

OptiRec – Optimální způsob rekonstrukce vozovky

Václav Snížek

Abstrakt

Důležitým aspektem zachování dlouhodobé ekologické stability v souvislosti s výstavbou a údržbou pozemních komunikací je minimalizace uhlíkové stopy a emisí znečišťujících ovzduší. Několik výpočetních softwarů je v Evropě již dostupných, další se v rámci projektu ERA-Net – CEREAL vyvíjí. Jeho cílem je vytvořit jednotný evropský harmonizovaný nástroj. V souvislosti se zpříšňováním emisních standardů v Evropské unii se rovněž uhlíková stopa rekonstrukce pozemních komunikací stává důležitým tématem. V rámci projektu COREPASOL bude vytvořen nástroj umožňující analýzu životního cyklu pozemní komunikace, uhlíkové stopy a emisí znečišťujících ovzduší, a to primárně pro technologie rekonstrukce vozovky recyklací za studena. V této souvislosti budou stanoveny i přibližné náklady životního cyklu včetně dopadu jednotlivých technologií na životní prostředí. Analyzovány budou varianty recyklace vozovek za studena i za tepla, včetně dopadu různých generací strojů (resp. motorů), používaných k těmto metodám. Nový nástroj pro hodnocení variant recyklačních technologií bude vyvíjen na základě předchozích zkušeností na ČVUT v Praze. Cílem nově vyvíjeného softwaru OptiRec je doporučit uživateli optimální způsob rekonstrukce vozovky.

Abstract

Important aspect of long-term eco-stability of road structures is minimizing carbon footprint and air polluting emissions of pavement rehabilitation or new constructions. Several calculators are available across Europe or are further developed within ERA-Net project CEREAL, focused on development of a harmonized European tool. Carbon footprint of road maintenance becomes an important issue. Life Cycle Analysis, Carbon and Air pollutant emissions calculation for cold-in-situ-recycling of roads including approximate life cycle costing will be carried out within the COREPASOL project to evaluate their impact on environment in comparison to state of the art procedures. On the top of mentioned several variants of cold or hot pavement recycling, also impact of different generation of machinery used for these techniques is analysed. A new calculation tool will be developed based of previous activities done at Czech Technical University in Prague for assessment of different recycling techniques. The newly designed software OptiRec is designed to find the optimal way of road structure rehabilitation.

Zkratky

CO ₂	Oxid uhličitý
CH ₄	Metan
N ₂ O	Oxid dusný
SF ₆	Fluorid sírový
CFC	Chlorofluorohlodíky
NO _x	Oxidy dusíku
NO ₂	Oxid dusičitý

HC	Uhlovodíky
HFC	Fluorované uhlovodíky
HCFC	Hydrochlorofluorovodíky
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
CO	Oxid uhelnatý
PM	Polétavý prach
LCC	Celkové náklady životního cyklu

1. Úvod

Výstavba, oprava a obnova silniční sítě dopravní infrastruktury je nutnost, se kterou se potýká každá vyspělá evropská země. Důvodem je zejména skutečnost, že doprava a dopravní infrastruktura je důležitým faktorem dynamiky rozvoje ekonomiky s přímým vlivem na zaměstnanost a stimulaci mobility obyvatel a zboží. Proto je nutné, zajistit udržitelný a ekonomicky přijatelný rozvoj výstavby a údržby silnic, dálnic a železnic.

Jedním z nástrojů zachování udržitelného rozvoje a překlenutím rozporu mezi ekonomickým růstem, ochranou životního prostředí a hospodárným využitím neobnovitelných přírodních zdrojů je maximální využití recyklace stavebních materiálů, případně aplikace dalších vedlejších produktů průmyslové výroby nebo alternativních odpadních materiálů (např. popílky, strusky, odprašky, vratné filery atd.). V souvislosti s problematikou pozemních komunikací se jedná zejména o recyklaci asfaltových a cementobetonových krytů vozovky, případně o obnovu podkladních vrstev všech typů vozovek. Přestože recyklaci vozovek většina zemí západní Evropy již několik desítek let s různou mírou intenzity a úspěšnosti aplikuje, v České republice naráží uplatňování recyklace jako efektivní moderní způsob obnovy vozovky na některé bariéry. Právě k odstranění těchto pomyslných bariér by měl být tento projekt přínosný a to z hlediska ekonomické porovnatelnosti možných řešení obnovy konstrukce.

Cílem projektu je ekonomické porovnání obnovy vozovek s využitím technologií recyklace (s využitím různých, dnes dostupných technik a technologických řešení) a bez aplikace recyklačních postupů. V této souvislosti bude provedena ekonomická analýza životního cyklu včetně vyčíslení efektů celkové produkce CO₂ a celkové energetické náročnosti.

2. Uhlíková stopa a emise znečišťující ovzduší

Jednou z hlavních příčin nevyhnutelné změny klimatu na Zemi je zvyšování koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. Tyto plyny, z nichž nejvýznamnější je CO₂ (oxid uhličitý), CH₄ (metan), N₂O (oxid dusný), SF₆ (fluorid sírový) a freony, zapříčiňují v důsledku tzv. skleníkového efektu zvyšování teploty zemského povrchu. Skleníkové plyny vznikají primárně při těžbě a výrobě energie z fosilních paliv, průmyslu, dopravě, nakládání s odpady a v zemědělství.

V této souvislosti mluvíme o tzv. uhlíkové stopě, jež vyjadřuje množství uvolněného oxidu uhličitého a ostatních skleníkových plynů během životního cyklu produktu či služby do ovzduší. Uhlíkovou stopu dále rozdělujeme na přímou / primární a nepřímou / sekundární. Zatímco primární vzniká bezprostředně během některé naší činnosti okamžitým uvolněním skleníkových plynů – např. jízda autem, let letadlem, vaření, topení, spotřeba elektrické

energie, tak sekundární uhlíková stopa naopak vyjadřuje množství CO₂ uvolněné během celého životního cyklu výrobku. Zahrnuje tedy emise spojené s výrobou, zpracováním, přípravou, přepravou i likvidací výrobku [1].

2.1 CO₂ – Oxid uhličitý

Jedná se o prvek v atmosféře hojně zastoupený, avšak jeho přirozená rovnováha byla antropogenním vlivem narušena a koncentrace v atmosféře stále stoupá. Je hlavním plynem přispívající ke skleníkovému efektu a následnému oteplování planety. Vzniká spalováním uhlíkatých fosilních paliv – ropných produktů, zemního plynu, uhlí, koksu a paliv biologického původu (biomasa, dřevo, bioplyn, bionafta) [1].

2.2 NO_x – Oxidy dusíku

Jedná se rovněž o biogenní prvky, převážně však z antropogenních zdrojů. Vznik těchto oxidů je spojován hlavně se spalováním klasických i ušlechtilých paliv – plynu, nafty, benzínu, biomasy. Primárním zdrojem emisí oxidů dusíku jsou i přes použití katalyzátorů motorová vozidla (55%); dále průmysl, obchod a sídla (22%); služby (22%). Významným antropogenním zdrojem jsou rovněž chemické procesy v průmyslu, kde jsou dusíkaté oxidy přítomny. Přírodním zdrojem jsou biologické procesy v půdách. Přítomnost oxidů dusíku a oxidů síry v atmosféře zapříčiňuje vznik kyselých dešťů a následný negativní vliv na vegetaci, vodní toky, stavby a globální ekosystém. Rovněž vysoká koncentrace NO₂ (oxid dusičitý) je jednou z příčin tvorby fotochemického smogu ve formě přízemního ozónu [1].

2.3 HC – Uhlovodíky

Označení HC představuje skupinu těkavých organických sloučenin – uhlovodíky. Jedná se především o Fluorované uhlovodíky (HFC), Hydrochlorofluoruhlovodíky (HCFC) a Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Zatímco Fluorované uhlovodíky jsou naprosto antropogenní a používají se jako chladicí média do lednic, mrazáků a klimatizací, Hydrochlorofluoruhlovodíky se používají ještě jako hnací plyny v aerosolech, k vyfukování pěn při stavebních pracích, při balení zboží a jsou součástí některých hasících prostředků. Naproti tomu, polycyklické aromatické uhlovodíky vznikají při spalování téměř všech uhlíkatých paliv, zpracování ropy a výrobě hliníku. Pro většinu živých organismů jsou toxické a karcinogenní. Rozpustné jsou v tucích a olejích, ve vodě jen málo [1].

2.4 CO – Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý je hořlavý a prudce jedovatý plyn, jež je hlavním produktem nedokonalého spalování materiálu s obsahem uhlíku. Příčinou vzniku může být i konstrukční chyba či závada na spalovacím systému. Největším zdrojem emisí ve městě je motor s vnitřním spalováním (až 95% emisí CO), a to hlavně v místech intenzivní dopravy, zejména při volnoběhu. Dalším zdrojem emisí jsou spalovací zařízení jako pece, kotle, kamna a sporáky. Oxid uhelnatý se podílí na tvorbě fotochemického smogu a po samovolné přeměně (36-110 dní) na oxid uhličitý je součástí skleníkových plynů [1].

2.5 PM – Polétavý prach

Atmosférický aerosol může být přirozeného či antropogenního původu. Vzniká jako negativní produkt lidské činnosti. Nejvýznamnější antropogenním zdrojem jsou spalovací procesy v elektrárnách, pecích, při svařování a v automobilových motorech. Příkladem přírodního zdroje emisí je výbuch sopky, lesní požár a prach unášený větrem. Jedná-li se o prach či částice odnesené ze stavenišť, rozrušených zemědělských, těžebních a jiných ploch, pak je tento aerosol považován rovněž za antropogenní. S velikostí unášených částic souvisí i

doba jejich setrvání v atmosféře před sedimentací zpět na zemský povrch (nejmenší částice sedimentují až několik týdnů). Pevné částice v atmosféře rozptylují sluneční záření zpět do prostoru a ovlivňují tak energetickou bilanci Země [1].

3. Technologie rekonstrukce netuhých vozovek

Mimo tradiční způsob rekonstrukce vozovky, kdy jsou původní konstrukční vrstvy zcela odstraněny a nahrazeny novými, lze využít i alternativní metody typu recyklace. Recyklace původního, již jednou zabudovaného materiálu lze provést u asfaltových vrstev jak za studena tak i za tepla. Recyklace za studena se provádí převážně s přidáním pěnoasfaltu nebo asfaltové emulze, či v kombinaci s hydraulickým pojivem. Obnova vozovky formou přeplátování (Resurfacing) stávajícího krytu novým asfaltovým povrchem byla z možností rekonstrukce vozovky vyloučena se závěrem, že se jedná spíše o opravu než rekonstrukci. Aby byla výše zmíněná technologie aplikovatelná, musí dosahovat původní vozovka určité pevnosti.

Obecně lze rozlišit technologie prováděné za horka a za studena s dalším členěním na technologie prováděné na místě (in-place) nebo v mísících centrech různých typů (in-plant) s pokládkou recyklované směsi běžným finišerem. Z hlediska obnovy horních vrstev netuhé vozovky je v tomto ohledu zřejmě ekonomicky nejefektivnější technologie recyklace za studena na místě, při jejíž aplikaci dochází ke zkvalitnění horní podkladní nebo ložní vrstvy s následným provedením obrusné vrstvy, která v případě nižších tříd dopravního zatížení může být koncipována jako tenká úprava.

Použití tzv. hloubkové recyklace za studena na místě, při které se zpracovává i několik konstrukčních vrstev vozovky najednou, zvláště v kombinaci s užitím materiálových stabilizačních procesů, se stává v řadě zemích zajímavým a alternativním řešením potřeb, které souvisejí s obnovou únosnosti vozovky a k odstranění závažnějších konstrukčních poruch, které vznikají ve spodních vrstvách a dochází k jejich postupnému prokopírování do krytových vrstev. Jako stabilizační materiály se v případě této technologie používá vápno (menší účinek z hlediska tuhosti avšak výborné vlastnosti z hlediska zlepšení přilnavosti pojiva ke kamenivu), cement, asfaltová pěna, emulzní technologie nebo pěnoasfaltová emulze.

Jak uvádí např. [3], je vhodné hloubkovou recyklaci upřednostnit tehdy, pokud hloubkové vysrávky přesáhnou 15-20% plochy vymezeného úseku. Dle poznatků shrnutých MALLICKEM [3] se v případě 1,6 km dlouhého úseku pozemní komunikace s šířkou vozovky 7,3 m a při hloubce recyklace 150 mm sníží počet potřebných jízd nákladních automobilů odvázejících odfrézovaný materiál a dovážející nové stavební materiály (kamenivo, asfaltová směs apod.) ze 180 na 12 cest, spotřeba nového materiálu se sníží ze 4.090 tun na 292 tun a spotřeba nafty pro provoz stavebních strojů se sníží ze 4.090 litrů na 1.925 litrů. V této souvislosti MALLICK dodává, že například ministerstvo dopravy v Nevadě díky pravidelnému použití technologií recyklace za studena dosáhlo úspor ve výši 600 mil. USD v průběhu posledních 20 let, což umožnilo významné snížení počtu nerealizovaných projektů z důvodu nedostatečných finančních prostředků cca o 60%. K obdobným poznatkům v USA dospěly i další výzkumy, které z hlediska nákladů životního cyklu potvrdily, že hloubková recyklace asfaltové vozovky za studena s následným překrytím novou asfaltovou vrstvou představuje v porovnání s tradičním způsobem rekonstrukce poloviční nákladové zatížení [2].

Tabulka 1: Technologie recyklace podle druhu pojiva [4]

Druh pojiva	Technologie		Na místě (in-place)	V centru (in-plant)
	Za studena	Za tepla		
Asfaltové pojivo	+	+	+	+
Asfaltová emulze	+	-	+	+
Asfaltová emulze a portlandský cement	+	-	+	+
Portlandský cement	+	-	+	+
Pomalou tuhnoucí pojivo PTS	+	-	+	+
Vápno	+	-	+	+
Elektrárenský popílek	+	-	+	+

Použití tradičního postupu obnovy konstrukce vozovky – odstranění asfaltového krytu, odstranění podkladních vrstev, vyrovnání pracovní plochy, pokládka nových podkladních vrstev s použitím nových stavebních materiálů a provedení nových asfaltových vrstev předpokládá minimální náklady ve výši 15-20 milionů korun na kilometr. Vedle zjevného ekonomického přínosu je třeba další klad technologie recyklace asfaltových vozovek za studena spatřovat v mnohem šetrnějším přístupu k životnímu prostředí. Zpracovávají se původní materiály z porušených vozovek, čímž se významně snižuje množství odpadů a objem těžké stavební dopravy. Zpracování recyklovatelného asfaltového materiálu do konstrukce vozovek představuje efektivní využití materiálů stávajících konstrukčních vrstev netuhých vozovek jako náhrady za plnohodnotný materiál podkladních vrstev pozemní komunikace. Recyklací za studena je možné zpracovávat jak materiál asfaltových vrstev vozovek, tak i materiál pouze částečně stmelený nebo materiál nestmelený a značně nehomogenní. Přidáním pojiv jako je asfaltová emulze a / nebo cement lze materiály zhodnotit a dosáhnout tak vyšší únosnosti celé konstrukce vozovky, odstranění místních poruch, vad geometrického vedení a uspořádání pozemní komunikace. Recyklace současně vede k úspoře v tloušťkách následně prováděných konstrukčních vrstev vozovky.

Za možná rizika recyklačních technologií je možné považovat zejména nedostatečnou nebo nekvalitní diagnostiku provedenou v předstihu před vlastní realizací recyklace, vliv jednotně nastaveného dávkování použitých pojiv, přísad a doplňkového kameniva na úsecích, kde původní konstrukce vozovky má proměnnou skladbu a různé typy použitých technologií. V neposlední řadě se však může jednat i o nedodržení technologické kázně či nevěnování dostatečné pozornosti funkci odvodnění vozovky.

4. Software OptiRoad a jeho další vývoj

Výzkum se zabývá vývojem a praktickým uplatněním nové softwarové aplikace OptiRoad v odvětví dopravního stavitelství. Předností aplikace je snadná a rychlá kalkulace pořizovacích nákladů, nákladů obnovy a údržby pozemních komunikací, při vložení minimálního množství vstupních dat. Aplikace si klade za cíl nastartovat a zavést do praxe

proces optimalizace skladby konstrukčních prvků komunikace, jakožto prostředek dlouhodobé úspory financí. Výstupy aplikace OptiRoad mohou sloužit jako podpora optimalizačního procesu při přípravě investice, v rozhodovacích procesech, tak i během životního cyklu, zejména díky detailnímu harmonogramu stavební údržby a obnovy, finančnímu grafu a možnosti libovolné simulace délky sledovaného období. Součástí projektu je uživatelská příručka k aplikaci OptiRoad, která popisuje veškeré funkce, předpoklady a způsob práce s programem. Volbu jednotlivých konstrukčních prvků usnadňuje uživateli katalog doplňujících konstrukcí vozovky, který umožňuje kompletaci stavby, popisuje a objektivně hodnotí klady a zápory jednotlivých konstrukčních prvků. Přínosem projektu je široká využitelnost vytvořené aplikace OptiRoad a jejich výstupů na poli investora, projektanta, dodavatele stavebních prací i pro odbornou veřejnost vč. např. studentů. Funkčnost aplikace je ověřena praktickými příklady a praktická využitelnost potvrzena zástupci cílových uživatelů [5], [6].

Obr. 1: Vložení základní specifikace vozovky do software OptiRoad [5]

ZADEJ VÝMĚRY	
Délka [m]:	Komunikace 2 800
Šířka zpev. krytu v koruně Φ [m]:	13
Šířka nezp. krajnice Φ [m]:	0,25
Počet jízdních pruhů:	2
Svodidla <i>(oboustranně shodná)</i> :	Ano
Směr. sloupky <i>(oboustranně shodné)</i> :	Ano
Žlaby příkopové <i>(oboustranně shodné)</i> :	Ne
Žlaby odvodňovací <i>(oboustranně shodné)</i> :	Ano
Obruby <i>(oboustranně shodné)</i> :	Ne
Ilezpev. krajnice <i>(oboustranně shodná)</i> :	Ne
Počet mostních závěr:	0
Počet zpomal. prahů:	0
Rok výstavby:	2010

Obr. 2: Volba jednotlivých vrstev konstrukce vozovky [5]

ZVOL SKLADBU KRYTU							
Pč	Vozovkové vrstvy krytu	Kód	Množství	J Cena	Mj	C Cena	Životnost
1	AKM I 40 M - Asfaltový koberec mastixový modifik tř I tl 40 mm	574204	36 764	216	m2	7 941 024	14
2	PSEM 05 - Spojovací postřik z modř emulze do 0,5 kg/m2	572214	41 132	16	m2	658 112	14
3	ABVH I 80 - Asfaltový beton velmi hrubý tř I tl 80 mm	574101	39 312	365	m2	14 341 018	12
	AB III 40 - Asfaltový beton tř III tl 40 mm		0	0	0	0	0
	AB III 50 - Asfaltový beton tř III tl 50 mm		0	0	0	0	0
	ABVH I 80 - Asfaltový beton velmi hrubý tř I tl 80 mm		0	0	0	0	0
	AKM I 40 - Asfaltový koberec mastixový tř I tl 40 mm		0	0	0	0	0
	AKM I 40 M - Asfaltový koberec mastixový modifik tř I tl 40 mm		0	0	0	0	0
	Barvená asfaltová směs tl. 40 mm		0	0	0	0	0
	CB I 250 - Cementobet kryt jednovrstvý nevyztužený tř I tl 250 mm vč. dil spar		0	0	0	0	0
	CB I 270 - Cementobet kryt dvouvrtvý nevyztužený tř I tl 270 mm vč. dil spar		0	0	0	0	0
8	_Neobsazeno		0	0	0	0	0
9	_Neobsazeno		0	0	0	0	0
10	_Neobsazeno		0	0	0	0	0
11	_Neobsazeno		0	0	0	0	0
12	_Neobsazeno		0	0	0	0	0
Pozn. Ceny krytu jsou uvažovány pro plochy 300m2 a větší				Cena za kryt			
				597 CZK/m2		22 940 154 CZK/kpl	

Obr. 3: Volba doplňujících konstrukcí vozovky [5]

VYBER DOPLŇUJÍCÍ KONSTRUKCI KOMUNIKACE							
Pč	Kč ní prvek vozovky	Kód	Množství	J Cena	Mj	C Cena	Životnost
1	Svodidlo silniční ocel jednostr sloup do 4m pozink	911322	5 152	1 400	m	7 212 800	20
2	Směrové sloupky svodidlové plastové, vzdál 45m	91238	5 656	7	m	38 964	20
3	Těsnění dilatač spar asf závlkou modifik průř do 800mm2	931326	2 856	338	m	965 328	0
4	Žlaby monolitické odvodňovací š 0,5m	93530	5 712	340	m	1 943 108	40
5	Zpevnění krajnic ze štrkovéřtl tl 100 mm	56930	574	87	m2	49 881	60
6	Kilometrovníky kovové, vzdál 500m	91315	3 080	3	m	10 041	14
7	Knoflíky trvalé zapuštěné dálniční - vodor dopr znač	915621	9 240	57	m	528 733	16
8	Podélná čára přerušovaná V2a dálniční š 125mm - plstem zvuč profil	915231	3 080	16	m	49 922	5
9	Vodicí čára V4 š 250mm - plstem zvuč profil	915231	6 160	97	m	599 060	6
10	_Neobsazeno		0	0	0	0	0
11	_Neobsazeno		0	0	0	0	0
12	_Neobsazeno		0	0	0	0	0
Cena za kč ní prvky				2 346 CZK/m		11 397 836 CZK/kpl	

Obr. 4: Detailní časový plán investic do konstrukce vozovky – výsek [5]

KPK Časové cykly	Časové cykly (počet let) a výše v CZK z ob	
	2010	2011
Konstrukční prvky krytu		
AKM I 40 M - Asfaltový koberec mastixový modifik tř I tl 40 mm	7 941 024	7 941 024
PSEM 05 - Spojovací postřik z modř emulze do 0,5 kg/m2	658 112	658 112
ABVH I 80 - Asfaltový beton velmi hrubý tř I tl 80 mm	14 341 018	14 341 018
PSE 05 - Spojovací postřik z emulze do 0,5 kg/m2	519 792	519 792
OK I 110 - Obalované kamenivo tř I tl 110 mm	17 561 544	17 561 544
PIE 10 - Infiltrační postřik z emulze do 1 kg/m2	783 510	783 510
MZK 200 - Mechanický zpevněný kamenivo tř 200 mm	10 920 000	10 920 000
SD 150 - Štrkovéřtl tl 150 mm	6 126 120	6 126 120
_Neobsazeno	0	0
_Neobsazeno	0	0
_Neobsazeno	0	0
_Neobsazeno	0	0
Celkem	58 851 120	58 851 120

Konstrukční prvky vozovky		
Svodidlo silniční ocel jednostr sloup do 4m pozink	7 212 800	7 212 800
Směrové sloupky svodidlové plastové, vzdál 45m	38 964	38 964
Těsnění dilatač spar asf závlkou modifik průř do 800mm2	965 328	965 328
Žlaby monolitické odvodňovací š 0,5m	1 943 108	1 943 108
Zpevnění krajnic ze štrkovéřtl tl 100 mm	49 881	49 881
Kilometrovníky kovové, vzdál 500m	10 041	10 041
Knoflíky trvalé zapuštěné dálniční - vodor dopr znač	528 733	528 733
Podélná čára přerušovaná V2a dálniční š 125mm - plstem zvuč profil	49 922	49 922
Vodicí čára V4 š 250mm - plstem zvuč profil	599 060	599 060
_Neobsazeno	0	0
_Neobsazeno	0	0
_Neobsazeno	0	0
Celkem	11 397 836	11 397 836

2022	2023	2024	2025
0	0	0	10 687 573
0	0	0	885 732
0	18 551 635	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	18 551 635	0	11 573 305

0	0	0	970 748
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	205 111	0
0	6 453	0	0
0	0	0	13 514
67 056	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
67 056	6 453	205 111	984 262

Obr. 5: Celkové náklady životního cyklu (LCC) konstrukčních vrstev vozovky [5]



5. OptiRec software

Nový nástroj pro hodnocení variant recyklačních technologií je vyvíjen na základě předchozích zkušeností na ČVUT v Praze. Cílem nově vyvíjeného softwaru OptiRec je doporučit uživateli optimální způsob rekonstrukce vozovky. Vložení pouze minimálního množství vstupních dat, uživatel (správce nebo investor komunikace) snadno získá základní srovnání metod, které je možno při rekonstrukci použít. Aplikace řeší rekonstrukci asfaltových vozovek převážně tradičním způsobem, ale rovněž recyklací za studena. OptiRec poskytuje výpočet orientačních nákladů životního cyklu vozovky, uhlíkovou stopu, množství emisí a energetickou náročnost aplikovatelných metod. Výstupy softwaru OptiRec lze použít k nelezení a podpoře energeticky nejméně náročné a environmentálně nejšetrnější metody rekonstrukce vozovky. Software obsahuje rovněž uživatelskou příručku a několik praktických příkladů.

Obr. 9: Výběr optimálního způsobu rekonstrukce. Porovnání možných technologií

OPTIMAL WAY						
No.	Way of rehabilitation	Machinery	↓ Price	↓ NOx.	↓ HC+NOx.	↓ CO. ↓PM. ↓Energy
1.	Cold recycling - asphalt foam	Wirtgen xx	350 000 €			
2.	Cold recycling - emulzion	Wirtgen xx	370 000 €			
3.	Traditional way.	Wirtgen xx	400 000 €			

Závěr

Je velmi důležité, aby zainteresované strany (investor, dodavatelé) braly v úvahu i jiné než konvenční technologie rekonstrukce vozovky. Použitelné technologie by se měly porovnávat také z hlediska celkových nákladů životního cyklu, energetické náročnosti, ale rovněž dopadu na životní prostředí. Zvýhodňovány, upřednostňovány a dále rozvíjeny by měly být zejména technologie energeticky nejméně náročné a šetrné k životnímu prostředí (např. recyklace). Aby bylo projekty možné takto hodnotit a porovnávat, je nutné zajistit pro jednotlivé varianty ekonomickou analýzu životního cyklu vozovky, včetně dopadu na celkové množství CO₂ a dalších emisí znečišťujících ovzduší. Zanedbávána by neměla být ani energetická náročnost jednotlivých technologií.

Literatura:

- [1] CENIA a Ministerstvo životního prostředí České republiky (2013). Informace o látkách ohlašovaných do IRZ, *webová stránka*: <http://www.irz.cz/node/20>
- [2] Valentin, J. (2009). Problems of Selected Performance Characteristics of Cold Recycling Mixes. *Ph.D. thesis*, CTU in Prague.
- [3] Mallick, R.B. et al. (2002). Development of Rational and Practical Mix Design System for Full Depth Reclaimed Mixes. *Ph.D. thesis*, Subcontract No. 00373, Recycled Material Source Center.
- [4] Kubinčanová, L. (2007). Vymezení a sledování vybraných mechanicko-fyzikálních vlastností asfaltových směsí recyklace za studena. *Diplomová práce*, ČVUT v Praze.
- [5] Snížek, V. (2011). Volba typu konstrukce komunikace s ohledem na celkové náklady životního cyklu, *Diplomová práce*, ČVUT v Praze.
- [6] Snížek, V.; Strnad, J.; Měšťanová, D.; Macek, D. (2012). Vozovky, inženýrské objekty a jejich systém hospodaření, *ISBN 978-80-01-04 996-9*, ČVUT v Praze.