

október 2013

INFORMAČNÝ LIST ÚSPEŠNE ZREALIZOVANÉHO PROJEKTU

Názov projektu		Vývoj progresívnych technológií zužitkovania vybraných odpadov v cestnom stavitelstve
Kód ITMS		26220220051
Prijímateľ	Názov	Technická univerzita v Košiciach
	Sídlo	Letná 9, 042 00 Košice - Sever
Operačný program		Výskum a vývoj
Prioritná os		2 Podpora výskumu a vývoja
Opatrenie		2.2 Prenos poznatkov a technológií získaných výskumom a vývojom do praxe
Partner		-

1. Miesto realizácie projektu

Okres	Obec	Ulica	Číslo
Košice I	Košice- Sever	Vysokoškolská	4
Košice I	Košice-Západ	Popradská	58

2. Finančný a časový rámec realizácie projektu

Časový rámec realizácie projektu (MM/RRRR)	Začiatok realizácie aktivít projektu		Ukončenie realizácie aktivít projektu
		01/2010	
Výdavky projektu v EUR	Celkové oprávnené výdavky		447 174,35
	Z toho	NFP	424 815,63
		Vlastné zdroje	22 358,72
Čerpané výdavky projektu v EUR po schválení záverečnej ŽoP	Čerpané celkové oprávnené výdavky		400 785,47
	Z toho	Čerpane NFP	20 039, 27
		Čerpané vlastné zdroje	380 746,20

3. Cieľ a dosiahnuté výsledky projektu

Cieľ projektu	Cieľ projektu Cieľom realizácie projektu je zvýšiť kvalitu integrovaného výskumu progresívnych technológií zhodnocovania vybraných odpadov v cestnom stavitelstve
	Špecifický cieľ projektu 1 Vývoj progresívnych technológií zužitkovania vybraných priemyselných odpadov v konštrukčných vrstvách

	<p>vozoviek</p> <p>Špecifický cieľ projektu 2 Vývoj environmentálnych technológií zhodnocovania vybraných energetických odpadov v cestnom stavitelstve</p>
<p>Dosiahnuté výsledky merateľných ukazovateľov</p>	<p>Dosiahnuté výsledky merateľných ukazovateľov plán (zrealizované v %)</p> <p>Študenti doktorandského štúdia vlastnej organizácie a partnerov v projekte, ktorí využívajú poskytnutú podporu – ženy 2/3 (zrealizované na 150 %)</p> <p>Študenti doktorandského štúdia vlastnej organizácie a partnerov v projekte, ktorí využívajú poskytnutú podporu – muži 4/4 (zrealizované na 100 %)</p> <p>Výskumníci do 35 rokov vlastnej organizácie a partnerov, ktorí využívajú poskytnutú podporu – ženy 2/2 (zrealizované na 100 %)</p> <p>Výskumníci do 35 rokov vlastnej organizácie a partnerov, ktorí využívajú poskytnutú podporu – muži 2/2 (zrealizované na 100 %)</p> <p>Výskumníci nad 35 rokov vlastnej organizácie a partnerov, ktorí využívajú poskytnutú podporu – ženy 14/14 (zrealizované na 100 %)</p> <p>Výskumníci nad 35 rokov vlastnej organizácie a partnerov, ktorí využívajú poskytnutú podporu – muži 3/3 (zrealizované na 100 %)</p> <p>Počet zorganizovaných konferencií 2/3 (zrealizované na 150 %)</p> <p>Počet mobilít pracovných síl ako výsledok spolupráce medzi verejným sektorom (organizačná zložka SAV a vysokej školy) a podnikateľským sektorom 2/0 (zrealizované na 0 %)</p> <p>Počet publikácií v nekarentovaných časopisoch 13/14,77 (zrealizované na 113,62 %)</p> <p>Počet prác publikovaných v nerecenzovaných vedeckých periodikách a zborníkoch 24/46,5 (zrealizované 193,75%)</p> <p>Objem finančných prostriedkov poskytnutých na projekty venované problematike životného prostredia 410 000/410 000 EUR (zrealizované na 100 %)</p>

Dosiahnuté výsledky projektu v rámci aktivity

Aktivita 1.1 Návrh a overenie technológie zužitkovania drvej gumy z ojazdených pneumatík v asfaltových zmesiach

Cieľ aktivity: Cieľom realizácie aktivity je vývoj progresívnych technológií v cestnom stavitelstve s orientáciou na úsporu prírodných surovín a zužitkovanie druhotných surovín či R-materiálu vo výrobe cestných asfaltových zmesí s dôrazom na funkčnosť, trvanlivosť a spoľahlivosť v súlade s požiadavkami mechaniky vozoviek a trvalo udržateľného rozvoja.

Výstup aktivity: Príspevok k novým poznatkom o možnostiach využitia gumového granulátu ako alternatívneho materiálu kameniva či asfaltu pri výrobe cestných asfaltových zmesí.

Očakáva sa, že získané výsledky výskumu budú aplikované v návrhu využitia gumového granulátu v asfaltových zmesiach a budú viesť k vzniku nového Technického a technologického predpisu na asfaltové zmesi s pridaním drvej gumy z ojazdených pneumatík a Technického listu – informačnej brožúry o danom výrobku.

Naplnenie výstupu:

- realizácia plánu experimentálnych prác prípravy asfaltových vzoriek s parciálnou náhradou kameniva gumou s ojazdených pneumatík a testovanie vybraných vlastností zmesí
- štúdium odborných podkladov pre prípravu článkov v rámci napĺňania ukazovateľov projektu
- príprava koncepcie vedeckých článkov
- príprava príspevkov a prezentácií na vedecké konferencie

Opis postupu pri realizácii aktivity:

Hlavným cieľom aktivity bolo predložiť riešenie nakladania s gumovým granulátom z ojazdených pneumatík a jeho environmentálne vhodné zužitkovanie vo výrobe asfaltových zámesí. Metodologický prístup k riešeniu špecifického cieľa bol založený na dostupných poznatkoch získaných predchádzajúcim štúdiom modifikácie štruktúry a vlastností asfaltov resp. modifikácie štruktúry asfaltových zmesí gumovým granulátom pre ich zužitkovanie v konštrukcii vozovky.

Časový harmonogram prebiehal v súlade s plánom v troch fázach: analytickej, experimentálnej a fáze overenia (prenos výsledkov do praxe).

Realizáciu v jednotlivých fázach možno popísať nasledovne:

Fáza analytická

Analytická fáza projektu bola napĺňaná v zmysle „Zmluvy“

takto:

- Analýza literárnych poznatkov v oblasti riešenia projektu:

V rámci tohto bodu boli študované vedecké práce hlavne zahraničných autorov ako napr. SMITH R.J. Asphalt rubber. Open graded friction course, TRELEAVEN, L. et al. 2006. Asphalt rubber – The quiet pavement? 2006 Annual conference of the transportation association of Canada, Charlottentown, Prince Edward Island, VALENTIN, J., MONDSCHHEIN, P. 2010. Snižování hluku možnými úpravami obrusné vrstvy vozovky. Časopis Silnice - železnice. 5/2010. ČR, 58, MAMLOUK, M., MOBASHER, B. 2004. Cracking resistance of asphalt rubber mix versus hot-mix asphalt, 2004, ROFFE J.-C. Low noise asphalt concrete containing rubber from worn tires a iné, s následnou sumarizáciou pre jednotlivé kroky projektu. V tejto fáze bol spracovaný aj prehľad technických podmienok platných v krajinách uplatňujúcich študované technológie. Študované a analyzované boli zahraničné normy a technické predpisy. Najdôležitejšie pre potreby projektu sú ASTM D6114 / D6114M – 09 Standard Specification for Asphalt-Rubber Binder, TP 148 z roku 2009 v ČR, Caltrans Standard Specifications, 1998 Edition, Proposed Standard Specifications for Public Works Construction a iné, domáce aj zahraničné vedecké zdroje, poznatky boli využité pri riešení aktivity;

- Analýza technologických možností využitia gumového granulátu pri výrobe cestných asfaltových zmesí. spracovanie prehľadu strojného vybavenia pre technológie použitia drvenej gumeny v cestných stavebných zmesiach.

Analyzované boli technológie uplatňované v zahraničí - Novophalt®, Rubit®, Elvaloy®, Plusride®, TecRoad standart®, a TecRoad Premium®, CRmB®. Problémom pre použitie progresívnych technológií v praxi sú technologické zariadenia, ktoré je potrebné pre novú technológiu inovovať, v závislosti od vyvinutej technológie. V prípade využitia gumového granulátu v asfaltových zmesiach boli študované 2 metódy. Za suchú metódu sa považuje pridanie drveného gumového granulátu pri miešaní asfaltového spojiva a kameniva v miešačke. Guma sa zmiešava bez reagovania so spojivom a v skutočnosti pôsobí ako kamenivo. Pri mokrej metóde výroby, drvený gumový granulát sa zmiešava s asfaltovým spojivom v špeciálnych zmiešavacích sústavách. Pri zmiešavaní dochádza k reakcii gumeny a asfaltového spojiva. Modifikované asfaltovo-gumové spojivo sa potom zmiešava s kamenivom. Preto obaľovacie súpravy pri výrobe asfaltových zmesí s gumou pomocou mokrej metódy musia byť vybavené špeciálnou zmiešavacou súpravou na modifikáciu spojiva. Pri suchej metóde gumový granulát môže využiť jeden z mnohých

zásobníkov pre kamenivo, alebo múčku. Na výrobu zmesi s gumovým granulátom môžu byť použité nové typy obalovní od firiem Ammann, Askom, Teltomat, Benninghoven;

- Výber vhodného technologického spôsobu pridávania drvej gumy do asfaltových zmesí a to vzhľadom na ich technické požiadavky.

Výber bol uskutočnený na základe výsledkov termickej analýzy gumového granulátu. Pre použitie GG v asfaltových zmesiach, ako progresívnej technológie, sú dôležité údaje o správaní sa GG pri rôznych teplotách. Pri ohrievaní v sušičkách nesmie dôjsť k spáleniu gumy, ale je vhodné čiastočne predhriať gumu, aby sa urýchlila reakcia. Z dôvodu zistenia chemickej reaktivity bola v rámci výskumu urobená termogravimetrická skúška na vzorke GG.

Výsledky termickej analýzy stanovili maximálnu pracovnú teplotu GG v prostredí vzduch na 160°C.

Na základe získaných výsledkov bola navrhnutá technológia výroby asfaltových zmesí na báze drvej gumy v týchto variáciách:

- pridávanie drvej gumy ku kamenivu, pred pridaním asfaltu. Guma slúži ako náhrada časti drobného kameniva.
- zmiešanie asfaltu s gumou, pred dávkovaním spojiva do miešačky obalovne. Guma slúži ako asfaltový modifikátor.

V rámci tohto kroku riešenia boli testované fyzikálno-mechanické vlastnosti dvoch základných spôsobov pridávania drvej gumy do asfaltových zmesí:

1. Suchý spôsob - pridávanie ku kamenivu, pred pridaním asfaltu. Guma slúži ako náhrada časti drobného kameniva. Požiadavky na obalovacie súpravy pri použití GG a R-materiálu v horúcich asfaltových zmesiach sú nasledovné: OS môže byť vybavená dodatočným zásobníkom s nepriamym ohrevom. Gumový granulát môže byť pridávaný do obalovacieho bubna bez predhriatia. Čas miešania zmesi musí byť predĺžený o polovicu.

2. Mokry spôsob - zmiešanie asfaltu s gumou, pred dávkovaním spojiva do miešačky obalovne, pomocou špeciálne upraveného zásobníka na takýto účel. Guma slúži ako asfaltový modifikátor. Na výstupe zo špeciálneho zásobníka na gumou upravené spojivo sa meria jeho viskozita.

- Výber a overenie vhodnosti vstupných materiálov (kamenivo, asfalt, R-materiál, gumový granulát).

V rámci projektu prebiehal výskum potrebných vlastností všetkých zložiek navrhovaných asfaltových zmesí - kameniva, asfaltu, R-materiálu, ale zvlášť gumového granulátu, Najdôležitejšie pre návrh asfaltovej zmesi boli výsledky termogravimetrie, sitový rozbor a skúmanie povrchu materiálov. Pre výber a overenie

vhodnosti použitia vstupných materiálov do asfaltových zmesí boli vykonávané skúšky ich vlastností potrebných ako podklad pre riešenie aktivity/špecifického cieľa podľa platných technických špecifikácií. Hlavným ťažiskom aktivity v tejto fáze riešenia boli skúšky gumového granulátu, gumoasfaltu a R-materiálu. Chemické vlastnosti boli skúmané pomocou nasledovných skúšok: nukleárna magnetická rezonancia na stanovenie miery degradácie gumového granulátu oproti novej gume a R- materiálu, diferenciálna tepelná analýza a termogravimetria na stanovenie vplyvu degradácie materiálov na teplotu rozkladu. Fyzikálne vlastnosti kameniva a gumového granulátu boli skúmané pomocou sitového rozboru, meraní objemovej hmotnosti, nasiakavosti. Povrchové vlastnosti gumového granulátu sa hodnotili vizuálne pomocou elektrónového mikroskopu.

Vybrané vlastnosti kameniva a asfaltu sa akceptovali z príslušných certifikátov dodaných výrobcom. Pre stanovenie referenčných zmesí sa využili existujúce receptúry z počiatočných skúšok typu (PST TUKE 01-2013).

Fáza experimentálna

- **Príprava asfaltových zmesí**

Asfaltové zmesi na báze vybraných vstupných materiálov boli vyrobené podľa navrhovaných receptúr a na základe získaných výsledkov posúdené podľa požiadaviek platných noriem pre skúšanie týchto zmesí v rozsahu:

1. Suchý proces – 5 dávkovaní gummy

- AC (AB) podľa STN EN 13108-1, AC O 11 s 1 %, 1,25 %, 1,5 %, 1,75 % a 2 % GG, AC L 16+ s 1,25 %.

2. Mokry proces – 1 dávkovanie gummy,

- AC O 11 s CRmB (20 % GG), AC L 16+ s CRmB (20 %)

Návrh a výroba porovnávacích zmesí:

1. s cestným asfaltom Slovnaft, Orlen, OMV 50/70

- AC,
- BBTM,
- SMA.

2. s priemyselne modifikovaným asfaltom na báze SBS

- AC,
- BBTM,
- SMA.

- **Návrh receptúry a príprava asfaltových zmesí vyrábaných za horúca na báze primárnej náhrady časti drobného kameniva drvenou gumou.**

Ako referenčná zmes bola zvolená AC O 11, II s CA 50/70, označená písmenom A. Zmesi s GG boli vyrábané dvoma spôsobmi. Prvý, s predhriatym GG, označený písmenom B, a druhý - bez predhriatia GG, označený

písmenom C. Zmesi s obsahom gumového granulátu X, ktorý sa rovná 1 %, 1,25 %, 1,5 %, 1,75 % a 2 % hmotnosti kameniva, sú označené BX a CX. Zmesi boli vyrábané za horúca.

Obsah spojiva bol 6 %. Zmesi boli pripravené v troch sériách. Postup prípravy zmesi sa líšil tým, že pri prvej sérii sa kamenivo zahrievало spolu s gumovým granulátom na teplotu 150 °C a pri druhej a tretej na 170 °C.

- Návrh receptúry a príprava asfaltových zmesí vyrábaných za horúca na báze parciálnej náhrady asfaltu gumoasfaltom.

Pre návrh receptúry boli vykonané všetky laboratórne skúšky, požadované technickými normami a predpismi a v zmysle vedeckosti projektu aj skúšky nadštandardné.

- Skúšanie fyzikálnych vlastností asfaltových kompozitov na báze drvenej gummy,
- Laboratórne skúšky na stanovenie charakteristík, potrebných pre návrh konštrukcie vozovky.

V rámci týchto krokov boli uskutočnené skúšky na zistenie vlastností asfaltových zmesí ako sú:

- objemová hmotnosť zhutnenej zmesi,
- maximálna objemová hmotnosť zmesi,
- medzerovitosť,
- minimálny pomer pevností v priečnom ťahu,
- minimálne a maximálne percento medzier v kamenive vyplnených asfaltom,
- sklon vyjazdenej koľaje na vzduchu,
- priemerná hĺbka vyjazdenej koľaje na vzduchu,
- komplexný modul a únava (na vybraných zmesiach),
- súčiniteľ tepelnej vodivosti,
- nízkoteplotné vlastnosti (na vybraných zmesiach).

Výsledky boli priebežne publikované, dokladované v rámci priebežných monitorovacích správ ako výstupy - najdôležitejšie z nich sú zrejmé z obrázkov a a tabuliek.

Objem telesa sa stanoví z jeho hmotnosti stanovenej na vzduchu a vo vode. Objemová hmotnosť bola stanovená podľa STN EN 12697-6+A1. 2007 postup B. V tomto postupe sa skúšobné teleso nechá nasýtiť vodou. Pre porovnanie sú jednotlivé objemové hmotnosti zhutnených zmesí v tabuľke 1. Označenia navrhnutých asfaltových zmesí s rôznym obsahom drvenej gummy je písmenom B, referenčnej zmesi písmenom A. Písmenom C je označená zmes s GG, ktorý sa pridával bez predhriatia priamo pri zmiešavaní spojiva a kameniva.

Tab. 1 Objemové hmotnosti zhutnených zmesí

Vzorka	Objemové hmotnosti asfaltových zmesí s drvenou gumou (kg.m ⁻³)		
	1. séria	2. séria	3. séria
A	2337	2334	2330
B1	2354	2370	2274

B1,25	2262	2286	2298
B1,5	2222	2327	2318
B1,75	2316	2312	2320
B2	2157	2269	2242
C1,5	2262	2269	2287

Maximálna objemová hmotnosť bola stanovená podľa STN EN 12697-5 + A1. 2010., postup A (objemový postup) vo vode. V tabuľke 2 sú uvedené hodnoty maximálnej objemovej hmotnosti namerané v 3 sériách skúšok.

Tab. 2 Hodnoty maximálnej objemovej hmotnosti

Vzorka	Maximálna objemová hmotnosť zmesi (kg.m ⁻³)		
	1. séria	2. séria	3. séria
A	2438	2457	2453
B1	2415	2424	2389
B1,25	2366	2342	2349
B1,5	2399	2394	2385
B1,75	2368	2398	2407
B2	2379	2325	2385
C1,5	2393	2403	2414

Medzerovitost' asfaltovej zmesi sa stanovuje podľa STN EN 12697-8. 2004. Medzerovitost' asfaltového skúšobného telesa sa vypočíta pomocou maximálnej objemovej hmotnosti a objemovej hmotnosti skúšobného telesa, s presnosťou 0,1 %. V tabuľke 3 sú uvedené medzerovitosti pre jednotlivé druhy asfaltových zmesí s gumovým granulátom, porovnané s referenčnou asfaltovou zmesou.

Tab. 3 Hodnoty medzerovitosti

Vzorka	Medzerovitost' zmesi (%)		
	1. séria	2. séria	3. séria
A	4,1	4,9	4,7
B1	2,5	2,2	4,8
B1,25	4,4	2,4	2,2
B1,5	7,4	2,8	2,8
B1,75	2,2	3,6	3,6
B2	9,3	2,4	6,0
C1,5	5,3	4,9	4,6

Okrem skúšok vlastností podľa požadovaných normových postupov pre asfaltové zmesi a R-materiál sa v rámci riešenia špecifického cieľa zisťovali nasledovné doplnkové vlastnosti:

- odolnosť zmesí proti tvorbe trvalých deformácií,
- sklon vyjazdenej koľaje (WTSAIR) a
- pomerná hĺbka vyjazdenej koľaje na vzduchu (RPDAIR) pre zmesi AC O 11 s 1,25, 1,75 a 1,75 % GG podľa hmotnosti kameniva, ktoré sú označené B1,25, B1,5, B1,75

- citlivosť na vodu, vyjadrená pomerom pevností v priečnom ťahu (ITSR) sa vypočíta ako pomer pevnosti v priečnom ťahu vlhkých asfaltových vzoriek a suchých asfaltových vzoriek a udáva sa v %. V tabuľke 4 sú uvedené pomery pevností v priečnom ťahu pre 3 série skúšok.

Tab. 4 Pomer pevností v priečnom ťahu zhutnených vzoriek ITSR

Vzorka	ITSR (%)		
	1. séria	2. séria	3.séria
A	110	118	108
B1	75	115	121
B1,25	108	83	114
B1,5	76	70	102
B1,75	78	87	84
B2	127	70	86
C1,5	64	129	127

Na základe výsledkov meraní pri rôznej frekvencii a teplote je možné zostaviť hlavné krivky.

- Numerické modelovanie konštrukcie vozoviek zohľadňujúce komplexne účinky klimatických podmienok a dopravného zaťaženia.

Pre modelovanie vozoviek bolo ako vstupné hodnoty zisťované dopravné zaťaženie rôznych typov PK a ich geometrické usporiadanie na sčítacích úsekoch špecifikovaných v súlade s celoštátnym sčítaním na diaľničnej a cestnej sieti v SR. Zaťaženie bolo analyzované pre potreby modelových výpočtov vozoviek s využitím navrhnutých progresívnych asfaltových zmesí. Výsledky boli sumarizované, analyzované a priebežne publikované (viď výstupy – kópie článkov).

- Špecifikácia možnosti použitia asfaltových zmesí na báze drvenej gummy v cestnom staviteľstve na základe dosiahnutých experimentálnych výsledkov.

Analýza a súhrn výsledkov sú v pripravovanom technickom predpise.

Na základe vyhodnotenia sledovaných technicky významných vlastností experimentálne pripravených asfaltových kompozitov na báze drvenej gummy a na základe modelových numerických experimentov konštrukcií vozoviek bola posúdená ich vhodnosť a vyšpecifikované možnosti ich využitia v konštrukcii vozovky.

- Návrh technológie výroby asfaltových zmesí s gumovým granulátom.

Pri hmotnostnom návrhu zmesi je možné nahradiť 1-1,75

% kameniva gumovým granulátom, bez negatívneho vplyvu na vlastnosti. Je vhodné pri použití GG vykonať objemový návrh čiary zrnitosti zmesi, týmto sa predíde zvýšeniu potreby spojiva pri optimalizácii návrhu. Navrhnutá bola finálna receptúra progresívnej asfaltovej zmesi s GG – v súlade s požiadavkami noriem a technických predpisov a vypracovaný dokument PST (počiatočná skúška typu), na základe ktorej bola asfaltová zmes vyrobená a použitá na skúšobnom úseku, s cieľom následného skúmania jej povrchových vlastností (výsledky budú relevantné po dlhodobom skúmaní – publikované budú ako dopady projektu). Po posúdení výsledkov získaných počas riešenia tohto špecifického cieľa bola navrhnutá a popísaná technológia výroby asfaltových zmesí. Teplota výroby, poklady môžu byť prebraté s platným noriem a predpisov v závislosti od použitého spojiva, hrúbky vrstvy a typu zmesi. Zmeny v technológii výrobe na OS oproti klasickým zmesiam sú v predĺženej dobe miešania kameniva, spojiva a iných prísad.

- Environmentálne a ekonomické zhodnotenie využitia drvenej gummy ako alternatívneho materiálu pri výrobe cestných asfaltových zmesí.

Zhodnotenie z pohľadu environmentálneho a ekonomického bolo urobené na modelovom príklade.

Environmentálna kvalita asfaltových zmesí bola hodnotená z aspektu množstva využitia drvenej gummy a možnosti znovu použitia asfaltovej zmesi. Finálnym krokom pred overením výsledkov výskumu v praxi bolo porovnanie ekonomických nákladov výroby asfaltovej zmesi klasickou technológiou a postupom s využitím drvenej gummy ako čiastočnej náhrady kameniva či asfaltu.

Environmentálne zhodnotenie použitia GG v asfaltových zmesiach vyrábaných za horúca je urobené z hľadiska spotreby energie pri výrobe vstupných materiálov. Ak si vypočítame množstvo vstupných materiálov a spotrebu energie na ich výrobu na modelovom príklade, kde uvažujeme s vozovkou dlhou 1 km, širokou 7 m a pri hrúbke vrstvy 40 mm (poprípade 35 mm pre gumo-asfaltovú technológiu), dostaneme hodnoty uvedené v tabuľke 5. Množstvo vstupných materiálov pre klasickú zmes asfaltového betónu sa vypočítalo podľa návrhu referenčnej zmesi označenej písmenom A, popísanej vyššie.

Tab. 5 Spotreba energie na výrobu materiálov zmesí

Vstupné materiály	Spotreba energie na výrobu (MJ.t ⁻¹)	Spotreba energie na výrobu materiálov zmesí (MJ)		
		Asfaltový betón	Gumoasf. mokrý s.	Gumoasf. suchý s.
kamenivo	35	21525	18147	18147
Asfaltové spojivo	4900	191100	164346	164346
GG	5422	0	37886	37886

GumoAsf spojivo	369	0	14955	0
Celková spotreba energie na výrobu materiálov		212625	235333	220379

Fáza overenia

- Overenie výsledkov výskumu v praxi.

Pre overenie výsledkov bol v spolupráci s Košickým samosprávnym krajom zriadený skúšobný úsek cesty, ktorého kryt bol zriadený podľa navrhutej receptúry v hrúbke 40 mm (ilustračné foto – Obr. 12). Pre relevantné overenie výsledkov je nutné dlhodobé sledovanie vlastností krytu vozovky, čo bude sledované in situ podľa pripraveného harmonogramu – výsledky budú publikované – sú plánované ako dopady projektu. Budú zamerané na sledovanie týchto parametrov:

- odpor povrchu vzoriek proti šmyku (skúška kyvadlom),
- diagnostika porúch a meranie nerovností krytu vozoviek,
- intenzita akustického tlaku a vibrácií.

Aktivita je v súlade s prioritami Štátnej environmentálnej politiky SR a s Akčným plánom v oblasti environmentálnych technológií. Tiež plne koreluje s prioritami Regionálnej inovačnej stratégie Košického samosprávneho kraja, ktorý sa podieľal na zriadení pokusného úseku cesty.

Výsledky/výstupy aktivity

Výsledky riešenia aktivity prispeli a naďalej prispajú k excelentného výskumu v oblasti uplatnenia environmentálnych technológií vo vývoji progresívnych stavebných zmesí z hľadiska trvalo udržateľného hospodárenia s neobnoviteľnými zdrojmi a znovu použitia R-materiálu v cestnom stavebníctve; k podpore ekologických inovácií v sektore stavebníctva; k zvýšeniu konkurencieschopnosti výskumu v oblasti progresívnych cestných zmesí; k využitiu potenciálu vedecko-výskumnej základne TUKE pri rozvoji a posilňovaní konkurencieschopnosti regiónu Košíc; k lepšiemu vedeckému profilu TUKE pri vstupe do medzinárodných riešiteľských tímov a účasti v medzinárodných projektoch; k podpore výchovy mladých vedeckých pracovníkov a odborníkov; k efektívnejšiemu prepojeniu vedy a výskumu so vzdelávacím procesom; k rastu záujmu stavebného sektora o progresívne technológie výroby stavebných materiálov.

Výstupy aktivity sa stanú integrálnou súčasťou komplexného výskumu zameraného na navrhovanie/aplikáciu stavebných materiálov novej generácie.

Špecifické výstupy projektu sú príspevkom k novým

poznatkom o možnostiach využitia gumového granulátu ako alternatívneho materiálu kameniva či asfaltu pri výrobe cestných asfaltových zmesí.

Návrh receptúry asfaltovej zmesi s vyšším obsahom gumového granulátu vedie k úspore ekonomických nákladov, ako aj k minimalizácii negatívneho dopadu na životné prostredie vo forme:

- šetrenia ornej a lesnej pôdy na budovanie skládok a odkalísk,
- zníženie hluku a vibrácií,
- zníženia prašnosti,
- zníženie nehodovosti,
- úspory prírodných surovín,
- šetrenia energie na ťažbu a úpravu prírodných surovín a na výrobu stavebných výrobkov z týchto surovín.

Medzi hlavné indikátory efektívnej realizácie jednotlivých činností v rámci aktivity patria:

- publikácie dosiahnutých výsledkov vývoja environmentálnych technológií výroby progresívnych stavebných materiálov v renomovaných zahraničných časopisoch a ich prezentácia na domácich aj medzinárodných kongresoch, pričom sa zvýšila kvalita a počet prác s orientáciou na prezentovanie výsledkov výskumu. Prehľad publikovaných bol priebežne dokladovaný v priebežných monitorovacích správach a predstavuje za aktivitu 1.1: Počet publikácií v časopisoch - 13, počet prác publikovaných v nerecenzovaných periodikách a zborníkoch – 41,
- zvýšenie záujmu stavebných firiem o spoluprácu v oblasti prenosu progresívnych výsledkov výskumu do praxe (Inžinierske stavby, a.s. Košice, Eurovia, a.s. Košice...).

Percentuálny podiel partnera na rozpočte aktivity:

-

Aktivita 2.1 Návrh a overenie technológie na znižovanie množstva cementu pri výrobe cestných betónov aplikáciou popolčiek

Cieľ aktivity: Cieľom realizácie aktivity je vývoj environmentálnych technológií v cestnom staviteľstve s orientáciou na úsporu prírodných surovín a zužitkovanie druhotných surovín vo výrobe cestných cementobetónových kompozitov s dôrazom na funkčnosť, trvanlivosť a environmentálnu bezpečnosť v súlade s koncepciou udržateľného stavebníctva.

Výstup aktivity: Príspevok k novým poznatkom o možnostiach využitia popolčiek ako alternatívneho materiálu pri výrobe cestných betónov v stavebnom priemysle.

Očakáva sa, že získané výsledky výskumu budú aplikované v návrhu využitia popolčeka ako čiastočnej

náhrady cementu v cestnom betóne a budú viesť k úprave technologických predpisov pre cestné stavitel'stvo v smere zvýšenia percentuálnej náhrady cementu popolčekom v cestnom betóne a tým prispejú k maloodpadovej technológii v elektrárňach.

Naplnenie výstupu:

- realizácia plánu experimentálnych prác prípravy betónových vzoriek s parciálnou náhradou cementu hnedouhoľným popolčekom a testovanie vybraných vlastností čerstvých zámesí a vytvrdnutých kompozitov
- príprava výstupov – publikácií a prezentácií v rámci naplňania ukazovateľov
- sumarizácia a analýza čiastkových výsledkov experimentálnych prác

Opis postupu pri realizácii aktivity:

Hlavným cieľom aktivity bolo predložiť riešenie nakladania s popolčkami zo spaľovania uhlia a ich environmentálne vhodné využitie vo výrobe cestného betónu. Metodologický prístup k riešeniu špecifického cieľa bol založený na dostupných poznatkoch získaných predchádzajúcim štúdiom modifikácie štruktúry a vlastností popolčkov pre ich využitie v príprave stavebných materiálov.

Časový harmonogram prebiehal v súlade s plánom v troch fázach: analytickej, experimentálnej a fáze overenia.

Výsledky, ktoré boli získavané v rámci realizácie týchto fáz, boli priebežne spracovávané a publikované, čím boli naplňované výstupy projektu.

Realizáciu v jednotlivých fázach možno popísať nasledovne:

Fáza analytická

- Analýza literárnych poznatkov v oblasti riešenia projektu: boli študované a analyzované domáce aj zahraničné vedecké zdroje, poznatky boli využité pri riešení aktivity.
- Analýza možností využitia popolčkov a technické požiadavky pre ich použitie pri výrobe cestných betónov v cestnom stavitel'stve.
- Výber vhodných druhov popolčkov vzhľadom na technické požiadavky ich využitia ako parciálnej náhrady za cement pri výrobe cestných betónov.

V rámci tohto kroku riešenia boli testované chemické a fyzikálne vlastnosti vybraných druhov popolčkov v súlade s požiadavkami stanovenými v technických normách. Na základe porovnania s požiadavkami STN, resp. EN noriem bola posúdená vhodnosť využitia jednotlivých druhov popolčkov na výrobu cestných betónov. Pri výbere sa zohľadňovalo kritérium vhodnosti priameho použitia popolčkov (bez modifikácie vlastností)

s cieľom znižovania ekonomických nákladov v stavebnej praxi. V prípade nezahodky požiadavky na vlastnosti popolčeka (napr. jemnosť) sa využili vhodné postupy jeho úpravy (mletie).

Pre výskum čiastočnej náhrady cementu popolčekom do betónov sme zvolili dva druhy popolčeka. Popolček zo spaľovania čierneho uhlia s nízkym obsahom síry v prevádzkovom prašnogranulačnom kotle (poskytla Tepláreň Košice a.s. TEKO) a fluidný úletový popolček zo spaľovania hnedého uhlia z Elektrárne Nováky (ENO). Chemické zloženie testovaných popolčekov bolo posudzované na základe dodaných certifikátov, z fyzikálnych vlastností boli testované: zrnitosť, hustota a stredný rozmer častíc a boli prezentované v publikovaných príspevkoch. Z testovaných popolčekov nevyhoveli požiadavkám na stavebné hmoty čiernouhoľný popolček. Chemické vlastnosti sme sa pokúšali upraviť na menších vzorkách (spekanie pri 1 300°C), čím sa narušil stredný rozmer častíc a preto bolo nutné následné mletie. Uvedený postup sa však ukázal ako neefektívny pre stavebnú prax a preto bol čiernouhoľný popolček z ďalších experimentov vylúčený. Hnedouhoľný popolček preukázal vhodné vlastnosti pre použitie ako náhrada cementu v betónových kompozitoch.

- Výber a overenie vhodnosti vstupných materiálov (kamenivo, cement, popolček)

Pre výber a overenie vhodnosti použitia vstupných materiálov do betónu sa vykonávali skúšky ich vlastností potrebných ako podklad pre riešenie aktivity/špecifického cieľa podľa platných technických špecifikácií. Hlavným ťažiskom aktivity v tejto fáze riešenia boli skúšky popolčekov. Pre stanovenie vlastností kameniva a cementu sa v súlade s návrhom projektu akceptovali príslušné certifikáty dodané výrobcom.

Pre naplnenie aktivity 2.1 boli zvolené nasledovné druhy materiálov, pre ktoré boli zosumarizované najmä nasledovné technicky významné vlastnosti:

- hnedouhoľný popolček ENO: chemické zloženie (strata žíhaním, obsah CaO), fyzikálne vlastnosti (zrnitosť, jemnosť, index aktivity),
- cementy podľa EN 197-1: pevnosť v ťahu pri ohybe po 2 dňoch, pevnosť v ťahu pri ohybe po 28 dňoch, pevnosť v tlaku po 2 dňoch, pevnosť v tlaku po 28 dňoch, začiatok tuhnutia,
- kamenivo podľa EN 12 620: zrnitosť, objemová hmotnosť, nasiakavosť, obsah jemných zrn, odolnosť proti drveniu, odolnosť proti obrusovaniu, odolnosť proti vyhladzovaniu, odolnosť proti teplotnému namáhaniu, obsah prírodných rádionuklidov.

Za účelom prípravy betónových zmesí boli používané aj chemické prísady podľa odporúčaní výrobcov, ako aj

zámesová voda spĺňajúca normové kritériá.

Najdôležitejšie zistené vlastnosti popolčeka, ktoré slúžili ako podklad k jeho ďalšej aplikácii do betónov sú uvedené v tabuľkách.

Fáza experimentálna

- Príprava betónových kompozitov na báze popolčeka a testovanie technicky významných vlastností

Betónové kompozity na báze vybraných vstupných materiálov boli vyrobené podľa navrhovaných receptúr a na základe získaných výsledkov posúdené podľa požiadaviek platných noriem pre skúšanie vlastností čerstvého a zatvrdnutého betónu.

Za účelom experimentálneho výskumu bolo navrhnutých niekoľko modifikácií receptúr betónov s rôznym podielom popolčeka ENO ako náhrady cementu. Podľa navrhnutých receptúr boli vyrábané experimentálne zámesi, so základným stanoveným množstvom cementu na 1 m³ čerstvého betónu 410 kg. Množstvo použitého kameniva (drobné – hrubé) je vyjadrené pomerom 40 (0/4): 10 (4/8): 50 (8/16, 16/32). U všetkých zmesí bola použitá plastifikačná a prevzdušňovacia prísada a zámesová voda.

Boli testované rôzne modifikácie receptúr za účelom výberu najvhodnejšieho variantu, ako napr.:

- modifikácia množstva popolčeka ako náhrady cementu (5, 10, 15, 20, 25%),
- modifikácia vodného súčiniteľa ($w=0,36-0,40$) s ohľadom na požiadavky na konzistenciu.

Príprava zmesí spočívala v miešaní v miešačke, a overení parametrov čerstvých zmesí: stanovenie konzistencie, obsahu vzduchu, objemovej hmotnosti a teploty čerstvého betónu. Následne boli zmesi odlievané do foriem normových rozmerov a ponechané v predpísaných laboratórnych podmienkach, aby prebehlo príslušné tuhnutie a tvrdnutie. Proces zretia prebiehal pri teplote 20°C ± 3°C a relatívnej vlhkosti vzduchu 90 %. Parametre zatvrdnutých kompozitov boli testované v rôznych časoch tuhnutia a tvrdnutia (2 dni, 14 dní, 28 dní, 90 dní), pričom dôraz pri vyhodnocovaní a analyzovaní výsledkov bol kladený na 28 dňové hodnoty, keďže takto sú stanovené požiadavky príslušných noriem.

Po uplynutí príslušnej doby tvrdnutia sa testovali nasledovné parametre zatvrdnutých betónov: objemová hmotnosť, pevnosť v tlaku, pevnosť ťahu pri ohybe, odolnosť voči agresívnemu chemickému prostrediu (síranovému, kyselinovému), odolnosť voči chemickým rozmrazovacím látkam, ako aj zmrazovacím a rozmrazovacím cyklom, permeabilita.

Súčasne boli vyrábané a testované referenčné (porovnávacie vzorky), kde spojivom bol iba cement (bez popolčeka).

Je treba uviesť, že testovanie každého z uvedených parametrov predstavuje komplex laboratórnych činností, náročných z hľadiska technického, ako aj časového. Väčšina výsledných hodnôt parametrov sa získava ako aritmetický priemer meraní na viacerých vzorkách, aby bolo zabezpečené čo najväčšie priblíženie reálnej hodnoty. Na nasledovnej fotografii vidieť napr. časť skúšobných vzoriek iba jednej modifikácie receptúry, ktoré boli vyrobené na skúšku iba dvoch parametrov: pevnosti v tlaku a v ťahu pri ohybe.

Taktiež pre získanie čo najväčšieho množstva informácií o chovaní popolčeka v betóne, boli pre niektoré dielčie parametre zvolená ďalšia línia testovania, so zmenou pomerov kameniva a s použitím aj iných odpadov ako náhrady časti cementu. Takto boli testované receptúry s 10 a 20 % množstvom popolčeka, vysokopecnej trosky a odpadu z výroby serpentinitu, ako aj porovnávacie receptúry bez odpadových prímiesí (celkovo 16 receptúr – pozri tabuľka). Tieto receptúry boli testované okrem pevnostných charakteristík aj na odolnosť v chemicky agresívnych prostrediach (NaOH, MgSO₄, HCl), pričom sa overili parametre trvanlivosti po 16 mesiacoch vystavenia vzoriek týmto prostrediam.

Zmena vlastností betónov s popolčekom po uložení v agresívnych prostrediach bola posudzovaná aj modernými analytickými metódami XRF (analýza chemického zloženia) a FTIR (infračervená spektrometria s Fourierovou transformáciou, ktorá sa využíva na identifikáciu molekúl, chemických väzieb, funkčných skupín a na ich kvantitatívne stanovenie). Ako príklad uvádzame porovnanie chemického zloženia betónov s 10 % a 20 % popolčeka a vysokopecnej trosky po uložení v MgSO₄ (porovnávané so vzorkami uloženými súbežne v destilovanej vode) a výsledky FTIR.

Detailný a komplexný prehľad o obsahu a rozsahu experimentov, ktoré boli realizované pre naplnenie cieľov aktivity možno získať z odborných a vedeckých článkov, ktoré boli priebežne publikované vo výstupoch projektu a dokladované v jednotlivých monitorovacích správach.

- Špecifikácia možnosti použitia cestných betónov na báze popolčeka v cestnom stavitelstve na základe dosiahnutých experimentálnych výsledkov
- Návrh technológie výroby cestného betónu

Na základe vyhodnotenia sledovaných technicky významných vlastností experimentálne pripravených betónových kompozitov na báze popolčeka bola posúdená ich vhodnosť a vyšpecifikované možnosti ich využitia v cestnom stavitelstve.

Vlastnosti testovaných betónových kompozitov sa prednostne posudzovali na kritériá normy STN 73 6123 Stavba vozoviek; Cementobetónové kryty. Taktiež boli

analyzované výsledky jednotlivých modifikácií receptúr voči sebe, ako aj voči referenčných vzorkám.

Najlepšie výsledky vo všetkých hodnotených oblastiach vykazovala receptúra s 15 % náhradou cementu popolčekom ENO a $s_w = 0,36$. Výsledky skúšok čerstvého betónu a betónových kompozitov referenčnej vzorky a vzoriek pripravených na báze 15 % popolčeka po 28 dňoch tvrdnutia zobrazuje nasledovná tabuľka. Ako je možné vidieť z porovnania výsledkov, vzorky s 15 % náhradou síce nedosahujú parametre referenčnej vzorky (odchýlky sú minimálne), ale vyhovujú normovým požiadavkám pre použitie do cementobetónových krytov vozoviek.

Na základe posúdenia výsledkov získaných počas riešenia bola navrhnutá technológia výroby cestného betónu so zníženým množstvom cementu a s efektívnym využitím energetických odpadov v súlade so špecifickým cieľom aktivity 2.1.

Uvedenú technológiu je možné špecifikovať pre použitie v cestnom staviteľstve, konkrétne na cementobetónové kryty vozoviek. Je nutné uviesť, že aj niektoré z ďalších testovaných modifikácií receptúr sú pre prax použiteľné, technické parametre sú dostačujúce. Vyššie uvedené technológia je však najlepšou variantou z hľadiska dosiahnutých technických parametrov.

- Environmentálne a ekonomické zhodnotenie využitia popolčeka ako alternatívneho materiálu pri výrobe cestných betónov

Environmentálna kvalita cestných betónov bola hodnotená z aspektu stabilizácie ťažkých kovov v kompozite skúškami vylúhovateľnosti (metódou XRF) a zároveň z hľadiska ohrozovania ľudského zdravia (Cr, Th, K, Ra, Iy).

Stanovenie rádioaktivity ukázalo, že index hmotnostnej aktivity je u popolčeka vyšší než u cementu. Naopak koncentrácia Cr^{VI} dosiahla vyššie hodnoty práve v prípade cementu. Pri betónových kompozitoch však tieto rozdiely či už pri indexe hmotnostnej aktivity, alebo koncentrácii Cr^{VI} neboli až také podstatné a je možné povedať, že betón s 15 % popolčeka nepredstavuje z hľadiska vylúhovateľnosti a ohrozenia ľudského zdravia žiadne riziko.

Pre navrhnutú technológiu (betón s 15 % náhradou) sa ďalej zhodnotil dopad opätovného využitia popolčeka vo výrobe cestného betónu z environmentálneho hľadiska, ktoré súvisí s redukciami objemu deponovaného popolčeka prostredníctvom LCA analýzy. Cieľom tejto analýzy bolo zistiť environmentálne dopady u dvoch typov cementobetónových krytov a to s čiastočnou náhradou cementu popolčekom a bez náhrady. Životný cyklus betónového krytu (obrázok) sa rozdelil na štyri fázy a to získanie surovín, výroba, použitie a likvidácia. V rámci

jednotlivých fáz sa posudzovali okrem environmentálnej vhodnosti a škodlivosti na ľudské zdravie aj ekonomické hľadiská a v neposlednom rade aj parametre vyplývajúce z technických noriem. Výsledky analýzy sú prepočítané na funkčnú jednotku zodpovedajúcu 1 m³ betónu. Vplyvy výroby strojov a iných použitých zariadení v rôznych procesoch, použitie demolačných produktov, vplyvy demolačných produktov počas doby skládkovania a taktiež vyhodnotenie použitej zámesovej vody nie sú zahrnuté do hraníc hodnoteného systému.

Finálnym krokom pred overením výsledkov výskumu v praxi je porovnanie ekonomických nákladov výroby cestného betónu klasickou technológiou a postupom s využitím popolčeka ako čiastočnej náhrady cementu.

V rámci výskumu bola počítaná predpokladaná úspora finančných nákladov (vzhlľadom na spotrebované množstvo cementu) pre navrhovanú betónovú zámes s 15 % náhradou cementu popolčekom. Pri kalkulácii materiálov a prác na zhotovenie dvojvrstvého CB krytu, sa vychádzalo zo zhotovenia krytu z rovnakého betónu CB I pre spodnú (podkladovú) aj hornú (obrusnú) vrstvu. Pri samotnom ekonomickom hodnotení, sa uvažovalo s kalkulovaním nákladov bez výrobnéj a správnej réžie ako aj bez zisku, v rozsahu aktuálnych vstupov materiálov vrátane ich dopravy, s využitím pracovnej čaty a strojnej zostavy navrhutej pre konkrétny úsek navrhovanej diaľnice. Na výpočet kalkulácie bol použitý program CENKROS. V rámci kalkulácie výstavby CB I pre dvojrúrový tunel s dĺžkou tunelovej rúry 698 m sa dospelo k celkovej kalkulácii uvedenej v tabuľke.

Finančná úspora pri použití 15 % množstva popolčeka ENO pri výrobe CB I predstavuje 21 261,08 €. Z uvedeného vyplýva, že aplikácia 15 % popolčekovej náhrady za cement predstavuje značnú úsporu finančných nákladov na necelý kilometer CB krytu.

Fáza overenia

- Overenie výsledkov výskumu v praxi

Pre aplikáciu progresívnych materiálov a technológií v stavebnej praxi je dôležitým aspektom preukázanie vhodnosti z viacerých významných hľadísk súčasne. Je potrebné preukázať vhodnosť nielen z hľadiska technického (dosiahnuté vlastnosti), ale aj environmentálneho a ekonomického, pričom dôležitosť jednotlivých hľadísk môže byť premenlivá. Ako nástroj pre výber vhodnejšej alternatívy, ktorý umožňuje komplexný prístup k vyhodnoteniu jednotlivých hľadísk (technické, environmentálne a ekonomické) bola v rámci fázy overenia aktivity 2.1 zvolená multikriteriálna analýza.

Pre porovnanie riešených variant boli spracované dve multikriteriálne analýzy (MA1 a MA2) programom MCA7.

Váhy jednotlivých kritérií pre MA1 boli určené pomocou metódy Fulleroého trojuholníka. Princíp tejto metódy spočíva v postupnom porovnávaní každého kritéria s každým po dvojiciach. U jednotlivých kritérií bolo nutné určiť typ preferencie, teda či je dané kritérium maximalizačné (vyššie hodnoty sú preferované pred nižšími) alebo minimalizačné (nižšie hodnoty sú preferované pred vyššími). Analýzy boli prevedené metódou váženého súčtu (WSA – Weighted Sum Approach), metódou ideálnych bodov (IPA – Ideal Points Analysis), metódou TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) a metódou zhody a nezhody (CDA – Concordance Discordance Analysis). V rámci ekonomických kritérií sa vybrali len tie, kde bola cena rozdielna, t.j. cena síl a cena suroviny. Cene síl bola priradená nižšia váha, keďže ich obstaranie je jednorazovou investíciou.

- Pri MA1 boli environmentálne dopady preferované, pričom relatívna dôležitosť bola priradená jednotlivým kritériám podľa subjektívneho názoru.
- Pri MA2 sa využila Saatyho metóda, ktorá je založená na postupnom porovnávaní dvoch kritérií, pričom sa číselne vyjadruje aký je pomer ich dôležitosti. Kvôli zobjektivizovaniu získaných výsledkov sa v MA2 priradila rovnaká váha dôležitosti ako všetkým environmentálnym dopadom, tak aj parametrom pevnosti a trvanlivosti.

Výsledky spracovaných multikriteriálnych analýz ukázali, že aj keď sa stanoví identická váha dôležitosti technických a environmentálnych parametrov predstavuje cementobetónový kryt s popolčekovou náhradou cementu pre aplikáciu v stavebnej praxi lepšiu variantu (pozri obrázok). Navyše prostredníctvom použitia progresívnych materiálov (odpadov) a technológií stavebná firma prezentuje a deklaruje širokej verejnosti svoju environmentálnu politiku.

Výstupy/dopady aktivity

Výstupom projektu je navrhnutá technológia výroby cestného betónu so zníženým množstvom cementu a s efektívnym využitím energetických odpadov v súlade so špecifickým cieľom aktivity 2.1. Riešenie aktivity môže prispieť k zavedeniu používania popolčekových betónov v cestnom staviteľstve, ktoré v súčasnosti legislatíva SR neumožňuje. Preukázalo sa, že receptúra s 15 % popolčeka ako náhrady cementu dosahuje technické parametre vyžadované pre túto aplikáciu, s priaznivým environmentálnym a ekonomickým dopadom.

Riešenie aktivity prispelo a naďalej prispieva k excelentnému výskumu v oblasti uplatnenia environmentálnych technológií vo vývoji progresívnych stavebných materiálov z hľadiska trvalo udržateľného hospodárenia s prírodnými zdrojmi a recyklácie druhotných surovín v stavebníctve; k podpore

ekologických inovácií v sektore stavebníctva; k zvýšeniu konkurencieschopnosti výskumu v oblasti progresívnych stavebných materiálov; k využitiu potenciálu vedecko-výskumnej základne TUKE pri rozvoji a posilňovaní konkurencieschopnosti regiónu Košíc; k lepšiemu vedeckému profilu TUKE pri vstupe do medzinárodných riešiteľských tímov a účasti v medzinárodných projektoch; k podpore výchovy mladých vedeckých pracovníkov a odborníkov; k efektívnejšiemu prepojeniu vedy a výskumu so vzdelávacím procesom; k rastu záujmu stavebného sektora o progresívne technológie výroby stavebných materiálov.

Výstupy aktivity sa stanú integrálnou súčasťou komplexného výskumu zameraného na navrhovanie/aplikáciu stavebných materiálov novej generácie.

Špecifické výstupy projektu sú príspevkom k novým poznatkom o možnostiach využitia popolčeka ako alternatívneho materiálu pri výrobe cestných betónov v stavebnom priemysle.

Očakáva sa, že získané výsledky výskumu budú aplikované v návrhu využitia popolčeka ako čiastočnej náhrady cementu v cestnom betóne a budú viesť k úprave technologických predpisov pre cestné staviteľstvo v smere zvýšenia percentuálnej náhrady cementu popolčekom v cestnom betóne a tým prispievajú k maloodpadovej technológii v elektrárňach.

Návrh receptúry pre cestný betón s vyšším podielom popolčeka by mal viesť k úspore ekonomických nákladov stavebnej praxe, ako aj k minimalizácii negatívneho dopadu na životné prostredie vo forme:

- šetrenia ornej a lesnej pôdy na budovanie skládok a odkalísk,
- ochrany vody a pôdy výluhmi,
- zníženia prašnosti,
- úspory prírodných surovín,
- šetrenia energie na ťažbu a úpravu prírodných surovín a na výrobu stavebných výrobkov z týchto surovín.

Medzi hlavné indikátory efektívnej realizácie jednotlivých činností v rámci aktivity patria:

- publikácie dosiahnutých výsledkov vývoja environmentálnych technológií výroby progresívnych stavebných materiálov v renomovaných zahraničných časopisoch a ich prezentácia na domácich aj medzinárodných kongresoch, pričom sa zvýšila kvalita a počet prác s orientáciou na prezentovanie výsledkov výskumu. Prehľad publikovaných prác bol priebežne dokladovaný v jednotlivých monitorovacích správach a predstavuje za aktivitu 2.1: Počet publikácií v časopisoch – 9, počet prác publikovaných v nerecenzovaných vedeckých periodikách a zborníkoch – 19.
- zvýšenie záujmu stavebných firiem o spoluprácu v oblasti prenosu progresívnych výsledkov výskumu do

	<p>praxe (Stachema, a.s. Bratislava, Betón Racio, s.r.o. Trnava).</p> <p>Percentuálny podiel partnera na rozpočte aktivity: -</p>						
<p>Výdavky projektu rozdelené na prijímateľa a partnera</p>	<p>Výdavky projektu rozdelené na prijímateľa a partnera Projekt nemá partnera</p> <p><i>Výdavky projektu v EUR za prijímateľa TUKE :</i></p> <table data-bbox="587 504 1276 604"> <tr> <td>celkové oprávnené výdavky</td> <td>447 174,35 EUR</td> </tr> <tr> <td>NFP</td> <td>424 815,63 EUR</td> </tr> <tr> <td>vlastné zdroje:</td> <td>22 358,72 EUR</td> </tr> </table>	celkové oprávnené výdavky	447 174,35 EUR	NFP	424 815,63 EUR	vlastné zdroje:	22 358,72 EUR
celkové oprávnené výdavky	447 174,35 EUR						
NFP	424 815,63 EUR						
vlastné zdroje:	22 358,72 EUR						

FOTOGRAFIE Z MIESTA REALIZÁCIE PROJEKTU

Fotodokumentácia po ukončení realizácie aktivít projektu:

