



## Az európai aszfalt újrahasznosítási gyakorlat összegzése: lehetőségek, bevált módszerek és kutatási igények\*

### Mollenhauer Konrad<sup>1</sup>, Gáspár László<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universität Kassel Fachbereich Bauingenieur- und Umweltingenieurwesen  
Institut für Verkehrswesen Sachgebiet Bau und Erhaltung von Verkehrswegen

<sup>2</sup> KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.

E-mail: [k.mollenhauer@uni-kassel.de](mailto:k.mollenhauer@uni-kassel.de)

#### KIVONAT

Az Európai Unió által finanszírozott DIRECT-MAT kutatási projektben 2009. és 2011. között összegezték a hajlékony pályaszerkezetek bontására és a visszanyert aszfalt új bitumenes kötőanyagú pályaszerkezetekben való újrahasznosítását célzó európai technológiákat. A projektben a részt vevő országokban érvényes jelenlegi szabályrendszer, valamint ajánlások és irányelvek mellett az egyes újrahasznosítási technológiák közötti különbségeket is rendszereztek. A kutatást a releváns, nemzetközi és nemzeti szakirodalmak és kutatások mellett nagyszámú esettanulmány vizsgálatára alapozták, mely során rendszereztek a tényleges helyszíni beavatkozások is. Az összegyűjtött adatok alapján áttekintették az utépítési anyagok bitumenes kötőanyagú pályaszerkezetben való újrahasznosításának lehetőségeit. Valamennyi lehetőségre összegyűjtötték az előregedett burkolatok helyszíni besorolására, bontására, a visszanyert aszfalt telepi kezelésére és előállítására, besorolására és követelményeire, valamint telepi és helyszíni újrahasznosítási technológiákra vonatkozó legjobb megoldásokat. Ismerethiányos területeket és további kutatási feladatokat is azonosítottak. A cikk összefoglalja az aszfaltburkolatok bontásával, és a burkolati anyagok besorolásával kapcsolatos vizsgálatok eredményeit. Számos európai állam meleg- és mérsékelt meleg aszfaltok újrahasznosításával kapcsolatos kutatási eredményeit összefoglalva a még további kutatást igénylő területeket azonosítottak.

#### ABSTRACT

From 2009 to 2011, the various technologies for the demolition of flexible pavements as well for recycling of reclaimed road materials in new bituminous bound layers were collected and synthesized during the EC 7th RTD Framework Project DIRECT-MAT. Starting from the current status of regulations, recommendations and guidelines in the countries participating in the project, the differences between recycling strategies for asphalt pavements were highlighted. This knowledge was supplemented by relevant research results available in international and national literature and by a high number of case studies indicating the actual procedures applied on site. Using these data, various recycling options for the re-use of reclaimed road materials in new bituminous bound pavement layers were elaborated. For each of these recycling options, best practices for in-situ characterization of old pavements, demolition procedures, handling and manufacturing of reclaimed material in plant, characterization of and requirements on the reclaimed material as well as in-plant and in-place recycling techniques were defined. For various items addressed in the research work lacking knowledge and research needs were also identified. The paper summarises research results of the project on asphalt pavement demolition and material characterisation. By adding the findings on warm and hot-mix recycling applied in several European countries (as presented in accompanying paper no. 442 as well as cold-mix techniques presented in paper no. 460) knowledge gaps are summarized proposing several future research works on asphalt recycling.

**Dr.-Ing. Mollenhauer Konrad**

*Okl. építőmérnök, TU Kassel.*

**Dr.-Ing. Mollenhauer Konrad**

*Okl. mérnök, okl. gazdasági mérnök, az MTA doktora. A Közlekedéstudományi Intézet kutató professzora, a Széchenyi István Egyetem emeritusz professzora. 400 publikációjának és 520 szakmai előadásának zöme útépítési, -fenntartási és -gazdálkodási témákkal foglalkozik. 30+ nemzetközi téma és bizottság tagja vagy vezetője (volt).*

**1. BEVEZETÉS**

Amikor a burkolat felületi és pályaszerkezeti jellemzői a forgalmi terhelés, a klimatikus hatások és/vagy a gyenge anyagminőség okozta leromlások miatt már nem teljesítik a követelményeket, szükségessé válik annak karbantartása. A hajlékony vagy a félmerev pályaszerkezetek esetében a karbantartás általában legalább egy aszfaltréteget érint, de előfordul, hogy a teljes pályaszerkezetet elbontják. A teljes pályaszerkezet elbontásának másik oka lehet, hogy már nincsen rá szükség.

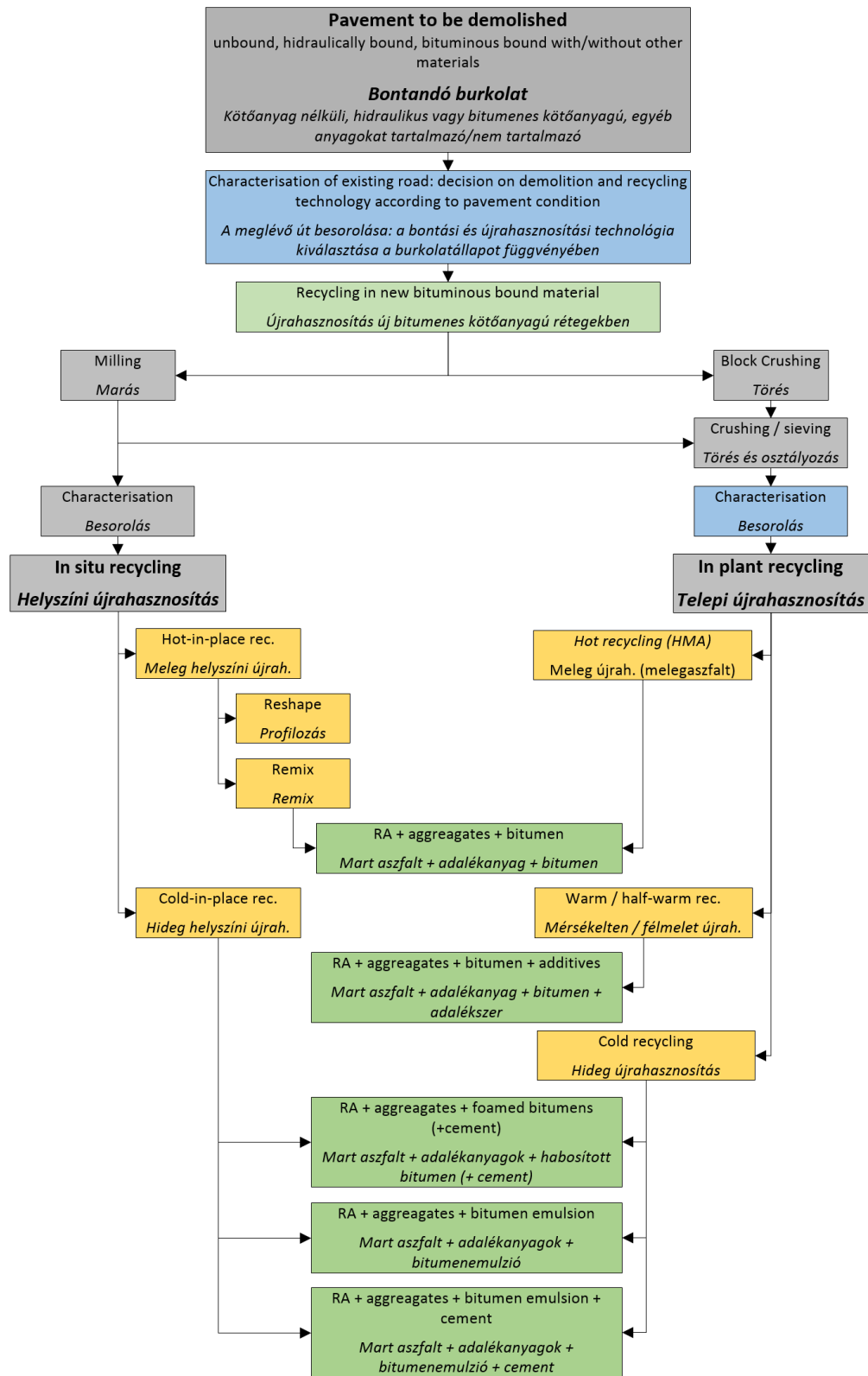
A visszanyert aszfalt további forrása lehet maga az aszfaltkeverő telep. Főként nagyberuházások esetében előfordul, hogy többletanyag marad hátra. A keverék gyártásának megkezdésekor, vagy új keverék gyártására való áttálláskor gyakran előfordul, hogy az kezdetben nem felel meg az előírásoknak. Ez az anyag azonban visszanyert aszfalként újrahasznosítható. Az európai szabályozás alapján a bontásból származó anyagokat hulladéknak tekintik, amennyiben azokat a bontás helyszínéről elszállítják. Fontossági sorrendben az alábbi hulladékkezelési lehetőségek állnak rendelkezésre:

- újrahasználat: a hulladék újbóli felhasználása eredeti szerepében,
- újrahasznosítás: az anyag új funkcióban való újbóli felhasználása,
- deponálás: az anyag elhelyezése, az egészségügyi és környezeti kockázatok minimalizálásával.

A DIRECT-MAT projekt keretében az Európában elérhető technológiákat tekintették át. Az anyagok besorolásával, a keverékek tervezésével és gyártásával kapcsolatos különbségeket a különböző újrahasznosítási technológiák összehasonlítása érdekében, valamint az újrahasznosítással kapcsolatos irányelvek felvázolására részletesen elemezték. Így ma már a visszanyert útépítési anyagok „erőforrásnak” tekinthetők, ami új, jó minőségű útépítési anyagokban való felhasználásukat és új burkolati rétegek gyártását lehetővé teszi. A cikk az aszfalt újrahasznosítási módszerek széles skáláját mutatja be.

**2. ÚJRAHASZNOSÍTÁSI STRATÉGIÁK AZ EURÓPAI GYAKORLATBAN**

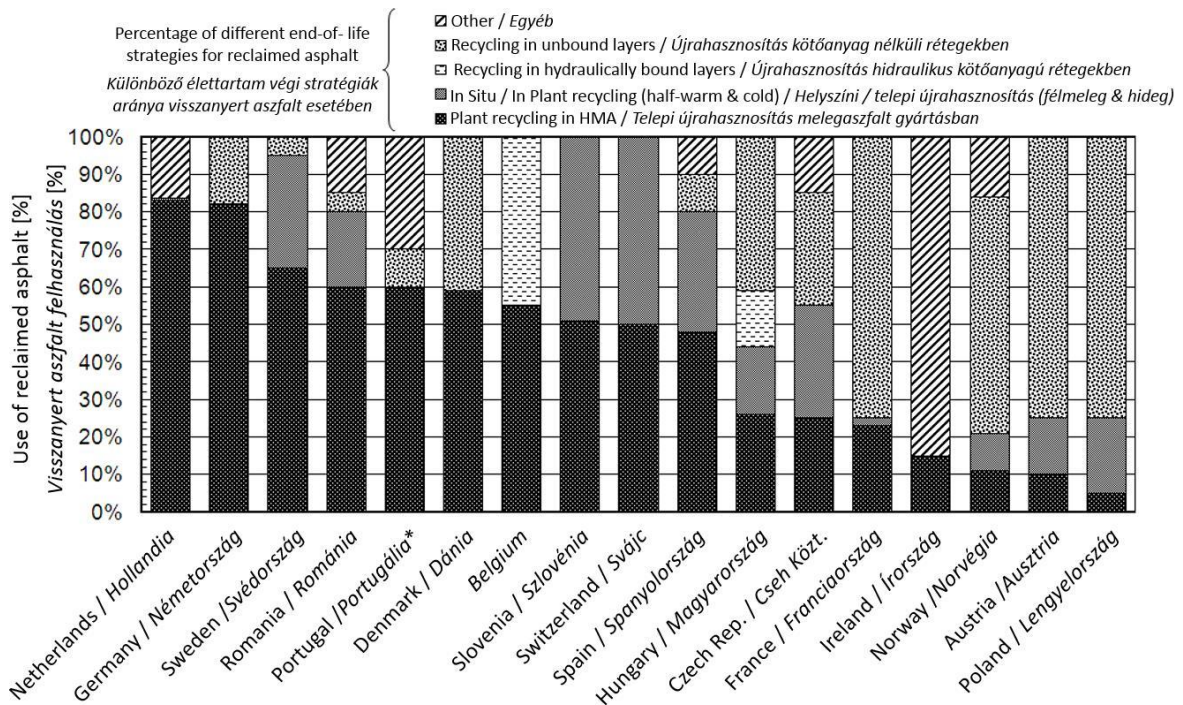
A hajlékony pályaszerkezetek bontására és az így nyert anyagok újrahasznosítására, új pályaszerkezeti anyagok gyártásában való felhasználására számos lehetőséget dolgoztak ki (1. ábra). Az optimális újrahasznosítási technológia kiválasztásához elengedhetetlen a meglévő pályaszerkezet részletes besorolása. Az optimális újrahasznosítási technológia a meglévő burkolat bontásának oka és az új burkolati rétegek és anyagok követelményeinek ismeretében választható meg. A melegaszfalt-gyártásban való újrahasználatához vagy hideg-remixben való újrahasznosításhoz a meglévő burkolatot töréssel vagy marással el kell bontani. Mindkét esetben léteznek helyszíni és keverőtelepi eljárások.



1. ábra: Hajlékony pályaszerkezetek bontásának és a visszanyert aszfalt kezelésének és újrahasznosításának folyamata

A visszanyert aszfalt újrafelhasználására, újrahasznosítására és deponálására minden európai országban van kialakult gyakorlat (2.ábra). Az EAPA összesítése szerint ezen technológiák országoként igen eltérőek. Míg néhol a visszanyert aszfaltot főként kötőanyag nélküli alaprétegekbe használják újra, másutt a melegaszfalt gyártásban, vagy hideg bitumenes és/vagy cementes

stabilizációkhoz való újrahasználatra specializálódtak. Mindemellett elmondható, hogy az élettartam végét elérő burkolatok anyagait, nagy arányban, újrahasznosítják.



2. ábra: A visszanyert aszfalt felhasználása, a felhasználás módja szerint (EAPA, 2008/\*2007)

Az újrahasznosítási technológiák eltéréseinek oka az adott országok eltérő aszfaltgyártási infrastruktúrájában rejlik. Vannak országok, ahol sűrűn találhatóak fix keverőtelepek, így lehetővé téve a telepi újrahasznosítást anélkül, hogy az anyagokat nagy távolságra kellene szállítani. Ezekben az országokban így meglehetősen magas a telepi újrahasznosítás aránya. Más országokban a szállítási távolságokat csökkentendő, a helyszíni újrahasznosítást preferálják. Az eltérő újrahasznosítási technológiák másik lehetséges oka a nyersanyagok elérhetősége is. További ok lehet a munkálatokhoz rendelkezésre álló idő is, a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésének igénye vagy az új burkolat élettartama és újrahasznosíthatósága is.

### 3. BURKOLATVIZSGÁLATOK A MEGFELELŐ ÚJRAHASZNOSÍTÁSI TECHNOLÓGIA KIVÁLASZTÁSÁHOZ

A burkolat bontás előtti alapos vizsgálata fontos információt szolgáltat egyes újrahasznosítási technológiák gazdasági és környezeti vonatkozásairól. A felújított burkolat megnövelt élettartamának biztosítása érdekében a jelentősen deformálódott vagy gyenge rétegeket el kell távolítani vagy javítani. Például, repedezett, gyenge teherbírású burkolatra új kopóréteget nem célszerű építeni. A burkolat bontás előtti besorolásának céljai az alábbiak:

- a leromlott állapotú rétegek azonosítása a rehabilitáció szükségességének eldöntése érdekében, és az új pályaszerkezet tervezésének elősegítésére,
- a pályaszerkezetben lévő, környezetre veszélyes anyagok kimutatása,
- a homogenitás felmérése.

A burkolat bontás előtti vizsgálati módszerei az alábbiak:

- a pályaszerkezetről meglévő dokumentumok (pl. adatbázis) kiértékelése az alábbiak szerint:
  - építés ideje:

- veszélyes anyagok (pl. kátrány vagy azbeszt) jelenléte kimutatható, az alkalmazásuk betiltási idejének ismeretében,
    - a pályaszerkezet hátralevő élettartama felmérhető,
  - pályaszerkezeti információk:
    - a pályaszerkezeti rétegek (tervezett) vastagsága,
    - keverékterv,
  - egyedi pályaszerkezeti információk, pl.:
    - esetleges szerkezeti megerősítés, mint acél vagy műanyag megerősítés (pl. geotextíliák),
    - talajvízszint,
    - altalajviszonyok,
    - vízelvezetési problémák,
    - érintett közművek, vezetékek,
- a bontásra tervezett burkolat felületi jellemzőinek kiértékelése:
  - korábbi javítások nyomai és varratai alapján a szerkezet inhomogenitása kimutatható,
  - a felületi romlások (repedések, nyomvályúk) a pályaszerkezet tulajdonságairól, és az anyagok újrahasznosíthatóságáról adhatnak információt, pl.:
    - a felső rétegek nyomvályúsodása alacsony deformációs ellenálló képességet jelezhet, így a repave vagy a remix technológia nem alkalmazható,
    - a repedések alakja utal a tönkremenetel módjára, pl. a hálós repedések teherbírási problémára utalnak, ami rehabilitációt igényel, míg egyszerű repedések csak gyenge hidegviselkedésre vagy reflexiós repedésekre utalnak,
- roncsolás mentes vizsgálatok:
  - pályaszerkezeti paraméterek kiértékelése (rétegek száma, vastagsága) a nagy szakaszok heterogenitásának kimutatására, ezáltal egy-egy újrahasznosítási technológia számára homogén szakaszok jelölhetőek ki,
  - teherbírásméréssel kimutathatók megerősítést igénylő szakaszok és megelőzhető új kopóréteg rossz teherbírási szakaszra történő építése,
- roncsolásos, fúrt minták vizsgálatával további információk nyerhetőek:
  - veszélyes anyagok jelenlétéről,
  - a pályaszerkezeti rétegek számáról és vastagságáról,
  - a rétegek anyagi tulajdonságairól.

Az 1.táblázat a javasolt újrahasznosítási lehetőségeket mutatja, a meglévő burkolat állapotának függvényében. Látható, hogy a legtöbb esetben telepi és helyszíni lehetőségek is rendelkezésre állnak. Ez alól csak az olyan burkolatok kivételek, amelyek sűrűn javítottak, így inhomogén tulajdonságok jellemzik. A kopóréteg alatti rétegek (aszfalt kötő- és kopóréteg, hidraulikus kötőanyagú vagy kötőanyag nélküli alapréteg) esetében adott az újrahasználat/újrahasznosítás lehetősége melegaszfaltgyártásban, vagy hideg-remix során bitumenes kötőanyagú anyagként. Amennyiben az újrahasznosítás eredménye új kötő- vagy alapréteg, a kopóréteget mindenképpen melegaszfaltként kell megépíteni.

1. táblázat: Hajlékony pályaszerkezetek ajánlott újrahasznosítási lehetőségei

Pavement condition (from visual inspection) / Burkolatállapot vizuális állapotfelmérés alapján	Reuse/recycling technology / Újrahasználati/újrahasznosítási technológia									
	Wearing course rehabilitation / Kopóréteg rehabilitáció		Rehabilitation of asphalt layers / Aszfaltrétegek rehabilitációja				Rehabilitation of asphalt and hydr.bound / unbound base / Aszfaltrétegek és hidraulikus kötőanyagú / kötőanyag nélküli alaprétegek rehabilitációja			
	Hot-in-plant / Meleg telepi	Hot-in-place/ Meleg helyszíni	In-place / Helyszíni		In-plant / Telepi		In-place / Helyszíni		In-plant / Telepi	
			Hot/ Meleg	Cold/ Hideg	Hot/ Meleg	Cold/ Hideg	Hot/ Meleg	Cold/ Hideg	Hot / Meleg	Cold/ Hideg

Unevenness (rutting) / <b>Egyenetlen pálya (nyomvályú)</b>	x	x <sup>2)</sup>	o <sup>4)</sup>	o <sup>4)</sup>	o <sup>4)</sup>	o <sup>4)</sup>	-	-	-	-
Unevenness (bearing capacity) / <b>Egyenetlen pálya (teherbíró képesség)</b>	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Skid resistance (macrotexture) / <b>Csúszásellenállás (makro textúra)</b>	x	x <sup>3)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
Alligator cracks / <b>Hálós repedés</b>	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Ravelling / <b>Kipergés</b>	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-
Patches / <b>Foltozás</b>	-	-	-	-	x	x	-	-	x	x
Longitudinal cracks / <b>Hosszirányú repedések</b>	o <sup>1)</sup>	o <sup>1)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x
Transversal cracks / <b>Keresztirányú repedések</b>	o <sup>1)</sup>	o <sup>1)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x
„x” – feasible / kivitelezhető „o” – feasible with explanations / feltételesen kivitelezhető „-” – not feasible/not economic / nem kivitelezhető/nem gazdaságos 1) if cracking originates from the pavement surface (top-down cracking)/ ha a repedések felülről lefelé terjednek 2) reshaping if deterioration originates from low compaction, remixing or repaving if it originates from improper stability / ha a deformáció tömörítési hibából ered, újraprofilozás, ha gyenge stabilitásból, remix vagy újraburkolás 3) repaving / újraburkolás 4) if rutting originates in asphalt binder course / ha a nyomvályú az aszfalt kötőrétegben keletkezik										

#### 4. BONTÁSI LEHETŐSÉGEK MEGLÉVŐ BURKOLATOK ESETÉBEN

Az aszfalt visszanyerésének első lépése a meglévő burkolat bontása. A visszanyert anyag jó minősége, ezáltal annak új anyagokban való nagyarányú újrahasznosíthatósága érdekében magának a bontási folyamatnak is teljesítenie kell bizonyos követelményeket.

A meglévő burkolatok bontása töréssel vagy marással történik. Törés esetén a teljes kötött pályaszerkezet bontásra kerül, míg a marási mélység, a gépi felszereléstől függően, néhány mm és több, mint 30 cm között, változtatható.

Míg a marással nyert anyag további kezelés nélkül, közvetlenül felhasználható, a tört anyagot telepen vagy mobil törőberendezésekkel tovább kell aprítani. Így helyszíni újrahasznosításhoz csak marás után előálló anyagot lehet felhasználni.

A marást alkalmazó technológiák telepi újrahasznosítás esetén is kedvezőbbek, hiszen az egyes aszfaltrétegek marással külön-külön is bonthatóak. Ez különösen akkor fontos, ha a visszanyert aszfaltot új melegaszfalt gyártásában hasznosítják újra, mivel ekkor az újrahasznosított anyag tulajdonságai és homogenitása egyaránt fontos. Az újrahasznosított aszfalt tulajdonságainak a tervezett új aszfalt tulajdonságaihoz illeszkedniük kell. Így ha aszfalt gyártásakor visszanyert aszfaltot is felhasználnak, annak olyan rétegből kell származnia, melynek a gyártott aszfalttal megegyező vagy annál kisebb legnagyobb adalékanyag szemmagysággal készítettek. Adott esetben a szemeloszlást figyelembe véve még arra is lenne lehetőség, hogy visszanyert aszfaltot új SMA vagy MA keverékekben nagy arányban alkalmazzanak. Ebben az esetben magas újrahasznosítási arány valósítható meg bármely aszfaltkeverék esetén, amit a rétegek különálló marásával, a visszanyert aszfalt osztályozott deponálásával, további aprítással, szűréssel és homogenizálással, valamint az anyag keverőtelepi vizsgálatával fokozni lehet. Emellett szétválasztott marással a veszélyes anyagokat (pl. kátrányt) tartalmazó felső rétegek külön is választhatók. Így a tiszta anyag elszennyeződése megelőzhető. A felsorolt előnyök miatt ezt a technológiát a vizsgált 14 európai országból 12-ben rendszeresen alkalmazzák, vagy pedig a rétegenkénti marást nemzeti útmutatókban írják elő.



A meleg, keverőtelepi újrahasznosításra szánt keverékek esetében a felhasznált mart aszfaltra vonatkozó előírások homogén anyagot követelnek meg, melyben a szemeloszlás és a kötőanyag-tartalom, valamint a kőanyag és a bitumen tulajdonságai a nyersanyagéval megegyeznek. Keverőtelepi meleg újrahasznosítás esetében, például, a visszanyert aszfalt kötőanyaga a keverés során megolvad, így a keverék végső bitumentartalmának egy részévé válik. Ez az aszfaltrétegek különálló marását igényelheti, mely különösen akkor fontos, ha a mart aszfaltot a pályaszerkezet felső rétegében kívánják újrahasznosítani.

Másfelől némely újrahasznosítási technológia kevésbé függ a visszanyert anyag tulajdonságaitól. A hidegremix technológiák esetében csak homogén feltételekre van szükség, így az újrahasznosított anyag részletesebb tulajdonságai (pl. szemeloszlás, kötőanyag-tartalom, kötőanyag tulajdonságok) elhanyagolhatóak. A hideg újrahasznosítási technológiák esetében az újrahasznosított anyag szemeloszlása fontos szempont, de a visszanyert aszfalt, hidraulikus kötőanyagú vagy kötőanyag nélküli rétegek konkrét anyagi tulajdonságai kevésbé fontosak. Ha a pályaszerkezet bontásakor keletkező anyagot hidegen hasznosítják újra a teljes pályaszerkezet egyetlen lépésben is bontható.

### 5. ÚJRAHASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEK

Ahogy azt az 1. ábra is mutatja, a visszanyert anyagok melegaszfalt vagy mérsékelten meleg aszfaltkeverékek gyártásában is újrahasznosíthatók. Másik lehetőség a hidegkeveréses eljárásban történő újrahasznosítás. Mindkét lehetőség speciális tulajdonságú pályaszerkezeti anyagot eredményez, de azokat nem szabad összekeverni.

A visszanyert aszfalt új meleg vagy mérsékelten meleg aszfaltkeverékekben való újrahasznosításához jó minőségű mart aszfaltra van szükség, aminek részletesebb előírásoknak is meg kell felelnie. A vonatkozó előírásokat az EN 13108-8 szabvány tartalmazza, mely lehetővé teszi a visszanyert aszfalt CE jelzéssel való ellátását, és jó minőségű alkotóanyagként új melegaszfaltok gyártásához való felhasználását.

Mindazonáltal a 2. táblázat és a 3. táblázat alapján elmondható, hogy a visszanyert aszfalttal kapcsolatos előírások részletessége és az előírt értékek tűréshatárai Európa-szerte jelentősen eltérnek.

2. táblázat: Visszanyert aszfalt melegaszfalt gyártásában való felhasználására vonatkozó követelmények

		Country / Ország							
		EN 13108-8	Austria	Belgium	Denmark	France	Germany	Hungary	Ireland
Reclaimed asphalt / <b>Visszanyert aszfalt</b>	Type of mix / <b>Keverék típusa</b>	IR	x	–	specification on the resulting mix / <b>a végső keverékre vonatkozó követelmények</b>	IR	–	–	–
	Max. grain size / <b>Legnagyobb szemmagyság</b> U [mm]	C	x	x		x	x	x <sup>8</sup>	28
	Binder content / <b>Kötőanyag-tartalom</b> [%]	C	x	x		x	x	x	x
	Max. density / <b>Max. sűrűség</b> f <sub>m</sub>	x	–	–		–	x	–	–
	Content of foreign matter / <b>Idegen anyag tartalom</b> [%]	C	x	–		x	x	x	x
	Homogeneity / <b>Homogenitás</b>	C <sup>7</sup>	x	–		x <sup>9</sup>	x	x	–

Aggregates / <b>Kőanyagok</b>	Type of aggregate / <b>Kőanyag típusa</b>	IR	x	x		IR	x	-	-
	Grading / <b>Szemeloszlás</b>	C	x	x		x	x	x	x
	Shape index / <b>Szemalak tényező</b>	-	-	x		-	x	-	-
	Flakiness index / <b>Lemezességi szám</b>	-	-	-		-	x	-	-
	Crushed surfaces / Zúzott felületek aránya	-	-	-		x	x	-	-
	LA Coefficient / <b>Aprózódás</b>	-	-	-		x	x	-	-
	Polished Stone Value / <b>Polírozódás</b>	-	-	-		x	x <sup>2</sup>	-	-
	Water absorption / <b>Vízfelvétel</b>	-	-	-		-	x	-	-
	Resistance to freezing and thawing / <b>Fagyállóság</b>	-	-	-		-	x	-	-
	Resistance to freezing and thawing / <b>Fagyállóság (NaCl)</b>	-	-	-		-	x <sup>2</sup>	-	-
Binder / <b>Kötőanyag</b>	Type of binder / <b>Kötőanyag típusa</b>	C	x	-		x	x	x	-
	T <sub>R&amp;B</sub> / <b>Lágyuláspont [°C]</b>	70	x	x		77 <sup>9</sup>	70	x	-
	Pen / <b>Penetráció [1/10mm]</b>	15 <sup>6</sup>	-	10 <sup>1</sup>		5 <sup>9</sup>	15	x	15 <sup>4</sup>
	Viscosity / <b>Viszkozitás 135°C-on</b>	IR	-	x		-		-	-
	Reference document / <b>Referencia-dokumentum</b>	[4]	[5]	-		[6]	[7]	[8]	[9]

3. táblázat: Visszanyert aszfalt melegaszfalt gyártásában való felhasználására vonatkozó követelmények (folytatás)

	Country / Ország							
	EN 13108-8	Poland	Portugal	Serbia	Slovenia	Spain	Sweden	UK



Reclaimed asphalt / <i>Visszanyert aszfalt</i>	Type of mix / <i>Keverék típusa</i>	IR	-	-	-	-	-	-	-		
	Max. grain size / <i>Legnagyobb szemmagyság U [mm]</i>	C	40	32					32	25	32
	Binder content / <i>Kötőanyag-tartalom [%]</i>	C	-	x					x	x	-
	Max. density / <i>Max. sűrűség f<sub>m</sub></i>	x	-	-					x	-	-
	Content of foreign matter / <i>Idegen anyag tartalom [%]</i>	C	x	x					-	-	x
	Homogeneity / <i>Homogenitás</i>	C <sup>7</sup>	-	-					-	-	-
Aggregates / <i>Kőanyagok</i>	Type of aggregate / <i>Kőanyag típusa</i>	IR	-	-	Not specified: RA is not recycled in HMA / <i>Szabályozatlan: nincs újrahasznosítás melegaszfalt gyártásban</i>	-	-	-	-		
	Grading / <i>Szemeloszlás</i>	C	x <sup>10</sup>	-					x	x	x
	Shape index / <i>Szemalak tényező</i>	-	x <sup>10</sup>	-					x	x	-
	Flakiness index / <i>Lemezességi szám</i>	-	x <sup>10</sup>	-					-	x	-
	Crushed surfaces / <i>Zúzott felületek aránya</i>	-	x <sup>10</sup>	-					x	-	-
	LA Coefficient / <i>Aprózódás</i>	-	x <sup>10</sup>	-					-	x	-
	Polished Stone Value / <i>Polírozódás</i>	-	x <sup>10</sup>	-					-	-	-
	Water absorption / <i>Vízfelvétel</i>	-	x <sup>10</sup>	-					-	-	-
	Resistance to freezing and thawing / <i>Fagyállóság</i>	-	x <sup>10</sup>	-					-	-	-
	Resistance to freezing and thawing / <i>Fagyállóság (NaCl)</i>	-	x <sup>10</sup>	-					-	-	-
Binder / <i>Kötőanyag</i>	Type of binder / <i>Kötőanyag típusa</i>	C	-	x	x	-	-				

specification on the resulting mix / *a végső keverékre vonatkozó követelmények*

	$T_{R\&B}$ / <b>Lágyuláspont</b> [°C]	70	70 <sup>2</sup>	70		70	x <sup>5</sup>		-
	Pen / <b>Penetráció</b> [1/10mm]	15 <sup>6</sup>	15 <sup>2</sup>	15		-	x		15
	Viscosity / <b>Viszkozitás</b> 135°C-on	IR	-	-		-			-
	Reference document / <b>Referencia-</b> <b>dokumentum</b>	[4]	[10]	[11]		[12]	[13]		[14 ]

ahol:

C compulsory for CE-marking / CE minősítés megszerzéséhez kötelező.

IR (if required) National specification may specify the property / Szükség szerint nemzeti előírás szabályozhatja.

„-” not specified / szabályozatlan.

„x” specification needed for the characterisation of RA / szabályozás szükséges a visszanyert aszfalt besorolásához.

IR (if required) National

1 or 50% of initial value / vagy a kezdeti érték 50%-a.

2 for the recycling in surface courses / felső rétegekben való újrahasznosításhoz.

3 specifications either as on virgin materials or on performance / primer anyagra vagy teljesítményre vonatkozó előírással megegyező.

4 for RA content of >10% / 10%-ot meghaladó újrahasznosított aszfalt arány esetén

5 for surface working sites >70.000 m<sup>2</sup> / 70000 m<sup>2</sup>-nél nagyobb felületek esetében

6 for soft asphalt / lágyaszfaltok esetében

7 EN 13108 specified at least 5 samples per stockpile or at least 1 sample for each 500 t. If Ra is added with a smaller percentage to the HMA, 1 sample can be used./ Az EN13108 min. 5 mintát ír elő depóniánként vagy min. 1 mintát 500 tonnánként. Ha ennél kisebb arányú a visszanyert aszfalt felhasználása a melegaszfalt gyártásakor, 1 minta elegendő.

8 since plant hot recycling rate cannot exceed 10-20%, the only requirement is that Dmax of reclaimed asphalt cannot be higher than of new asphalt mixture./ mivel a telepi meleg újrahasznosítás mértéke nem haladhatja meg a 10-20%-ot, az egyetlen követelmény, hogy a Dmax visszanyert aszfalt esetén nem lehet nagyobb, mint a végleges keverékre előírt.

9 penetration average >5 1/10mm and range 0,5 mm, terjedelem 1,5 mm; előírt lágyuláspont <77°C, terjedelem 8°C.

10 as for virgin aggregates, according to technical specification / mint primer (természetes) kőanyagok esetében, a technológiai utasításoknak megfelelően.

A melegremixes újrahasznosítás esetében az újrahasznosított anyag kötőanyaga az új keverék gyártása közben elolvad, ezáltal újraaktíválódik, és képes a technológiai szerepét az új keverékben betölteni. Ezáltal az újrahasznosított anyaggal gyártott keverékek tulajdonságai a teljesen új alapanyagokból gyártott keverékek tulajdonságaihoz hasonlóak lesznek.

A hidegen újrahasznosított aszfaltanyagok esetében kevésbé szigorú feltételek teljesítése is megengedhető. Míg az új keverék tervezése során fontos szerepe van az újrahasznosított anyag szemeloszlásának, részletes összetétele (kötőanyag-tartalom, viszkozitás, osztályozottsága) az új keverék tulajdonságait nem befolyásolja. A hidegen és a melegen előállított keverékek tulajdonságai jelentősen eltérnek egymástól.

## 6. TOVÁBBI KUTATÁSOK

Az aszfalt útburkolatok bontása és a visszanyert anyagok különféle újrahasznosítása új aszfaltrétegek gyártásában a legtöbb európai országban széles körben alkalmazott technológia. A bontási és a besorolási gyakorlat összegzése és az európai országok hideg és meleg újrahasznosítással kapcsolatos tapasztalatait jelen konferencián bemutató 442. és 460. számú publikációk alapján az alábbi további kutatási célok fogalmazhatóak meg:

- meglévő burkolatok besorolása az újrahasznosítási lehetőségek szerint:
  - a GPR felhasználási területe a lokális szerkezeti hibák és heterogenitások kimutatására (a kutatás eredményeképpen megbízható információ szolgáltatható a bontandó pályaszerkezeti rétegekről, lehetővé téve az optimális újrahasznosítási technológia kiválasztását);
  - adatbázisok kialakítása, amelyek tartalmazzák az úthálózati elemek keverékterveit és felújítási előzményeit; ezáltal nagymértékben hozzájárulnak a fenntartási-felújítási tevékenység korai megtervezéséhez, és a pályaszerkezet alapos vizsgálatában költségmentakarítást eredményeznek;
- hideg újrahasznosítási technológiák:
  - a meleghez képest a hideg újrahasznosítási technológiáknál alkalmazott keveréktervezési módszerek jelentősen eltérnek Európa-szerte. A szabályozást előkészítő kutatás szükséges, mely egységesíti a:
    - laboratóriumi tömörítési módszereket,
    - kezelési eljárásokat,
    - teljesítményvizsgálati módszereket,
    - keveréktervezési előírásokat;
  - szükséges a visszanyert anyagban lévő különböző típusú kötőanyagoknak az újrahasznosítás minőségére gyakorolt hatását vizsgálni. (Egyes aszfalt újrahasznosítási technológiák bitumenemulziót vagy habosított bitument és cementet alkalmaznak kötőanyagként, az így készült rétegek közép- és hosszú távú teljesítményét vizsgálni célszerű, hogy eredményei kutatásokhoz felhasználhatók lehessenek. A visszanyert aszfaltokat, bontásuk közben, hidraulikus kötőanyagú alaprétegek elszennyezhetik, így pl. soványbeton az újrahasznosított anyagban az új aszfaltréteg tulajdonságait befolyásolhatja);
- újrahasznosítás melegaszfalt gyártásban (bár már régóta alkalmazzák Európában, de van még újabb kutatási igény):
  - melegaszfalt tervezése esetén feltételezik, hogy az újrafelhasznált anyag bitumenje teljesen összekeveredik a hozzáadott új bitumennel. A tapasztalatok és kutatások viszont azt mutatják, hogy a keverés valójában a kőanyagot másodszor vonja be. Ezért a bitumen eredő viszkozitásának számítására használt képletek nem érvényesek. Ez elsősorban olyan melegaszfaltok és visszanyert aszfaltok esetén kérdéses, amelyek modifikált bitument tartalmaznak;
  - különféle keverési technológiák esetében, a visszanyert aszfalt hozzáadásához szükséges energiaigény meghatározása, és a szénlábnyom összehasonlítása;
  - a hagyományos és az újrahasznosított aszfaltot tartalmazó aszfaltrétegek fáradási jellemzőinek vizsgálata (félő ugyanis, hogy a viszonylag nagy arányban visszanyert aszfaltot tartalmazó rétegek, különféle fizikai és mechanikai okoknál fogva, rosszabb fáradási tulajdonságúak lehetnek, mint az új alapanyagokból gyártott rétegek).
- újrahasznosítási technikák (kivitelezés)
  - meleg helyszíni újrahasznosítás esetén, a dolgozók egészségügyi kockázatainak csökkentését célzó hatékony eszközök kidolgozása (meleg újrahasznosításnál a forró bitumen és bontandó rétegekből származó gőzök az azoknak folyamatosan kitett személyek számára veszélyesek lehetnek);

- a mérsékelt meleg és a félmeleg aszfaltok újrahasznosítással kapcsolatos tervezési és beépítési módszereinek továbbfejlesztése (számos nyitott kérdés kapcsolódik ezekhez az új, energiahatékony és környezetbarát kivitelezési technológiákhoz, különösen, ha újrahasznosított anyagokat is felhasználnak);
- polimerrel vagy gumival modifikált kötőanyaggal gyártott rétegek újrahasznosításához kapcsolódó problémák feltárása és megoldása (számos nagy forgalmú útszakaszt gyártottak polimerrel, ritkábban gumival modifikált kötőanyaggal; ezek újrahasznosítása, a burkolatok bontása és újrahasznosítása során, környezeti és/vagy technikai problémákat okozhat);
- útburkolati jeleknek a visszanyert aszfaltra és az azzal gyártott új aszfaltra gyakorolt hatásának vizsgálata (aszfalt kopórétegek bontásakor az útburkolati jelek anyaga a visszanyert aszfaltanyagot elszennyezheti; félő, hogy a műanyag viszonylag nagy aránya az új aszfaltkeverék tulajdonságait ronthatja).
- Hosszú távú teljesítmény vizsgálata
  - Adatgyűjtés és adatelemzés: az összegyűjtött esettanulmányok alapján látható, hogy a rendelkezésre álló adatok részletessége igen eltérő. Ennek egyik oka, hogy a meglévő pályaszerkezetre vonatkozó információk (pl. építési adatok, rétegvastagságok, rétegek anyagi tulajdonságai, kivitelezési technológiák, stb.) sokszor még korábbi kísérleti szakaszok esetében is hiányoznak. Emiatt az európai újrahasznosított aszfalt kísérleti szakaszokat (vagy akár minden utat) tartalmazó, átfogó adatbázis megalkotása szükséges, mely a pályaszerkezetről, az anyagok tulajdonságairól, forgalmi terhelésekről, időjárási viszonyokról stb. részletes adatokat tartalmaz. Az így Európa-szerte gyűjtött adatok segítségével különböző burkolati anyagok, kivitelezési technológiák, innovatív módszerek hosszú távú teljesítménye elemezhetővé válhatna.
  - A különféle országok újrahasznosított aszfalt kísérleti szakaszainak hosszú távú teljesítményének értékelése (ha a pályaszerkezeti anyagok, az újrahasznosítási technológiák, a forgalmi terhelések, időjárási viszonyok az élettartam alatt eléggé megbízhatóan ismertek, a monitoring adatokból – későbbi hasznosításra – képet kaphatunk a burkolat tényleges hosszú távú teljesítményéről).
  - Hiányzik a hosszú távú teljesítménnyel és a várható karbantartási igényekkel kapcsolatos, a költséghatékonyság és a környezeti hatások értékeléséhez szükséges ismeret is.

A megjelölt további kutatási irányok a burkolatok bontásával és az anyagok besorolásával kapcsolatos európai tapasztalatokon alapulnak. További információk szerezhetők a felhasznált irodalmak, legjobb gyakorlatok és esettanulmányok áttekintésével, illetve a projekt [www.direct-mat.eu](http://www.direct-mat.eu) weboldalán.

## 7. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A bemutatott eredmények az Európai Unió 7. Fejlesztési és Technológiai Keretprogramja (FP7/2007-2013) által finanszírozott 218656. számú kutatásnak köszönhetőek. A bemutatott eredmények a DIRECT-MAT kedvezményezettjei (partnerei) által készített belső nemzeti jelentések alapján készültek.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

[1] Mollenhauer, K., Ipavec, A., Gaspar, L., Marsac, P., Mirski, K., Batista, F., L Antunes, M., McNally, C., Karlsson, R. 2011. Best Practice guide for the dismantling of asphalt roads and use of recycled materials in asphalt layers. DIRECT-MAT Deliverable D19. EC no. 218656. 2011.

[2] Mollenhauer, K., Ipavec, A., Gaspar, L., Marsac, P., Mirski, K., Batista, F., L Antunes, M., McNally, C., Karlsson, R. Synthesis of national and international documents on existing knowledge

regarding the recycling of reclaimed road materials in asphalt. DIRECT-MAT Deliverable D5. EC no. 218656. 2010.

[3] European Asphalt Pavement Association. Asphalt in Figures. 2007/2008.

[4] EN 13108-8. Bituminous mixtures. Material specifications. Reclaimed asphalt. 2005.

[5] Krajcir, A.; Rossbacher. H. Asphalt 2010 – Regelungen für Mischgut – Schicht. Gestrata Journal 128. 2010.

[6] LCPC. Manuel LPC d'aide à la formulation des enrobés. 12/2007.

[7] FGSV. Technische Lieferbedingungen für Asphaltgranulat TL AG. 2009

[8] MAUT. Útépítési aszfaltkeverékek. Visszanyert aszfalt. UT-2-3.301-8. 2008.

[9] National Standards Authority Ireland. Recommendation for the Use and Implementation of the I.S. EN 13108 Series Bituminous Mixtures – Material Specifications. 2009.

[10] D. Sybilski et al. Wymagania techniczne – Nawierzchnie asfaltowe na drogi publiczne, WT2-Nawierzchnie asfaltowe 2008.

[11] Laboratório Nacional de Engenharia Civil. LNEC E 472 – Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central. 2009.

[12] Tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste TO 06. TSC 06.800:2001 – Ponovna uporaba materialov v cestogradnji, Recikliranje. 2001.

[13] Dirección General de Carreteras- Ministerio de Fomento. Reciclado en central en caliente de capas bituminosas. 2001.

[14] Highway Agency. Manual of Contract Documents for Highway Works: Volume 1 Specification for Highway Works – Series 900 – Road Pavements – Bituminous Bound Materials. 2008.