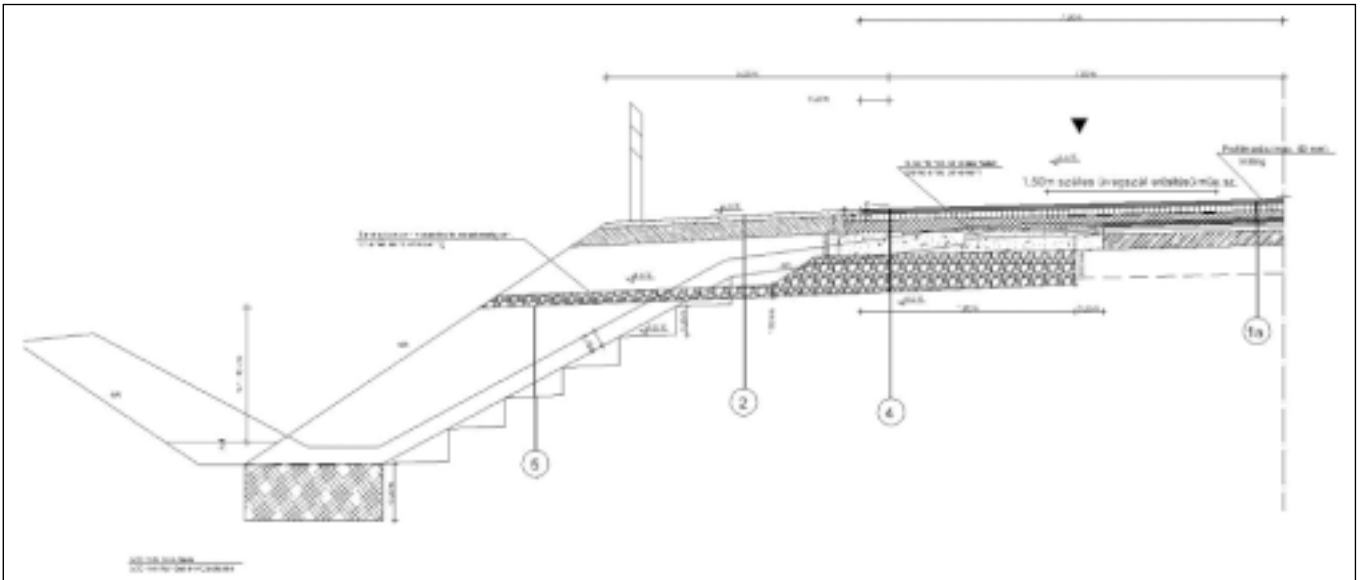
- 40 mm vtg. mAB-12/F kopóréteg
- 60 mm vtg. K-20/F kötőréteg
- 90 mm vtg. JU-35/F kötőréteg
- 200 mm vtg. CKt-4 alapréteg
- 250 mm vtg. zúzottkő javító, fagyvédő réteg

7. Egyeztetések

A tervezés közbeni egyeztetések fontosságát nem lehet eléggé hangsúlyozni, hiszen a projekt résztvevőinek az egyeztetés ad lehetőséget és fórumot a véleménycserékre.

A tervezéskor a következő egyeztetéseket végeztük el az érintett nyolc önkormányzat belterületi szakaszára vonatkozóan.

- Először elkészítettük a belterületi szakaszok tanulmánytervét. A tervezett kialakítást egyeztetettük az önkormányzatokkal és a kht. képviselőivel, valamint az érintett közműkezelőkkel. Legnagyobb meglepetésünkre a kht. és az érintett önkormányzatok „kívánságlistával” álltak elő, holott a tervezendő feladatokra pontosnak tűnő feladat-tervet kaptunk. Ez végül is megnövelte az elvégzendő feladat mennyiségét, ezenkívül két önkor-



13. ábra: Szélesítéses útszakasz jellemző keresztmetszvényének részlete

mányzattal további részletes egyeztetésre volt szükség.

- Az elfogadott tanulmánytervek után elkészítettük az engedélyezési terveket, amelyeket szintén egyeztetünk az érintettekkel.

Ez az időigényes folyamat nem volt fölösleges, mert így az elképzeléseket össze lehetett fésülni.

8. Összefoglalás, javaslatok

A tervezési munka a kötöttségek miatt nagy körültekintést igényelt, mert amellett, hogy be kellett tartani a szabványokat, sok helyen akut, évek vagy évtizedek óta megoldatlan műszaki problémákat is orvosolni kellett. Azt minden beruházónak javasoljuk, hogy a tervezési feladattervet gondosan egyeztesse mind a kht.-val, mind az érintett önkormányzatokkal. Egy gon-

dosan egyeztetett feladatterv gördülékenyebbé és olcsóbbá teszi a beruházást.

Javasolom, hogy a 11,5 tonnás burkolaterősítés témájában készüljön tervezési segédlet, hogy a különböző tervező cégek az azonos gondokra országosan hasonló megoldást tudjanak adni.

Indokoltnak tartom a pályaszerkezet méretezés szabványban szereplő 1,5-ös szorzószám legalább 1,75-re emelését.

A forgalomcsillapító szigetek geometriájának ismételt átgondolását javaslom annak érdekében, hogy a sebességcsökkentés kikényszerítése hatékonyabb legyen.

Végül tematikus szabványok kialakítását, valamint az „Útkomplex” szabványtár elektronikus megalkotását javaslom, amelyekkel mindannyiunk munkája jelentősen könnyebbé válna.

Summaries

Kálmán Pej: Experiences of designing works of pavement strengthening for 11.5 ton axle-load on the Hungarian main road network (Page 23)

The article provides a thorough overview on the designing process of the road rehabilitation project of roads No. 42 and 47 in Eastern Hungary (total 84 km), aiming at strengthening the pavement for 11.5 t axle load bearing capacity. The project is co-financed by the ISPA/Cohesion Fund of the European Union. The challenge of the works was to provide full compliance with the latest technical regulatory frameworks on such neglected road sections (e.g. maintenance, drainage conditions), which were legally liable to construction permit, but where the terms of reference of the designing contract specified modest interventions only. The ample number of approvals required from the local authorities, road and public utility operators also made the progress bore bumpy, with several new ideas, requirements and stipulations being in contradiction with the original terms of reference.

Sándor Hajdú: Comparative noise study of concrete and asphalt wearing courses (Page 31)

For many years, only bituminous wearing courses were used in Hungary in new constructions. Now, reflecting to the needs of very heavy traffic, concrete roads are also considered. The paper describes a field study, comparing the noise level of asphalt and concrete wearing courses on three different roads. The impacts of different surface textures on noise levels are also shown.

Hajdú Sándor¹

1. Bevezetés

A Budapest körül fokozatosan kiépülő M0 körgyűrű a nagy tengelyterhelésű tehergépjármű forgalom számára egyre vonzóbb alternatívát jelent majd a főváros kikerülésére. Mivel az útgűrűn jelentős nehézforgalmú terhelésre lehet számítani, a tartósan is gazdaságos pályaszerkezet megoldások között az aszfalt kopórétegek mellett felmerült (a hazai gyakorlatban 30 év után újból) a beton burkolat alkalmazása is.

A Nemzeti Autópálya Rt. az M0 gyűrű M5 autópálya és a 4. sz. főút közötti szakaszán építendő pályaszerkezet változatok összehasonlítására a 2003. év folyamán munkabizottságot hívott össze, emellett 2004 elején megbízta az akkor még KTI Rt. Környezetvédelmi és Akusztikai Tagozatát az elemzés alá vett pályaszerkezeti rétegrend-variánsok zajhatásának az összehasonlító, tervezési célra is felhasználható vizsgálatával. A kísérleti szakaszok a 44. és 4. sz. főközlekedési úton, valamint a 7538 j. úton épültek meg. A tervezési adatra vonatkozó megbízás arra vonatkozott, hogy méréssel állapítsuk meg az ÚT 1-1.302 „Közúti közlekedési zaj számítása” c. Ütügyi Műszaki Előírásban lévő, az adott rétegrend változatok mellett kialakuló zajhatás mértékét figyelembe vevő ún. útburkolat miatti korrekció számértékét.

A zajhatásra vonatkozó kiigazítást az említett előírás szerint a C-jelű segéd diagramján megadott, az egyes akusztikai járműkategóriákra vonatkozó gördülési zaj-járműsebesség összefüggéssel rögzített referencia értékhez viszonyítjuk. Az egyes burkolatok zajhatásának ettől való eltérését az előírás úgy veszi figyelembe, hogy az egyes burkolat-típusokra korrekciót határoz meg, amelyet az előírás 5. táblázata tartalmaz („útburkolat miatti K korrekció”). Az előjeles korrekció egyben zajossági sorrendet is meghatároz: minél kisebb ennek számértéke, az útszerkezet zajhatása annál kisebb. Az útburkolat miatti korrekció méréssel kapott értéke tehát nemcsak a tervezési feladatokban használható föl közvetlenül, hanem egyúttal az M0 pályaszerkezet-kopóréteg változatainak a zaj szempontú rangsorolását is lehetővé teszi.

2. Módszer

Az 1., a 2. és a 3. táblázat, valamint az 1.–5. ábra tartalmazza a zajvizsgálatok helyszínét, a kopóréteg leírását és fényképeket mutat a kopórétegekről. A táblázatok szerinti helyszíneken elvégeztük a különböző kopórétegekre vonatkozó összehasonlító zajvizsgálatot a vizsgálati járművek 50, 70, 90 km/h és ahol lehetett, 130 km/h sebességű elhaladása miatti gördülési zajspektrumok felvételével. A kísérleti szakaszok ekkor még le voltak zárva a forgalom elől.

¹ Tudományos főmunkatárs, KTI Kht. Járműtechnikai, Akusztikai és Energetikai Tagozat; hajdu@kti.hu

A mérési anyag értékelését egyrészt az egyedi járműelhaladások spektrumában az egyes frekvenciákhoz tartozó hangnyomásszint csúcsértékből számított A-súlyozású és átlagolt spektrumok képzésével végeztük. Másrészt a 7.5 m távolságban kialakuló, az 50-70-90-130 km/h elhaladási sebességhez tartozó elhaladási zajszint maximumokat (L_{Amax} (dBA)) az átlagolt

1. táblázat

Mérési helyszínek a 44. sz. főúton [1]

A mérés helye	Burkolat
133+450	Aszfalt burkolatú „Félmerev” (Fm) Hossz: 350 m hézagolt, soványbeton alapon fekvő repedésáthidaló SAM (leragasztott üvegszál aszfaltháló) réteggel, nagymodulusú aszfalt teherviselő alap+kötőréteggel (mK-20/F-NM) és nagymodulusú masztix-aszfalt kopóréteggel (mZMA-12-NM)
133+575	Aszfalt burkolatú „Kompozit 1” (K1) hossz: 400 m folytonos vasalású betonlemezen fekvő repedésáthidaló, 200 m hosszban SAM (leragasztott üvegszál aszfaltháló), 200 m hosszban SAMI réteggel (kétrétegű felületi bevonás) és nagy modulusú aszfalt kopóréteggel (mZMA-12-NM) A kétféle burkolat kopórétege megegyezik, az alépitményük különbözik.
134+025	Beton hossz: 400 m hagyományos alapon fekvő, hézagaiban vasalt beton (CP 4)

2. táblázat

Mérési helyszínek a Lenti–Letnye közötti 7538. j. nehézforgalmú összekötő úton [2]

A mérés helye	Burkolat
8+700	Beton hossz: 500 m hagyományos hézagolt burkolat
9+400	Beton hossz: 500 m kimosással érdesített hézagolt burkolat
14+300	Aszfalt kopóréteg (mZMA-12)

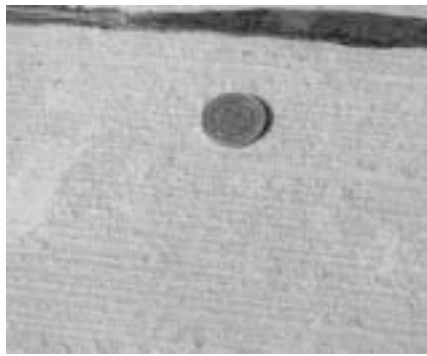
3. táblázat

Mérési helyszínek a 4. sz. főúton [3]

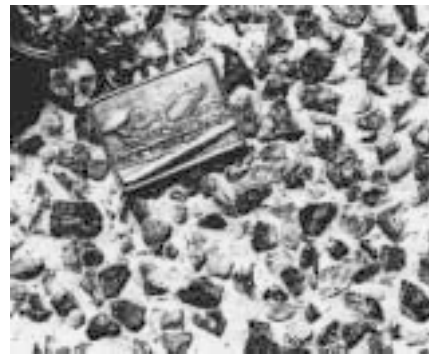
A mérés helye	Burkolat
58+600	Beton hossz: 1000 m hézagaiban vasalt burkolat acélseprűs, a gépi hossztengeyre merőleges érdesítéssel (GOMACO GHP 2800 típus, 8,25 m széles csúszózsálas beépítő gépsor)
58+200	Aszfalt kopóréteg (mZM-12)



1. ábra: Kopóréteg a 44. sz. főút 133+450 és 133+575 km-szelvényében



2. ábra: Kopóréteg a 44. sz. főút 134+025 km-szelvényében



3. ábra: Kopóréteg a 7538. j. ök. út 9+400 km-szelvényében

csúcs-spektrum összevonásával is meghatároztuk. A kapott L_{Amax} (dBA) értékeket tartalmazó 6. táblázat egyben a mérési programot is összefoglalja az egyes kombinációk (helyszín/kopóréteg/egyedi elhaladások vizsgálati sebessége) áttekintésével.

A forgalomba helyezett kísérleti szakaszokon a forgalomban elhaladó egyes személy- és tehergépkocsiknak a tényleges (nemcsak a gördülési zajösszetevőre vonatkozó, hanem a motor működése miatti zajösszetevőt is tartalmazó), összetartozó sebesség – elhaladási zajszint maximum értékeit tájékoztatósi céllal szintén megmértük.

Megjegyezzük, hogy a sebesség növekedésével személygépkocsik esetében a gördülési zaj válik a meghatározó zajösszetevővé, és a motorzaj szerepe e mellett másodlagos. Nehézárművek esetében azonban a motorzaj a döntő, és a gördülési zaj szerepe másodlagos. A burkolatok közötti különbség tehát közvetlenül jelentkezik a személygépkocsi forgalom zajhatásában, nehézárművek esetében pedig csak a szélsőséges különbségek éreztetik a hatásukat. A jelzett tendencia ellenére a vizsgálatokat nemcsak a személy-, hanem a tehergépkocsik vonatkozásában is elvégeztük, és a méréseredmények alapján megadtuk az Útügyi Műszaki Előírás 5. táblázata kiegészítését a K korrekciós tag útburkolatonként és járműkategóriánként meghatározott értékeire nézve.

A méréshez használt műszereket a 4. és az 5. táblázat mutatja be.

Akusztikai műszerek

4. táblázat

Megnevezés	Gyártó	Típus	Azonosító
Precíziós egyenértékű hangnyomásmérő és frekvencia-elemző	Larson Davis	824	A0223
½" mikrofon előerősítő	Larson Davis	900B	3070
Szabadtéri mikrofon	Larson Davis	2541	4401

Sebességmérő műszer

5. táblázat

Megnevezés	Gyártó	Típus
Sebességmérő Doppler-radar	KUSTOM Signals Inc.	FALCON



4. ábra: Kopóréteg a 4. sz. főút 58+600 km-szelvényében



5. ábra: Kopóréteg a 4. sz. főút 58+200 km-szelvényében

3. Vizsgálati eredmények

3.1. Egyedi járműelhaladások átlagolt gördülési-zajspektrumai és L_{Amax} (7.5) zajszint értékei

Az átlagolt spektrumokat a mintaként kiválasztott 70 km/h sebességre az 6. ábra diagramjain mutatjuk be.

3.2. A forgalomban mért járműelhaladások L_{Amax} (7.5) zajszint értékei

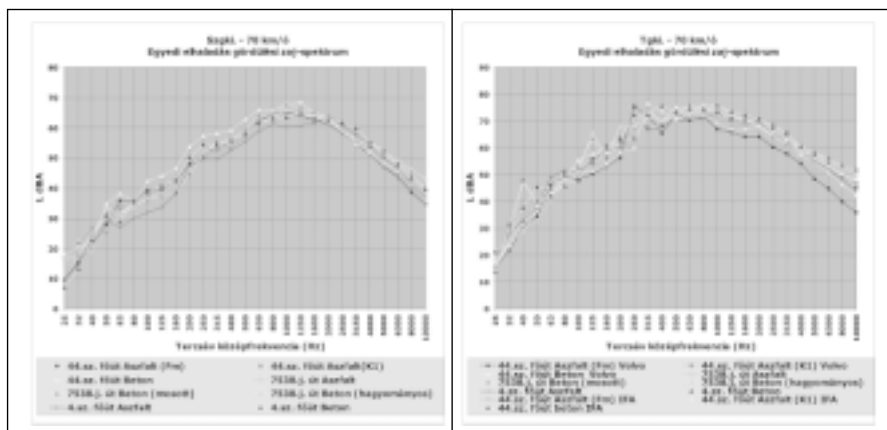
A mért értékeket a 7. ábra diagramjain mutatjuk be. A diagramokon szerepeltetjük az egyedi (tisztá, „hagyományos” gördülési zaj) elhaladások átlagolt spektrumából adódó és a forgalmi körülmények közötti járműelhaladás mérések L_{Amax} (7.5) eredményeit, valamint a regressziós görbéket. Mivel a forgalomban mért adatok a motorzajt is tartalmazzák, a pontok szórása lényegesen nagyobb, mint az egyedi járműelhaladások esetében, és a hozzájuk tartozó regressziós görbék 2-4 dB-vel a tiszta gördülési zaj görbéi felett futnak, ami megfelel a tapasztalat alapján várható különbségnek.

A regresszió $L = A + B \log(v)$ (dB) alakú, A és B állandó, v (km/h) az elhaladás sebessége.

A beton kopórétegre vonatkozó adatok az ábrán fehér színnel szerepelnek. A diagramokon szerepel továbbá az ÚT 1-1.302 „Közúti közlekedési zaj számítása” c. Útügyi Műszaki Előírás adott járműkategória gördülési zajára vonatkozó standard görbéje is szürke színnel.

4. Az eredmények értékelése

A méréseredményeket az útburkolatok zajszintjét általában befolyásoló tulajdonságainak a vázlatos ismertetése keretében célszerű értékelni. Megjegyezzük,



6. ábra: Egyedi elhaladások átlagolt zajcsúcsérték-spektruma

hogy a felhasználható irodalom a különleges (pl. porózus) beton kopórétegek zajhatására vonatkozó konkrét mérési eredmények tekintetében elég szegényes.

Az útburkolatok befolyása a forgalom miatt kialakuló környezeti zajterhelésre számos hatás eredőjeként alakul ki. A mérési eredményeket a 6. és a 7. táblázat tartalmazza, a kerék-út kapcsolat miatt keletkező zajt (gördülési zaj) befolyásoló legfontosabb jellemzők és a befolyásolás mértéke a 8. táblázat szerint alakul.

A felsorolt tényezők maguk is összetett hatásmechanizmuson keresztül fejtik ki az eredő zajszintet befolyásoló hatásukat.

A kopóréteg maradó hézagtartalma alapvetően befolyásolja a burkolat hangelnyelő képességét. A maradó hézagtartalomnak 10% felett kell lennie ahhoz, hogy az elnyelő hatás a forgalom okozta zajterhelés mérséklődése révén egyáltalán kimutatható legyen, és 20% felett kívánatos ahhoz, hogy a burkolat hangel-

nyelő képessége érdemnek legyen tekinthető. A minél nagyobb maradó hézagtartalom tehát akusztikailag előnyös, de nyilvánvalóan ellentétben áll a szilárdsági/állékonysági követelményekkel.

A burkolat hangelnyelő képessége a frekvencia függvényében is változik. Nagysebességű forgalom esetén optimális hangelnyelő hatást eredményez az, ha a legnagyobb elnyeléshez tartozó frekvencia 1000 Hz körül van, kis sebességű forgalom esetében ez a frekvencia 600 Hz környékére esik. A maximális elnyeléshez tartozó frekvencia a rétegvastagságtól függ legjobban, javasolható a legalább 40 mm vastag réteg. Kiváló eredménnyel alkalmazható az olyan kétrétegű kopóréteg, ahol az alsó réteg durvaszemcsés, a felső finomszemcsés aszfaltkeverék. Ebben az esetben mindkét réteg hatással van az elnyelési tulajdonságokra.

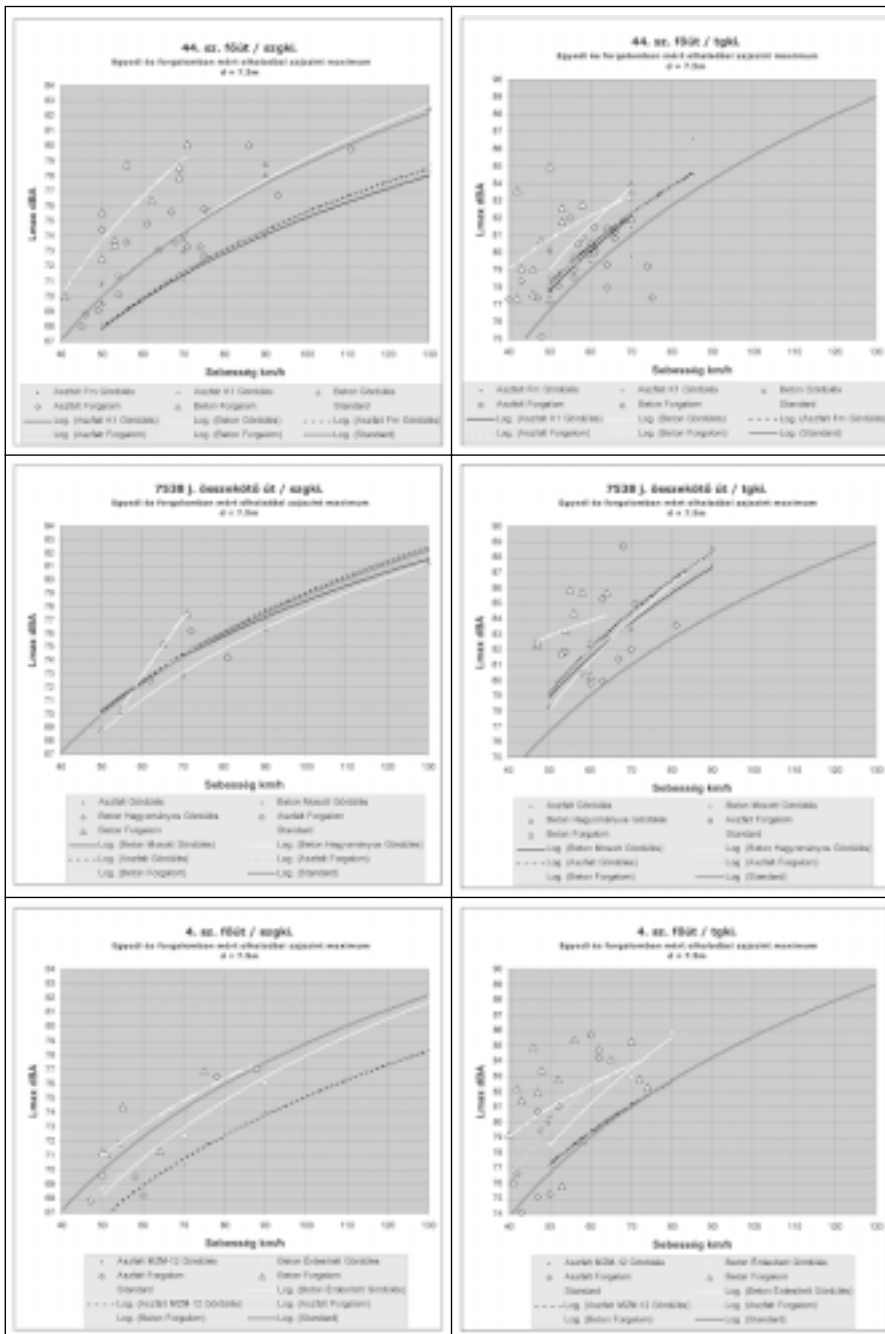
Az alépítménynek tehát lényegi a befolyása a kialakuló zajhatásra, emiatt nyomtatékosan kiemeljük, hogy a jelenlegi munka keretében nyert eredmények csak a talajon fekvő, az egyes mérési helyszíneken adott rétegrenddel érvényesek, hidakon, felüljárókon létesített kopórétegekre vonatkozóan nem. Ezeknek a műtárgyaknak az esetében további zajszintnövelő járulékot ad a dilatációkon való áthaladás miatti zajhatás is.

Az elnyelési spektrumon belül a hatásos sáv szélesség a szemcsemérettől függ a legnagyobb mértékben.

Az A-súlyozott átlagolt zajcsúcsérték-spektrumok kiértékelése során összevonással képzett L_{Amax} elhaladási zajszintmaximum értékek

6. táblázat

A mérés		A vizsgált burkolat	v [km/h]					
időpontja	helyszíne		50	70	80	85	90	130
Személygépkocsi vizsgálatok								
2003. 10. 02.	44. sz. főút	Aszfalt (Fm)	68,3	71,5			74,6	
		Aszfalt (K1)	68,3	71,3			74,3	
		Beton	69,8	74,3			75,9	
2004. 03. 17.	44. sz. főút	Aszfalt (Fm)	69,6	71,9			75,0	
		Aszfalt (K1)	67,9	72,2			74,0	
		Beton	70,3	73,4			79,8	
2004. 05. 20.	7538. jelű Lenti–Letenye összekötő út	Ref. aszfalt	70,0	74,5			77,8	82,3
		Beton (kimosással érdesített)	70,3	74,2			77,1	81,6
		Beton (hagyományos)	68,8	72,9			76,4	81,3
2004. 08. 11.	4. sz. főút.	Aszfalt	66,8	70,3			74,0	78,3
		Beton (sepréssel érdesített)	68,7	72,4			76,1	82,1
Tehergépkocsi vizsgálatok								
2004. 03. 17.	44. sz. főút	Aszfalt (Fm)	79,9	81,5		86,6		
		Aszfalt (K1)	78,6	81,1		85,8		
		Beton	80,1	84,0		87,6		
2004. 03. 17.	44. sz. főút	Aszfalt (Fm)	77,7	83,1				
		Aszfalt (K1)	77,0	83,0				
		Beton	77,9	83,5				
2004. 05. 20.	7538. jelű Lenti–Letenye összekötő út	Ref. aszfalt	79,2	84,4			88,3	
		Beton (kimosással érdesített)	79,0	83,5			87,5	
		Beton (hagyományos)	78,3	83,4			88,6	
2004. 08. 11.	4. sz. főút	Aszfalt	77,3	80,9	82,8			
		Beton (sepréssel érdesített)	78,6	83,0	85,9			



7. ábra: Egyedi elhaladások átlagolt zajcsúcsérték-spektrumából képzett, valamint a forgalomban mért elhaladások zajszintmaximuma

Optimális, legnagyobb csillapítási sáv szélességet a 10-12 mm-es szemcseméret ad. A mérések során vizsgált aszfaltburkolatok szemcsemérete ebben a tartomány-

műveknek az EU, illetve az ENSZ-EGB előírások alapján elvégzett ún. zajszempontú környezetvédelmi típusvizsgálati mérései során a zajmérésekhez hasz-

ban volt, a burkolatok a személygépkocsik gördülési zaja szempontjából kifejezetten csendesnek bizonyultak, teherabroncsok esetében pedig átlagosnak.

Lehetőség van nyitott pórusú beton burkolat alkalmazására is, amelynek a hangelnyelő képessége megközelítheti a porózus aszfaltok hangelnyelő képességét, és a kialakuló zajhatás ugyanolyan kedvezően alakul, mint masztix-aszfaltok esetében.

Erre vonatkozóan a FIGE által a 90-es évek első felében végrehajtott, jutaszövettel érdesített „standard”, valamint a jobb hangelnyelő tulajdonságot mutató „porózus” beton kopórétegen végrehajtott összehasonlító gördülési zaj méréseinek az eredményeit összefoglaló diagramokat mutatjuk be a 8. ábrán. Szürke színnel kiemeltük az ÚT 1-1.302 „Közúti közlekedési zaj számítása” c. Útügyi Műszaki Előírásnak az adott járműkategória gördülési zajára vonatkozó standard görbét.

A FIGE mérései szerinti porózus beton adja a legalacsonyabb zajszintet, ezt követik az általunk vizsgált beton kopórétegek, a legkedvezőtlenebb pedig a FIGE által vizsgált jutaszövettel érdesített beton kopóréteg.

Az említett sorrendet alapvetően a beton felületi kialakítása határozta meg, mivel a zajszintet ugyancsak alapvetően befolyásolja a felület textúrája. A simább felszín alacsonyabb zajszintet eredményez. Erre jó példa az ISO 10844 nemzetközi szabvány szerinti aszfalt referencia kopóréteg. A közúti járműveknek az EU, illetve az ENSZ-EGB előírások alapján elvégzett ún. zajszempontú környezetvédelmi típusvizsgálati mérései során a zajmérésekhez hasz-

7. táblázat

Az ÚT 2-1.302 Útügyi Műszaki Előírás 5. táblázatában szereplő „K” értékek méréssel meghatározott értéke az egyes kopórétegekre

Helyszín	Kopóréteg	I. akusztikai jármű kategória	II. akusztikai jármű kategória	III. akusztikai jármű kategória
44. sz. főút	Beton	+0.4	+1.1	+2
	Aszfalt (K1)	-4	-1.6	+1
	Aszfalt (Fm)	-4	-1.6	+1
7538 jelű Lenti–Letenye összekötő út	Beton (kimosással érdesített)	-0.2	+1.2	+2.7
	Beton (hagyományos)	-1.2	+1.0	+2.7
	Aszfalt	0	+1.2	+2.5
4. sz. főút	Beton (sepréssel érdesített)	-0.9	+0.5	+1.8
	Aszfalt	-3	-1.5	0

Megjegyzés: a II. akusztikai jármű kategória esetében interpolációval meghatározott értékek szerepelnek

8. táblázat

Jellemző megnevezése	A zajszint szórásstartományának a szélessége (dB)
Sebesség	25 dB (30-130 km/h haladási sebesség tartományban)
A kopóréteg kialakítása	jellemzően: 9 dB a szélsőségesen alacsony, illetve magas zajú kopóréteget is figyelembe véve: 17 dB
A teherabroncs típusa	10 dB
A személykocsi gumiabroncsának típusa	8 dB
A terhelés és a légnyomás az abroncsban	5 dB (\pm 25% eltéréstartományban a névleges adathoz képest)
Száraz/hedves útfelület	5 dB
Hőmérséklet	4 dB (0-40 °C hőmérséklet tartományban)
Gyorsítónyomaték az abroncsban	3 dB (0-3 m/s ² gyorsulás-érték tartományban)

nált próbapálya kopórétege az ISO 10844 nemzetközi szabványnak kell megfelelnie. A burkolat a nagy felületi simasága miatt az extrém alacsony maradó hézagtartalommal jellemezhető burkolatok között az egyik legalacsonyabb zajszintet produkáló kopóréteg. Betonburkolat esetében a finom longitudinális textúra adja a legjobb eredményt (az általunk mért beton burkolatok között ilyen a 4. sz. főúton a hossz tengelyre merőleges gépi sepréssel érdesített kopóréteg, amelynek a többi beton kopóréteggel összehasonlítva valóban a legkedvezőbb a zajhatása). A burkolaton zajló forgalom miatt a környezetbe jutó zaj ilyenkor alig nagyobb (0,8-1,8 dB), mint a masztix-aszfaltok esetében. Általában azonban a nem porózus beton burkolat miatti zaj szignifikánsan nagyobb az aszfalt burkolatokénál (2-4 dB).

Az általunk megmért burkolatok között a 6. és a 7. táblázat adatai felhasználásával állíthatunk fel sorrendet. Eszerint **betonburkolatokon:**

Személygépkocsik esetében a 44. sz. főúton és a 7538 j. úton létesített beton burkolatok lényegében azonos zajosságúak, és ez egybe esik az ÚT 2-1.302 előírás standard követelményével. A 4. sz. főúton létesített longitudinális érdesítésű burkolat a legjobb, az előzőknél 0,7-1,3 dB értékkel.

Tehergépkocsik esetében a 44. sz. és a 4. sz. főúton létesített burkolatok lényegében azonos eredményt adnak, valamivel a 4. sz. főúton létesített burkolat a kedvezőbb (kb. 0,2 dB értékkel). A 7538. j. úton létesített beton burkolatok egymás között egyformák, és a többinél 0,7-0,9 dB értékkel zajosabbak.

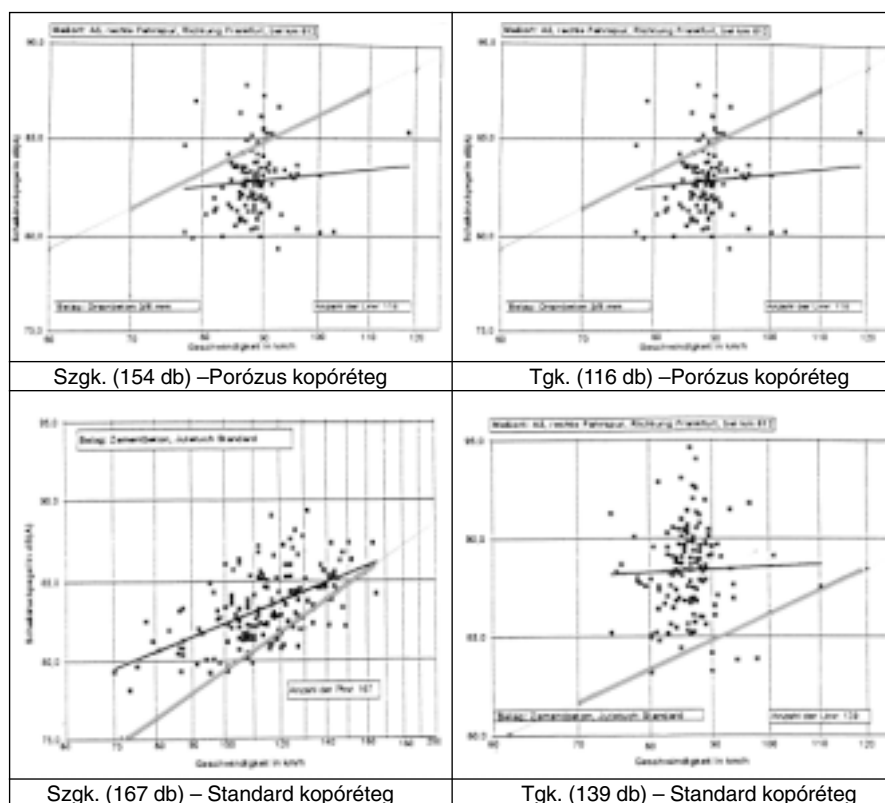
Tehát **a 4. sz. főúton létesített finom longitudinális érdesítésű betonburkolat a legkedvezőbb zajhatású.**

Az **aszfalt burkolatokon** a személy- és tehergépkocsi eredményeit összesítve szintén **a 4. sz. főúton létesített kísérleti burkolat a legkedvezőbb**, és az ugyanitt készített beton kopórétegnél mindössze 2 dB körüli értékkel jobb. Ha csak a szgk.-k esetében nyert eredményeket tekintjük, akkor a 44. sz. főúton létesített kísérleti aszfalt burkolat a legjobb, mintegy 1 dB értékkel kedvezőbb, mint a 4. sz. főúton lévő kísérleti kopóréteg.

Az eredményeket külön is áttekintjük az összehasonlítást lehetővé tevő **9. táblázatban**. A táblázat három oszlopot tartalmaz. Az első oszlop az előírás szerint értelmezett korrekciót tartalmazza 2 dB értékű lépcsőkben. Ezzel egy, az áttekintés céljára megfelelő felbontású skálát határozunk meg, amelynek az origójában az üzemi előírás szerinti referencia burkolat zajhatása szerepel (K=0). Mindegyik burkolatot a rá jellemző korrekció-tartomány sorában szerepeltetjük. A zajosság felülről lefelé haladva nő.

A második oszlop az M0 pályaszerkezet variánsait sorolja fel, a harmadik az irodalomból vett mérési eredmények alapján készült. Az irodalomból egyrészt a porózus betonburkolat zajmérési eredményéről tártunk fel adatokat (porózus betonburkolatokra vonatkozóan semmilyen hazai vizsgálati eredményünk nincs, mivel ilyen burkolat nem létesült), másrészt az általánosan alkalmazott aszfalt és beton kopórétegek zajszempon-tú összehasonlításáról gyűjtöttünk adatokat.

A táblázat a személygépkocsik zajhatását foglalja össze. Mivel a nehézjárművek zajkibocsátása esetében a motorzaj a döntő és a gördülési zaj szerepe másodlagos, a tehergépkocsik elhagyása nem érinti a burkolatok környezetterhelő zajhatásának a korrekt jellemzését. Ennek megfelelően az irodalmi adatok is csak szórványosan tartalmaznak (a személygépkocsikra vonatkozó gördülési zajadat mellett) nehézjárművekre vonatkozó információkat.



8. ábra: FIGE-mérések [4]

Korrekción dB	M0 tervezett pályaszerkezetre vonatkozó mérések		Irodalmi adatok ^(*)	
	Aszfalt	Beton	Aszfalt	Beton
-8 ≤ K < -6			Porózus aszfaltbeton 2 rétegű 2-4 mm (felső réteg)	
-6 ≤ K < -4	Aszfalt burkolat „félmerev” hézagolt, soványbeton alapon fekvő repedésáthidaló SAM (leragasztott üvegszál aszfaltháló) réteggel, nagy modulusú aszfalt teherviselő alap+kötőréteggel (mK-20/F-NM) és nagy modulusú masztix-aszfalt kopórteggel (mZMA-12-NM)		Porózus aszfaltbeton 2 rétegű 4-8 mm (felső réteg)	
	Aszfalt burkolat „kompozit” folytonos vasalású betonlemezen fekvő repedésáthidaló SAM (leragasztott üvegszál aszfaltháló), illetve SAMI réteggel (kétrétegű felületi bevonás) és nagy modulusú masztix aszfalt kopórteggel (mZMA-12-NM)			
-4 ≤ K < -2	Aszfalt (mZM-12)		Porózus aszfaltbeton 12-16 mm	Porózus cementbeton 5/8mm (FIGE mérések)
			ISO 10844 ref. burkolat	
-2 ≤ K < 0		Hagyományos hézagolt beton burkolat	Zúzalékos masztix aszfalt 4-10 mm	Cementbeton, finom hosszirányú textúra
		Hézagaiban vasalt burkolat acélsprűs, a gépi hossz tengelyre merőleges érdesítéssel	Bitumenemulziós iszapbevonat < 5 mm (Slurry seal)	
ÚT 1-1.302 „Közúti közlekedési zaj számítása” c. műszaki előírás szerinti referencia burkolat				
0 ≤ K < 2	Aszfalt (mZMA-12)	Hagyományos alapon fekvő hézagaiban vasalt beton (CP 4)	Egy- és kétrétegű felületi bevonás 6-9 mm	
		Kimosással érdesített hézagolt beton burkolat		
2 ≤ K < 4			Zúzalékos masztix-aszfalt 12-16 mm	Cementbeton, jutassákkal érdesített felület (FIGE mérések és egyéb források)
			Aszfaltbeton 12-16 mm	
4 ≤ K < 6				
6 ≤ K < 8				Beton díszburkolat
8 ≤ K < 10				Kockakő burkolat

(*)Forrás: [4, 5]

A táblázat jól szemlélteti, hogy a kísérleti szakaszokon létesített betonburkolatok zajossága megfelel számomra, elterjedt technológiájú aszfalt burkolat zajhatásának. A mérések szerint a „mosott” beton a legzajosabb, a gépi hossz tengelyre merőleges sepréssel érdesített betonburkolat zajhatása pedig a tehergépkocsik esetében a vizsgált betonburkolatok között a legalacsonyabb, és a személygépkocsik kategóriájában is csak mintegy 0,3 dB választja el a legalacsonyabb értékű hagyományos hézagolt betonburkolaton mért zajszint értékektől. A gépi hossz tengelyre merőleges sepréssel érdesített betonburkolat igen kedvező zajhatására vonatkozó eredmény az irodalmi adatokkal is egyezik.

A kísérleti szakaszokon létesített nagy modulusú aszfalt burkolatok kifejezetten csendesek, összevetethetők a porózus aszfalt burkolatok zajszint értékével. Az ÚT 1-1.302 „Közúti közlekedési zaj számítása” c. műszaki előírás szerinti referencia burkolatnak az mZMA-12 kopórteggel felel meg, az mZM-12 zajhatása a referencia burkolat és a nagy modulusú burkolatok zajhatása közé esik.

Irodalom

- [1] „Az M30-as autópályán készülőkísérleti szakaszok előkészítése és minőségellenőrzése” c. 101-001-2-2 KTI témaszámú jelentés II. kötet (Bp., 2003)
- [2] *Karsainé, Lipták – Tászkainé*: Kísérleti útszakaszok a 7538 jelű Lenti–Letenye nehézforgalmú összekötő úton. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2000/5. szám
- [3] *Mayer A.*: Betonburkolatú próbaszakasz építése a 4. sz. főúton. Beton, 2004/6. szám (a 2004. évi Betonút szimpóziumon elhangzott előadás szerkesztett változata)
- [4] *A. Köllmann*: Beurteilung der Geräuschemission eines offenporigen Zementbelages 5/8 mm auf der BAB A5 im Vergleich zu einem herkömmlichen dichten Zementbetonbelag mit Oberflächenbehandlung „Jutetuch Standard” FIGE, Herzogenrath 1995. július
- [5] „*U. Sandberg – J. Ejsmont*: Tyre/Road Noise Reference Book”, Magánkiadás: INFORMEX Ejsmont&Sandberg Handelsbolag Harg, Kisa-Sweden, 2002

A HDM-4 burkolatgazdálkodási program 2.0 verziója

Összefoglaló a főbb fejlesztésekről¹

Dr. Eric E. Stannard – Dr. Jennaro B. Odoki – Prof. Martin S. Snaith² – Pierre Joubert³ – Jean-Francois Corté⁴

Előszó

A PIARC (Útügyi Világszövetség) 1998 óta menedzseli a HDM-4 (Highway Development and Management, Közutak fejlesztése és menedzselése) projektet. A projekt elindításához a PIARC jelentős mértékben járult hozzá saját forrásaiból, és számos helyről kapott további támogatásokat. Ez tette lehetővé a birminghami egyetemen folyó fejlesztési munkákat, valamint a szoftver 1.3-as verziójának és műszaki dokumentációinak az elkészítését és piacra dobását 2001-ben, továbbá a folyamatos fejlesztéseket a felhasználók tapasztalatai nyomán. Ennek a munkának az eredményeként jött létre az alábbi cikkben bemutatott 2.0 verzió, amely számos szakember tapasztalatát, a különböző tesztelési fázisok leírásait hasznosítja. A PIARC ezért köszönetet mond a szakembereknek.

A PIARC tanácsa 2002-ben megszavazta azt a határozatot, amely lehetővé tette – a HDM-4 projekt 2.0 verziójának elkészültét követően – a projekt további menedzselésének kiadását annak érdekében, hogy a felhasználók kiszolgálása és a további fejlesztések fenntarthatók legyenek. A tenderezési folyamatot követően döntés született a szolgáltatói koncessziós szerződés odaítéléséről a birminghami egyetem által vezetett HDM Global Consortium részére. A HDM Global lesz felelős a disztribúcióért, a HDM-4 termékek fejlesztéséért, valamint a felhasználók kiszolgálásáért, a PIARC pedig megtartja a tulajdonosi jogokat azoknak a szervezeteknek a nevében, amelyek jelentős anyagi hozzájárulásukkal támogatták az ISOHDM projekt létrehozását.

Bevezetés

Az első lépést egy közúti terv felmérésének a modellezésére 1968-ban a Világbank tette meg. Ennek eredményeképp 1971-ben a Világbank és a MIT életre hívta a HCM-et (Highway Cost Model), azaz a közúti költség modellt, amelynek jelentős előnyei vannak egyéb, a közúti munkákkal és a jármű-üzemeltetéssel kapcsolatos költségeket vizsgáló modellekkel szemben.

A Közlekedési és Közúti Kutató Laboratórium (TRRL) a 70-es években tanulmányt készített Kenyában a burkolt és a burkolatlan utak romlásának, valamint azoknak a tényezőknek a vizsgálatára, amelyek

a jármű-üzemeltetési költségeket befolyásolják egy fejlődő országban. Ennek a vizsgálatnak az eredményei vezetettek az első közúti közlekedési beruházási modell prototípusának a létrejöttéhez a fejlődő országokban. A Világbank további támogatásával jött létre a közút-tervezési és fenntartási szabványok modelljének (HDM – Highway Design and Maintenance Standards Model) első verziója, melyet a 80-as években további tanulmányok követtek különböző országokban azzal a céllal, hogy a modell különböző aspektusait fejlesszék, illetve átfogóbbá tegyék.

A HDM-III 1987-ben jött létre, melyet elsősorban a finanszírozó ügynökségek, azok hitelezői és konzultánsai használtak széles körben a közúti projektek, finanszírozási programok és stratégiák elemzésére (*szerkesztői megjegyzés: az elmúlt évtizedben hazánkban is alkalmazták*).

1993-ban egy nemzetközi tanulmány készült a közutak fejlesztéséről és a gazdálkodási eszközökről (ISOHDM) annak érdekében, hogy a HDM-III munkaterületét kiterjesszék, és hogy a burkolatgazdálkodás harmonizált rendszerben legyen egy jól alkalmazható, felhasználóbarát szoftver segítségével. A tanulmány kitért egyéb témákra is, modelleket ismertetett a forgalmi torlódásokra, bemutatott többféle burkolattípust, elemezte a környezeti hatásokat és a modern számítástechnika használatának a lehetőségét. Ennek eredményeképp fejlesztették ki a HDM-4-et, amely a látókör kiszélesítésével ütőképes eszköz a közúti fenntartás-gazdálkodási és beruházási alternatívák elemzéséhez.

1998. júniusa óta az Útügyi Világszövetség (PIARC) vállalta magára a HDM-4 folyamatos fejlesztését és terjesztését világszerte.

Felhasználva a különböző forrásokból érkező visszajelzéseket, a birminghami egyetemet bízták meg a szoftver fejlesztésével, annak felhasználóbarátá alakításával, valamint a teljes dokumentáció elkészítésével a szakemberek közreműködésével. Így jött létre a HDM-4 1.3 verziója 2001-ben, s ezzel egyidejűleg közútfejlesztési és -gazdálkodási publikációk sorozatát adták ki. A terjesztést a felhasználók képzésével egyidejűleg szervezték.

Állami közúti szakirányító szervezetek, ügynökségek, közlekedési tanácsadók, oktatási és közlekedéskutató intézetek két évig használták a HDM-4 1.3 verzióját, melyet követően a PIARC felmérést készített a felhasználók véleménye alapján a termékről, illetve annak hatásairól a burkolatgazdálkodás gyakorlatára. A felmérést arra is fölhasználták, hogy meghatározzák a felhasználók fejlesztési prioritásait a HDM-4 1.3 verziójára vonatkozóan.

A leginkább támogatott fejlesztési területek a következők voltak:

¹ Az Útügyi Világszövetség (PIARC) Routes/Roads szakmai magazin 326. száma (2005. 2. negyedév) 58–65. oldalán megjelent cikk fordítása a kiadó és a szerzők engedélyével

² Mindhárman a birminghami egyetem (University of Birmingham) munkatársai

³ Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (Hidak és Utak Központi Laboratóriuma)

⁴ Főtitkár, PIARC World Road Association (Útügyi Világszövetség)

- szoftverfejlesztés a felhasználói felület és a használhatóság további javítása érdekében, integráció egyéb rendszerekkel,
- megfelelő hálózati alkalmazások kialakítása,
- néhány meglévő műszaki modell korszerűsítése.

A birminghami egyetemet a PIARC ismét megbízta a felhasználók által megjelölt prioritások, javaslatok alapján végzett szoftverfejlesztéssel. Így jött létre a HDM-4 2.0 verziójának immár végleges formája.

Cikkünk összefoglalót kíván adni a HDM-4 2.0 verziójáról – a korábbi 1.3 verzióval összehasonlítva. Feltételezzük, hogy az olvasók ismerik a HDM-4 korábbi verzióit. A fejlesztések öt kategóriába sorolhatók:

- az elemző modellek fejlesztése,
- a műszaki modellek fejlesztése,
- az összeköttetés fejlesztése,
- adatkezelési és -szervezési fejlesztések,
- a felhasználhatóság és a konfiguráció fejlesztése.

Az elemző modellek fejlesztése

Érzékenységi vizsgálat

Az érzékenységi vizsgálatot azért vezették be a projekt-elemzésbe, hogy a felhasználók megfigyelhessék az egyes kulcsparaméterek elemzési eredményekre gyakorolt hatását. A felhasználó bármennyi érzékenységi lehetőséget meghatározhat, amelyben a 18 kulcsparaméter variálható. A kulcsparaméterek közt található például az egységköltségek, a járműhasználat, az egyes forgalmi szintek és azok növekedése, valamint a nettó haszon. A felhasználó határozza meg, mely elemeket változtatja, tekintettel arra, hogy milyen vizsgálatot kíván végrehajtani.

A költségvetés ütemezés vizsgálata

A HDM-4 2.0 verziója lehetővé teszi, hogy a felhasználó különböző költségvetési ütemezéseket határozzon meg. Az ütemezési forgatókönyvek tartalmazzák a közúti szakirányítás rendelkezésre álló anyagi forrásait az adott elemzési időszakban. Minden kiválasztott költségvetési ütemezéshez optimalizált munkaprogram készül, így a felhasználó össze tudja hasonlítani a különböző finanszírozási szinteknek a vizsgált hálózatra gyakorolt hatásait.

Kritériumok több szempontú elemzése

A HDM-4 projekt-elemzés során a kritériumok több szempontú vizsgálata lehetőséget nyújt a projektek összehasonlítására, felhasználva azokat a kritériumokat, amelyek nem sorolhatók a „gazdasági költségek” közé. A program 10 kritérium értékelésére nyújt lehetőséget: a közúti szakirányítás költségei, az úthasználók költségei, nettó jelenérték, utazáskényelem, késedelem, energia (energia-hatékonyság), politikai szempontok, közlekedésbiztonság (baleset-elemzés), környezetvédelmi szempontok (légszennyezés), szociális szempontok (társadalmi előnyök).

A HDM-4 kritériumok több szempontú elemzését hierarchikus elemzési eljárással [1] végzik.

A társadalmi előnyök becslése

A HDM-4-ben gyakran szükséges, hogy a közúti beruházások társadalmi előnyeit is figyelembe vegyünk.

Ennek módja átláthatóbbá vált, mióta a külső (externális) költségeket a felhasználói előnyökkel együtt vizsgáljuk.

Vagyonértékelés

A HDM-4 2.0 verziója lehetővé teszi, hogy a felhasználó egy úthálózat értékét és annak távlati alakulását becsülhesse az elemzési folyamat során.

A műszaki modellek fejlesztése

Az aszfaltburkolatú utak leromlása (RD) és a beavatkozások hatása (WE)

Az aszfaltburkolatú utakra vonatkozó leromlási és beavatkozási modelleket a HDM-4 2.0 verziójában korszerűsítették. Módosították például a kátyúsodási folyamat modelljét, megújultak a képlékeny alakváltozási együtthetők, a nyomvályúk mélységére vonatkozó modell szórásértékeit naprakésszé tették, fejlődtek a leromlási modellek felhasználói kalibrációs lehetőségei, valamint a kátyúzási és az előkészítő munkálatokra vonatkozó beavatkozási modellek.

A portalanított utak állapotromlása és a beavatkozások hatása

A portalanított utakra vonatkozó leromlási és beavatkozási modellekben volt a legnagyobb a változás a különböző profil kialakítási típusok bevezetésével (nem mechanikus, könnyű mechanikus, nehéz mechanikus profil kialakítás), valamint az egyenetlenségi modell javított kalibrációjával, mely a kalibrációs faktorokat és a munka terének konfigurációs paramétereit használja föl.

Úthasználói hatások

Az úthasználói hatásokra vonatkozó modellt a HDM-4 2.0 verziójában számos szempont figyelembevételével korszerűsítették:

- haladási sebesség modell,
- alkatrészek modellje,
- élelciklus modell,
- gépjárművek károsanyag-kibocsátás modellje stb.

Az összeköttetés fejlesztése

Futtatás közben keletkező adatok, adat import, export

Az elemzés során a HDM-4-ben keletkező adatok, valamint az importált és exportált adatok Microsoft Access formátumú külön fájlokba kerülnek. Ennek a változásnak a fő előnye, hogy a végső felhasználók széles körben elérhető szoftver-termékekkel férhetnek hozzá adatokhoz, valamint továbbíthatják azokat más felhasználóknak.

Az import érvényesítése

Egy „import-varázsló”-t vezettek be, amely segít a felhasználónak eligazodni a rendszeren kívül definiált adatok HDM-4 2.0 verzióba importálásában.

Korábban az importált adatok ellenőrzésére nem került sor, ezért azok az értékek, amelyek az elfogadott tartományon kívül estek, számszerű hibákat okozhattak az elemzés során. A HDM-4 2.0 verziója lehetővé teszi a járműflottára, illetve az úthálózatra vonatkozó importált – ezért esetleg helytelen – adatok ellenőrzését, módosítását.

Adatkezelési és -szervezési fejlesztések

Korszerűsített adatbázis technológia

A HDM-4 a saját adatok tárolására egy objektum-orientált adatbázist használ. A HDM-4 2.0 verziója ennek az adatbázisnak a legutolsó aktualitású változatát használja, hogy hozzáférhető legyenek a legújabb fejlesztések és javítások. A szoftver forgalmazója folyamatos támogatást ad, és fogadja a felhasználói visszajelzéseket.

Új szakaszok újratervezése

E megközelítés alapján az egyszer már meghatározott szakaszokat újra fel lehet használni a beavatkozási változatok tanulmányozása során, lehetőséget teremtve azok újrahasznosítására a különböző tanulmányokban az új felhasználói felületi lehetőségek alkalmazásával.

A forgalom újratervezése

A HDM-4 forgalmat érintő bemenő adatai és az adatok kezelése számos változáson ment keresztül, amely érinti a közúthálózatokat, a szakaszokat és a járműflottákat, valamint az elemzés három modelljét. Jelenleg a közúthálózat minden szakaszára vonatkozóan meghatározhatók egy adott szakasz forgalmi adatai. Ahhoz, hogy erre lehetőség nyíljon, a közúthálózat adatait társították a járműflotta adataival. A forgalmi adatokat éves átlagos napi forgalom mértékegységben határozták meg.

A forgalmi növekedésre vonatkozó fejezet nyomon követi a forgalom időbeli alakulását, az elemzésekben feltüntetett járműflotta összetétellel összhangban. Ezek a fejlesztések lehetővé teszik, hogy egy adott szakasz forgalmi adatai az elemzések mindegyikében azonosak legyenek, és a tipikus forgalomnövekedési adatokat a további elemzések során újra felhasználják.

Jelentések kezelése

Az elemzések eredményeinek áttekinthetősége és megfelelő bemutatása érdekében fontos egy rugalmas jelentési rendszer kialakítása. A HDM-4 2.0 verziója támogatja a felhasználók által meghatározott jelentések adatainak az alkalmazását a Crystal Report modell felhasználásával. A jelentések szerkezete és kezelése is jelentősen korszerűsödött.

Tökéletesített használhatóság és konfiguráció

Beavatkozás-szerkesztő és a munkafolyamatok ésszerű elindítása

A munkafolyamatok és azok lépéseinek meghatározása szintén egyszerűsödött és korszerűsödött:

- Nem szükséges a továbbiakban kiválasztani, hogy a beavatkozás ütemezett, vagy az állapotjellemzőkből adódott.
- A logikus beavatkozási küszöbhez tartozó jellemzőket előre be lehet táplálni a beavatkozás-szerkesztőbe.
- A beavatkozási küszöb meghatározását úgy terjesztették ki, hogy az „ÉS/VAGY” logikai értelmezés is helyet kapjon.
- A munkákat korábban csak meghatározott időszakokra ütemezték, jelenleg már adott évre is beállíthatók.

- A felhasználók a beavatkozási küszöb jellemzőit már nem csak előre meghatározott listából választhatják ki.

Felhasználói felület változatok

Az elemzési alternatívák meghatározásához szükséges felhasználói felületen a nyomógombok és az ablakok számát csökkentették, hogy felhasználó-barát módon lehessen az egyes változatok között eligazodni, és a felhasználó kedvezőbb áttekintést kapjon.

A DLL modell felépítése

A modell belső felépítését is felülvizsgálták a fenntarthatóság és a rugalmasság fejlesztése, valamint az esetleges további igazítások érdekében. Az elemző modellek egyes részeit szintén átdolgozták, hogy a belső felépítés fejlesztéséből származó előnyöket ki lehessen használni, bár egy átlagos-felhasználó ezeket a változtatásokat nem feltétlenül veszi észre.

A fejlesztést követő fenntartási lépések

A közút fejlesztési lépések alkalmazását követően lehetőség nyílik fenntartási lépésekre is.

Egy szakasz ideiglenes kihagyása a vizsgálatból

Egy projekt-elemzés során most lehetséges, hogy egy szakasznak meghatározzák a forgalomnövekedési rátaját és annak alternatíváit, majd a forgalmi és egyéb adatok elvesztése nélkül ezt a szakaszt kihagyják a vizsgálatból. A felhasználók gondolták úgy, hogy ez a funkció hasznos lehet, ha pl. egy projekt-analízis számára több szakaszt választanak ki, mert akkor az adott szakaszra vonatkozó meghatározásokra és finomításokra tudnak összpontosítani anélkül, hogy a többi szakaszt is minden esetben újra és újra elemezniük kelljen.

Kalibrációs együtthatók

A felhasználók megállapíthatnak kalibrációs együtthatókat a közúthálózatukban rendszerint megtalálható különböző burkolattípusoknak megfelelően. Így azok a szakaszok, amelyek hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek, ugyanazon a módon kalibrálhatók.

Baleseti adatcsoport

Egy új HDM-4 adattípus is elérhető, amely a felhasználók számára lehetővé teszi a baleseti hatások modellezését, függetlenül a forgalomnagyság-sebesség összefüggésektől.

A forgalomnagyság és -sebesség összefüggései

A kapacitás jellemző paraméterei között fennálló kapcsolat bemutatására magyarázó grafikont tettek a felhasználói felületre. Az úttípusok és a kapacitási jellemzők közötti összefüggések bemutatására, valamint az egységesség érdekében a forgalmi sávok száma (NLANES) a közúti szakaszból átkerült a forgalomnagyság-sebesség összefüggések közé.

Forgalom-lefolyási minták

Ebben az ablakban most megjelenik egy diagram, amely a felhasználó által betáplált adatok alapján a forgalomlefordulást modellezi. Ahogyan a felhasználó megváltoztatja az adatokat, a grafikon annak megfelelően módosul. Ennek a grafikonnak a célja, hogy a felhasználói visszajelzéseket fegyelembé véve a forgalom-lefolyási adatok hatásai megismerhetőek legyenek.

A beavatkozások hatása

A beavatkozások hatásait a munkákat követően akár abszolút, akár relatív szempontból meg lehet határozni. Ennek célja, hogy a fejlesztési lehetőségek kevésbé legyenek szakaszhoz kötöttek, és így akár szakaszok csoportjára is alkalmazhatók legyenek.

Segítség a felhasználóknak

Az ISOHDM felismerte, hogy a HDM-4 1.3 verziójának adatai értékesek lehetnek, ezért a HDM-4 2.0 verziója eszközt ad az említett adatok migrációjához, hogy azok az új formátumban a korszerűsített elemzés kezei között is felhasználhatók legyenek.

A HDM-4 2.0 verziójára való áttérés az aszfaltburkolatú utakra vonatkozó leromlási és a beavatkozási modellek újrakalibrálását teszi szükségessé, így lehetővé téve azt, hogy a korszerűsített műszaki modellek megfelelően alkalmazhatók legyenek a helyi viszonyokra. Ezenkívül az ezzel foglalkozó tanulmányokat is újra át kell tekinteni, hogy a fejlesztések eredménye maximálisan használható legyen.

További információk

A HDM-4 első verziójának 2000. januári publikációja óta több mint ezer példányt adtak el világszerte. Ezt használják magán és állami közúti szervezetek a közúti beruházásokból származó gazdasági előnyök meghatározására. A birminghami egyetem részvételével

különböző projekteket valósítottak meg Banglades, a Cseh Köztársaság, Oroszország, Szlovénia, Észtország, Malajzia, Ausztrália, Vietnám, India, Pakisztán, Tanzánia, Zimbabwe, Chile és Ukrajna részvételével. Ezen túlmenően számos ország érdeklődött a HDM-4 alkalmazásáról.⁵

A HDM-4 2.0 verziója szigorú jóváhagyási teszt-folyamaton ment keresztül, melyben a HDM-4 szakértők nemzetközi csoportja vett részt. Ez megkönnyíti a szoftver kiadásakor a felmerülő műszaki gondok megoldását, továbbá segítséget jelent ahhoz, hogy a HDM-4 szoftver új kiadásából származó előnyöket jól ki tudják használni.

További információt nyújt a HDM-4 2.0 verziójáról a www.hdmglobal.com honlap [2].

Irodalom

- [1] Saaty, T. L.: The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill, 1980.
- [2] Stannard, E.: Getting Started with HDM-4 Version 2.0 – The Highway Development and Management Series, http://civ-hrg.bham.ac.uk/isohdm/hdm4v2_freedownloads.asp

⁵ Szerkesztői megjegyzés: a HDM-4 2.0 verzióját a Magyar Közút Kht. beszerezte

Summary

Dr. Eric E. Stannard – Dr. Jennaro B. Odoki – Prof. Martin S. Snaith – Pierre Joubert – Jean-Francois Corté: HDM 4 Version 2.0 – A New Step Forward

PIARC World Road Association has been managing the HDM-4 project since 1988. The market Version 1.3 of the software was produced in 2001. Based on users feedback, the current Version 2.0 has benefited from the expertise of several experts for the specification and test phases. Summary of main improvements is described in this article under the headings of analysis models, technical models, connectivity, data handling and organisations as well as usability and configuration. Support for existing users is ensured.