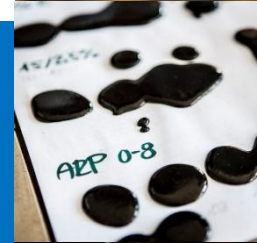
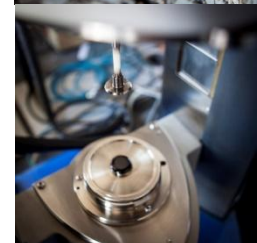


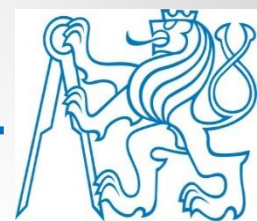
Případová studie – konstrukce vozovky s maximalizovaným podílem recyklovaných materiálů

JAN VALENTIN, AMIRA BEN AMEUR (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

TOMÁŠ BALOCH (ZEVO Malešice)

MICHAL ŠYC (ÚCHP AV ČR)

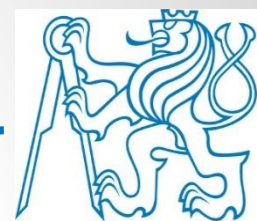




Motivace pilotního projektu aplikace spalovenské strusky/škváry v konstrukcích vozovek

- ➔ Škvára, spalovenská struska, odpad katalogové číslo 19 01 12 ... odpad jako zdroj cenných surovin.
- ➔ Ověření podmínek aplikace tohoto odpadu dle požadavků přílohy 6 vyhl. 273/2021 Sb. (resp. vyhl. 18/2025 Sb.).
- ➔ Surová škvára – rozměrově a tvarově heterogenní směs s proměnlivou vlhkostí.

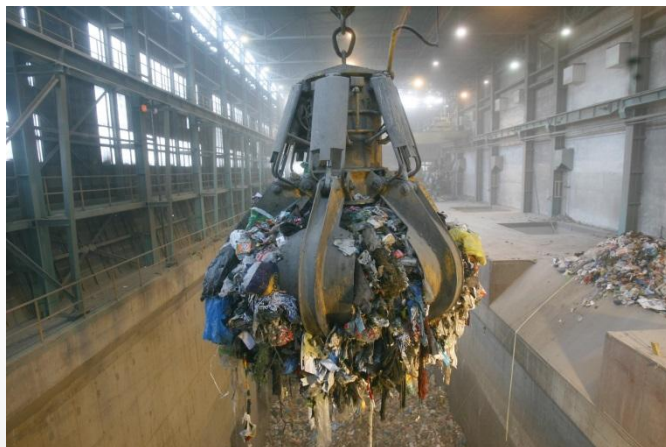




Proč jsme se tím zabývali

- ➔ ZEVO Malešice = 300 000 t odpadů ročně (400 000 t od 2024).
- ➔ 300 000 t odpadu znamená více než 70 000 t škváry.
- ➔ Aktuálně se provádí jen separace železa cca 6 000 t ročně.
- ➔ Potenciál 75 000 t surové škváry = 7 000 t Fe + 1 500 NeFe ročně.
 - ➔ 1 tuna železa = cca 3500 CZK (dle LME a provozní praxe).
 - ➔ 1 tuna NeFe kovů = 10 000 – 100 000 CZK (LNeFe/HNeFe/čistota).
- ➔ Přetříděná suchá škvára využitelná jako stavební materiál = odklon od skládky.
- ➔ Roční náklady na skládkování škváry = 48 000 000 CZK

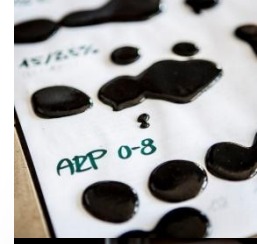
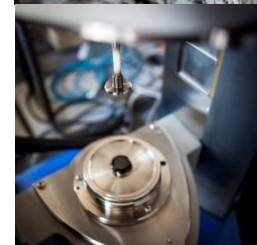
SKO

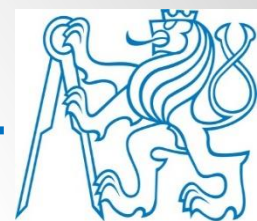


W2E



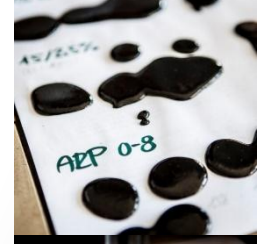
Škvára jako materiál pro další zpracování

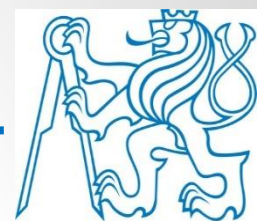




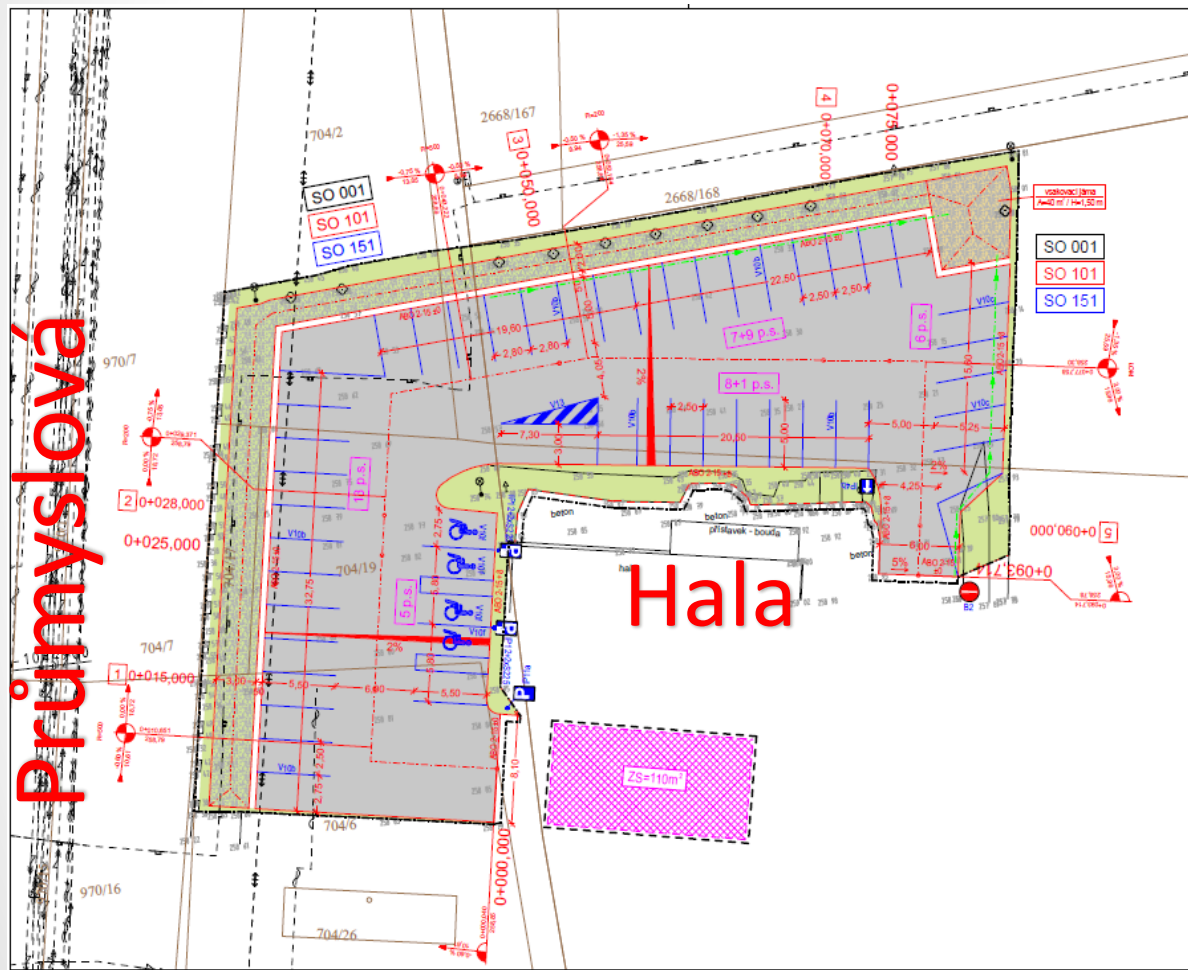
Parkoviště „Severozápad I. etapa“

- ➔ Severozápadní cíp areálu ZEVO Praha o ploše 1290 m².
- ➔ Plocha pro ověření aplikace spalovenské škváry rozdělena na 1/3 se standardní ŠD a 2/3 s aplikací spalovenské škváry jako náhrady za ŠD.
- ➔ Podkladní asfaltová vrstva s 60 % R-mat.; obrušná asfaltová vrstva s 30 % R-mat. a modifikátorem EcoFlakes na bázi odpadního plastu
- ➔ Škvára zůstává v režimu odpadu.

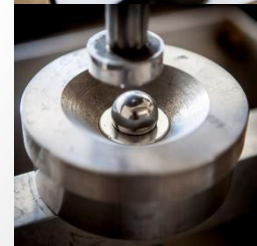
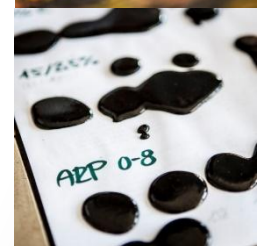
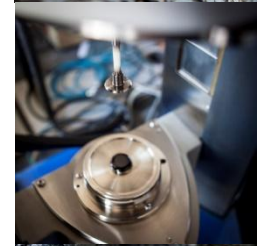




Parkoviště „Severozápad I. etapa“ – cílový stav



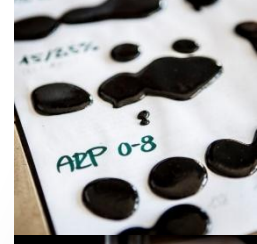
- Celkem 48 parkovacích míst.
- Odvodnění řešeno vsakovací jámkou.
- Cena dle výkazu výměr na úrovni 5-5,5 mil. CZK bez DPH.
- Normativ TP 93 a TP 138 pro alternativní materiál šterkodrti 0-63 mm.
- Technické požadavky na škváru:
 - Maximální povolená zrnitost 63 mm.
 - Maximální množství složek o hustotě nižší než voda v reprezentativním vzorku frakce 4/63 mm je $\leq 15 \text{ cm}^3/\text{kg}$, stanovení podle EN 933-11.
 - Maximální podíl zrnitosti menší než 0,063 mm je $\leq 9 \%$.
 - Maximální množství materiálu o zrnitosti větší než 31,5 mm je $\leq 15 \%$





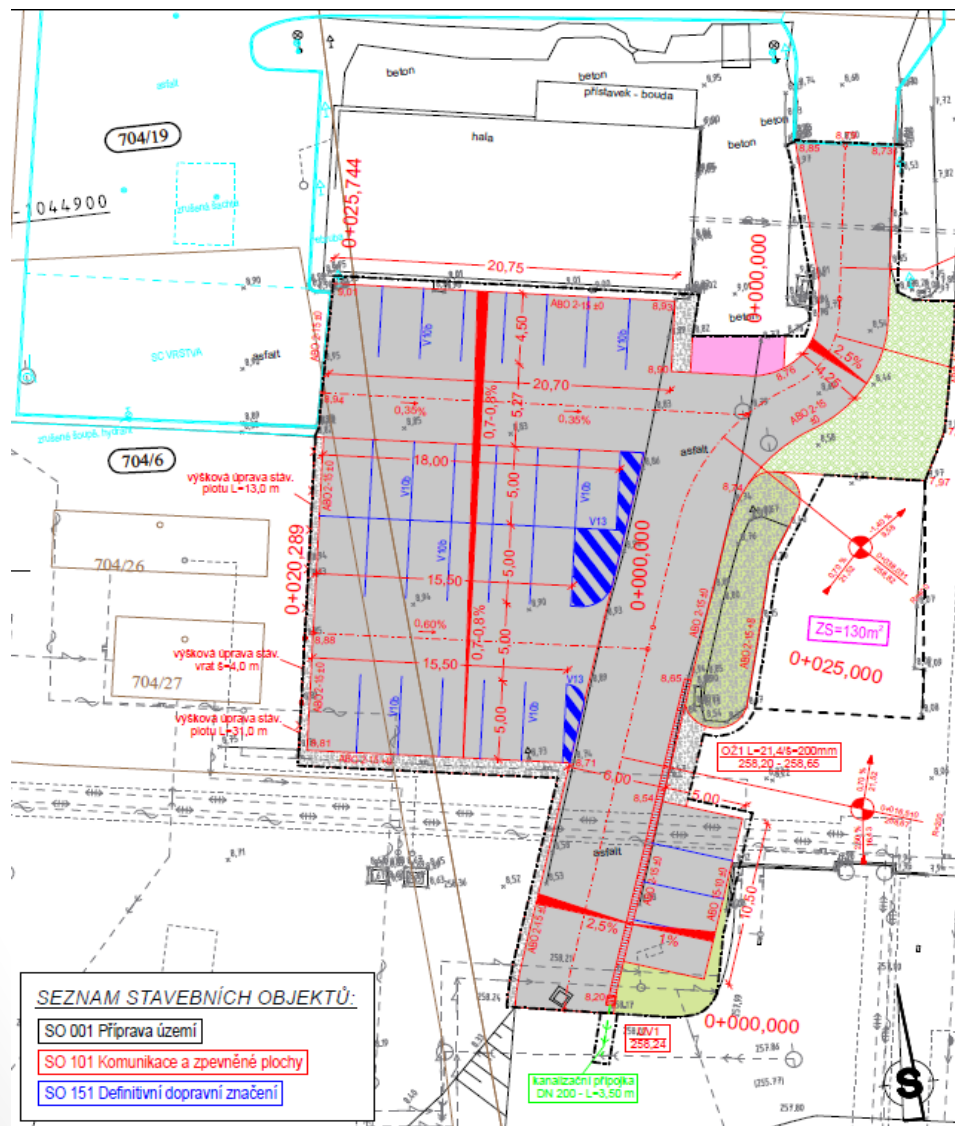
Parkoviště „Severozápad II. etapa“

- ➔ Severozápadní cíp areálu ZEVO Praha o ploše 980 m².
- ➔ Plocha pro ověření aplikace spalovenské škváry rozdělena na 20% se standardní ŠDA 0/32 a 80% s aplikací spalovenské škváry jako náhrady za ŠD.
- ➔ Podkladní asfaltová vrstva s 60 % R-mat.; obrušná asfaltová vrstva s 30 % R-mat. a modifikátorem Gipave na bázi odpadního plastu a grafenu.
- ➔ Škvára zůstává v režimu odpadu.

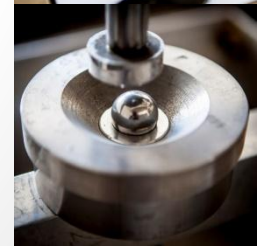
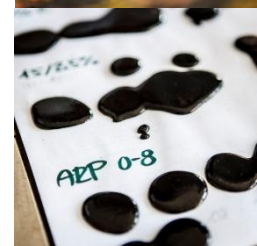
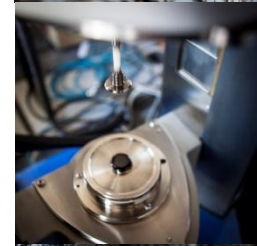




Parkoviště „Severozápad II. etapa“ – cílový stav

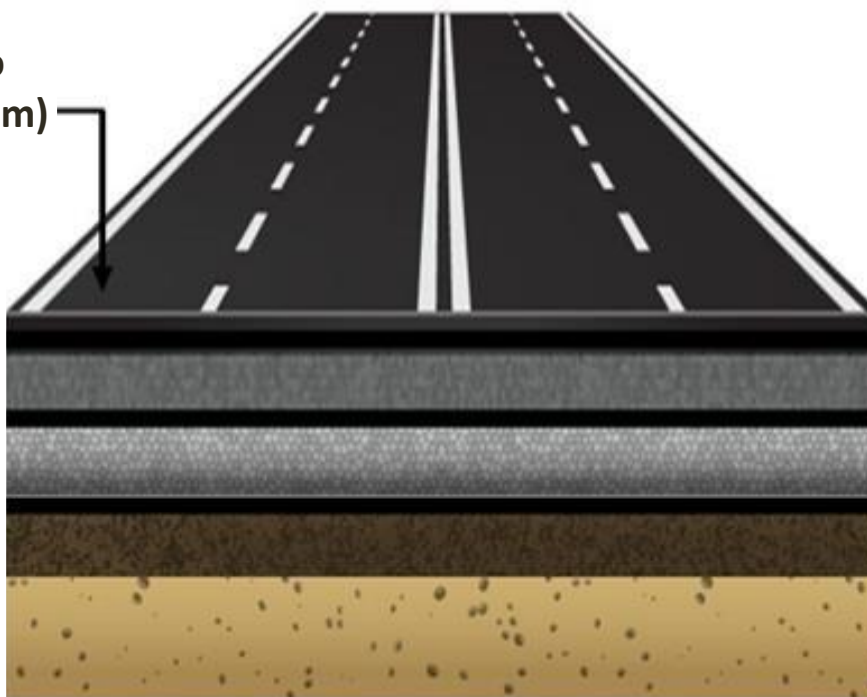


- ➔ Celkem 31 parkovacích míst.
- ➔ Odvodnění řešeno vsakovací jámkou.
- ➔ Cena dle výkazu výměr na úrovni 4,5-5 mil. CZK bez DPH.
- ➔ Revidovaný předpis TP 268 pro alternativní materiál šterkodrti 0-63 mm v nestmelené konstrukční vrstvě.

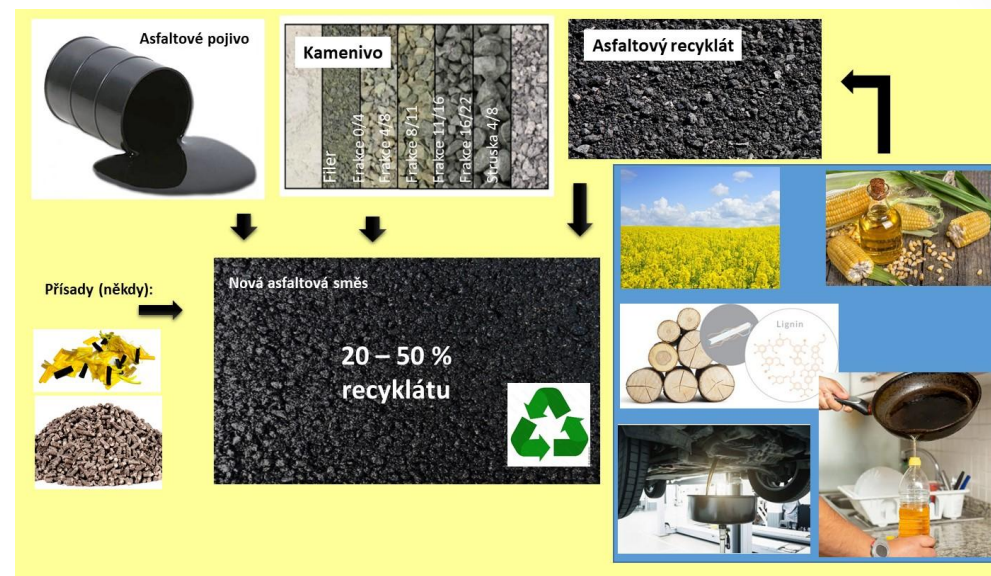


Konstrukce asfaltové vozovky

Asfaltový beton do
obrusné vrstvy (40 mm)
– ACO 11+



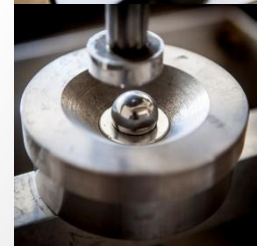
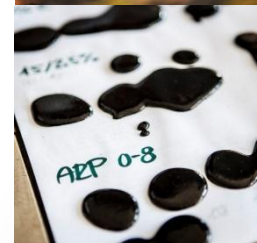
Podloží tvořené navážkami a jílovitými zeminami
(navržena sanace výměnou 50 cm podloží)



Asfaltový beton do podkladní vrstvy (70 mm) – ACP 16+

Stmelená podkladní vrstva (150 mm) – SC C_{3/4}

Netmelená podkladní vrstva (200 mm) – ŠD



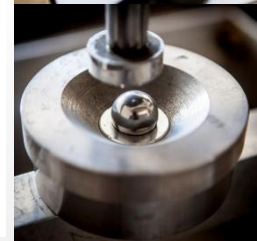
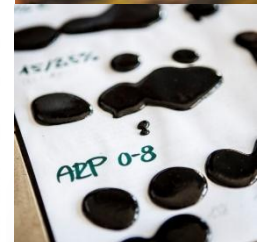
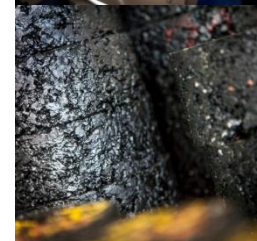
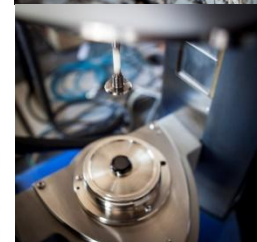


Zlepšené podloží – 100% recyklované materiály

- ➔ výměna nevhodné zeminy podloží – odtěžení a použití vhodného materiálu
- ➔ požadavek na únosnost podloží na pláni $E_{\text{def},2} = 45 \text{ MPa}$
- ➔ I. etapa: směsný recyklát beton a cihla 0/63 mm
- ➔ II. etapa: betonový recyklát 0/63 mm
- ➔ kombinace s geotextilií v úrovni zemní pláně



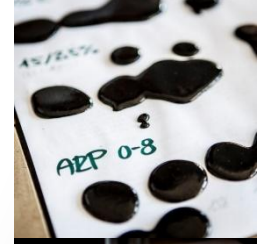
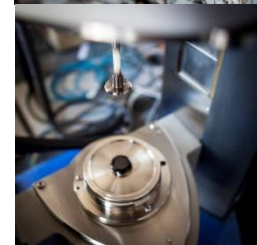
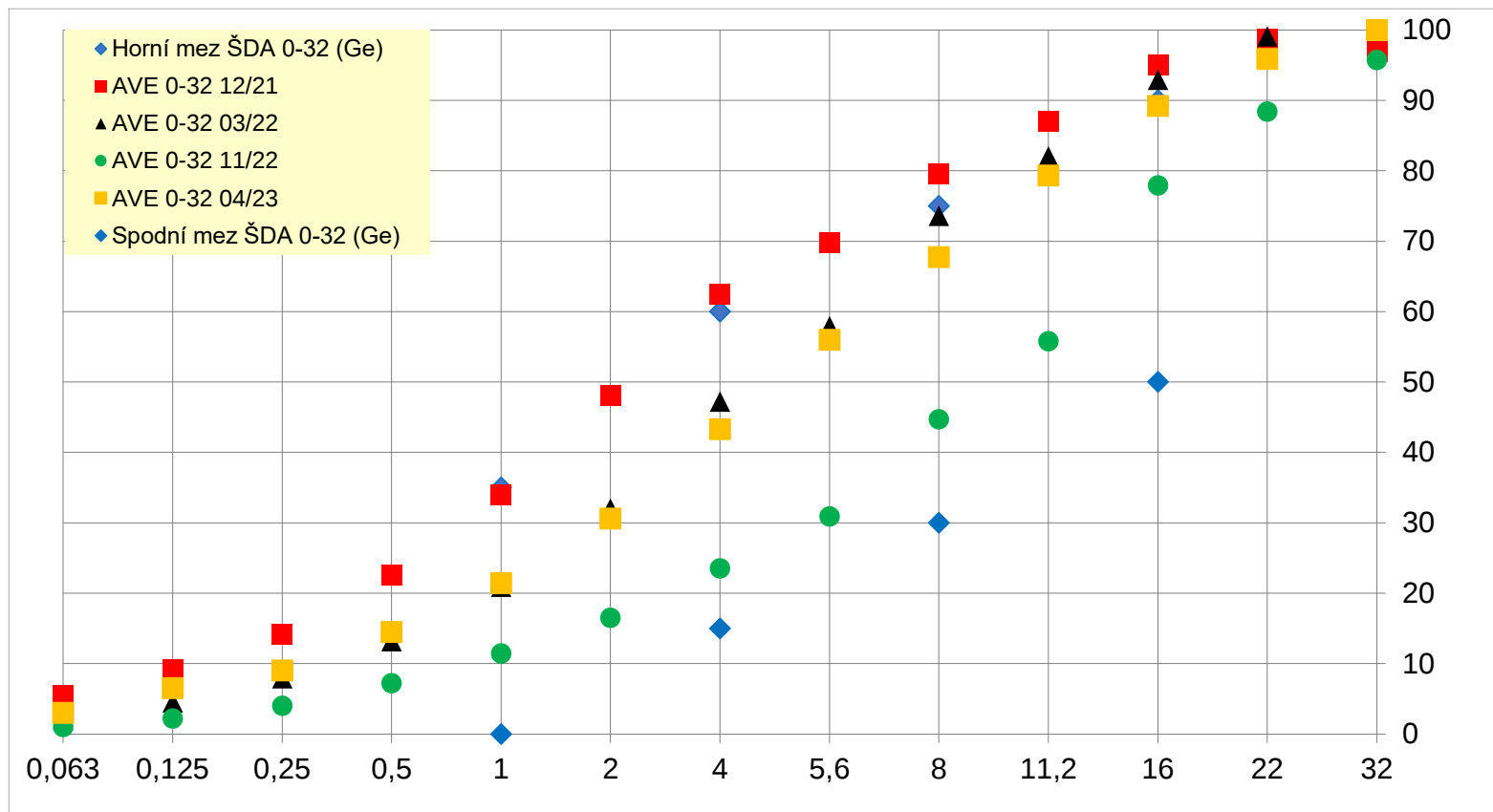
Zkoušená vlastnost	Zkušební metoda	Jednotky	Naměřená hodnota
Zrnitost kameniva G			
Propad otvory sít [mm]			Součtové procento propadu
125,0 (2D)	ČSN EN 933-1	% hm.	100,0
90,0 (1,4D)	ČSN EN 933-1	% hm.	100,0
63,0 (D)	ČSN EN 933-1	% hm.	98,6
31,5 (D/2)	ČSN EN 933-1	% hm.	70,8
16,0	ČSN EN 933-1	% hm.	56,7
8,0	ČSN EN 933-1	% hm.	45,7
4,0	ČSN EN 933-1	% hm.	37,0
2,0	ČSN EN 933-1	% hm.	30,2
1,0	ČSN EN 933-1	% hm.	22,4
0,5	ČSN EN 933-1	% hm.	14,6
0,250	ČSN EN 933-1	% hm.	9,6
0,125	ČSN EN 933-1	% hm.	7,6
0,063	ČSN EN 933-1	% hm.	6,6
Obsah jemných částic f	ČSN EN 933-1	% hm.	6,6
Odolnost proti drcení-součinitel LA ¹⁾	ČSN EN 1097-2, kap. 5	-	36,8
Nasákavost WA ₂₄	ČSN EN 1097-6	% hm.	4,2
Objemová hmotnost	ČSN EN 1097-6	Mg/m ³	2,260
Klasifikace složek hrubého recyklovaného kameniva			
- složka Rc (beton, malta, bet. zdící prvky)	ČSN EN 933-11	% hm.	78,0
- složka Ru (kamenivo, kámen)	ČSN EN 933-11	% hm.	16,0
- složka Rb (pálené, vápenopis., pórobeton)	ČSN EN 933-11	% hm.	2,0
- složka Ra (asfaltové materiály)	ČSN EN 933-11	% hm.	4,0
- složka Rg (sklo)	ČSN EN 933-11	% hm.	0,0
- složka X (jíl, kov, dřevo, plasty, pryž, sádra)	ČSN EN 933-11	% hm.	0,0
- složka FL (plovoucí částice)	ČSN EN 933-11	cm ³ /kg	0,0





Nestmelená podkladní vrstva

- ➔ Opakované testy vzorků spalovenské škváry od 2017.
- ➔ V průběhu let ověřování variant škváry ZEVO Malešice i SAKO Brno.



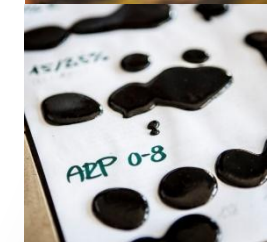
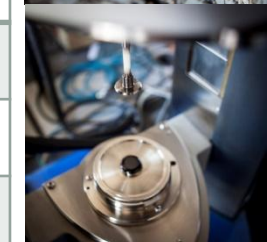
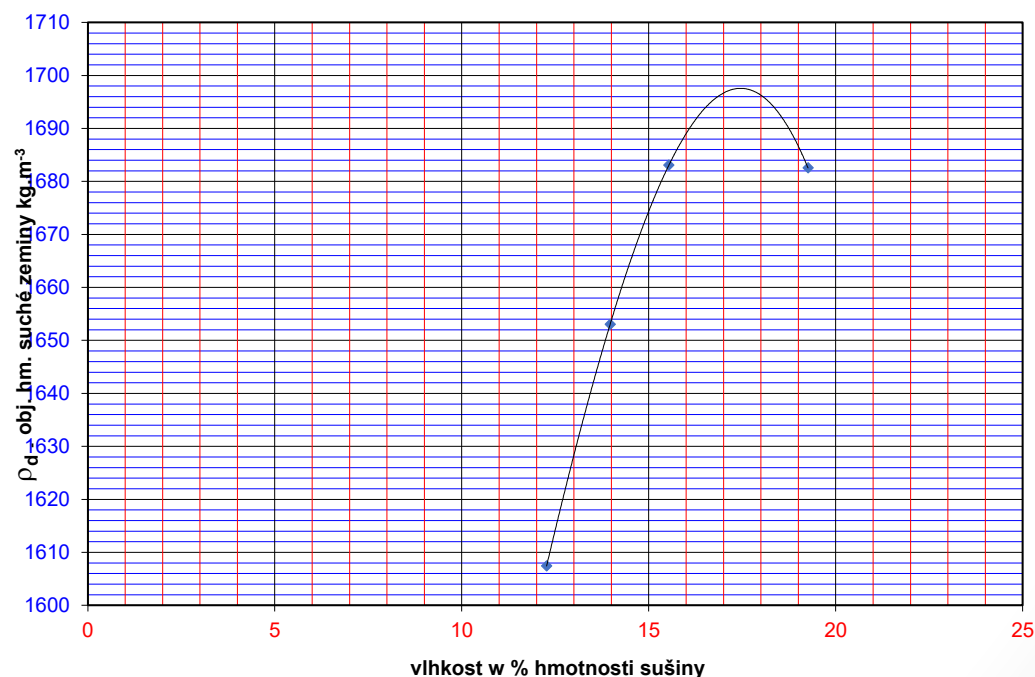


Nestmelená podkladní vrstva

➔ Materiál splňuje požadavky pro uplatnění v tomto typu konstrukční vrstvy.

Síto (mm)	Spalovenská struska BAA, Dánsko	Spalovenská struska, ZEVO Malešice	Spalovenská struska, ZEVO Brno
31,5	100,0	100,0	100
16	94,2	92,4	95,0
8	73,5	66,9	78,5
4	55,2	45,6	57,5
2	43,4	35,6	39,5
1	25,8	25,4	24,1
0,5	12,4	16,1	11,9
0,25	6,0	9,7	5,5
0,125	3,3	6,1	3,5
0,063	1,8	3,8	2,5

Vzorek	IBI	CBRsat
0/32 (03/2022)	40,3 %	45,7 %
0/32 (11/2022)	54,6 %	63,7 %
0/32 (2023)	72,4 %	85,3 %



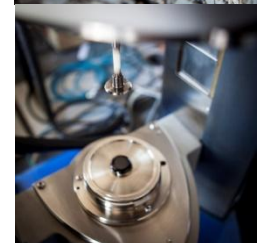


Nestmelená podkladní vrstva

10/2023

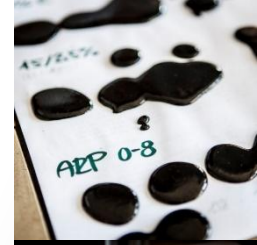
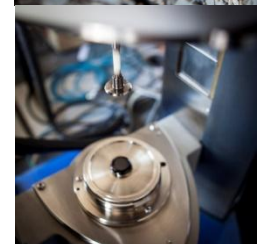
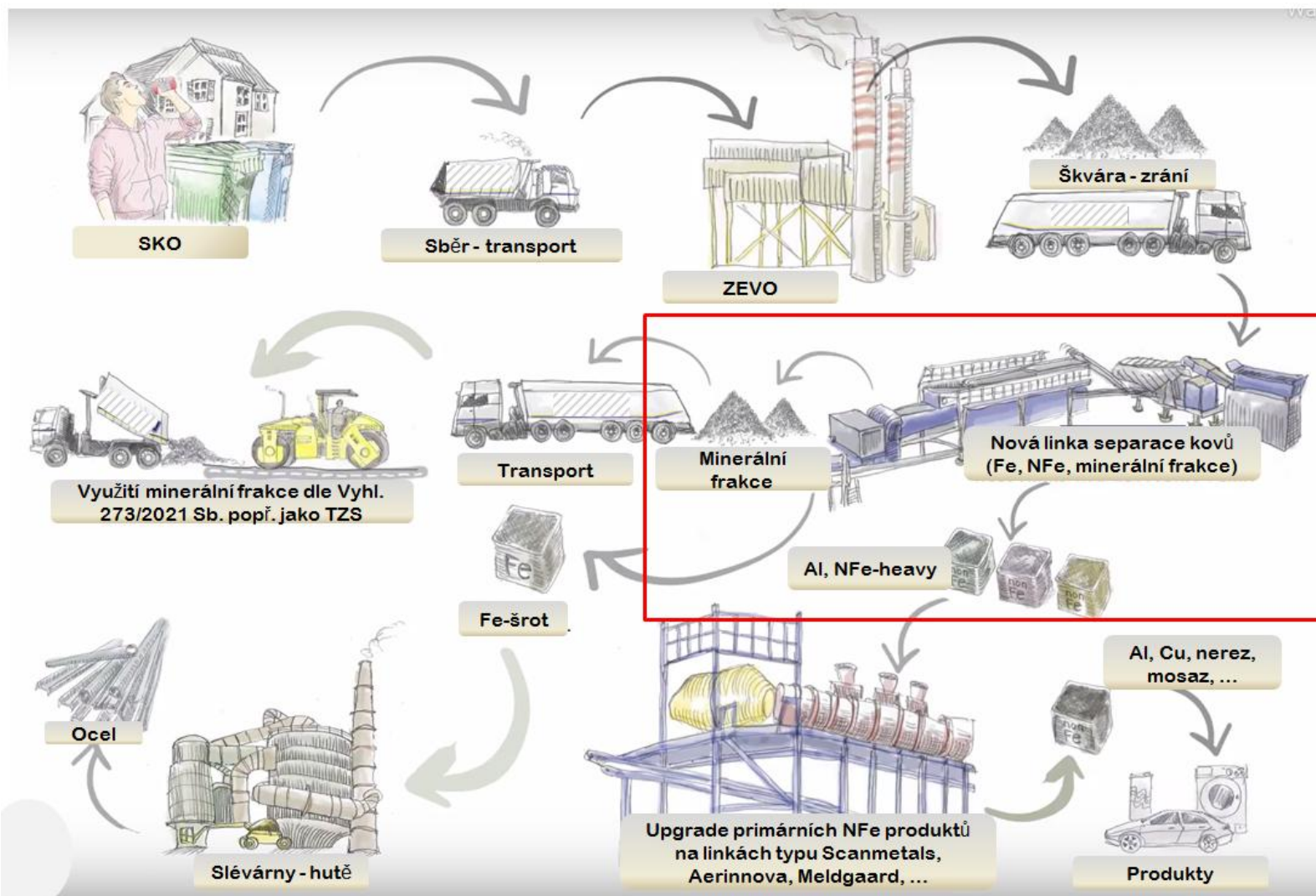


03/2025



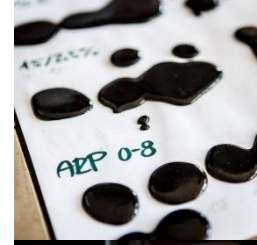
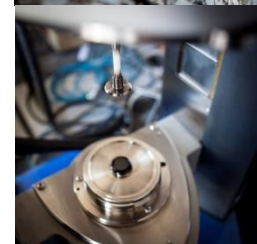


Koncept využití spalovenské škváry jako zrnitého materiálu ve stavebnictví





Stmelená podkladní vrstva



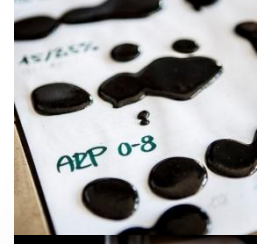


Stmelená podkladní vrstva

➔ hydraulicky stmelená směs se 100 % recyklovaného kameniva (betonový recyklát)



S. Kaun



Stavba: **Parkoviště Průmyslová**

Konstrukce: -

Druh a třída betonu: **Rebetong® STABIL C_{3/4} SC**

Laboratorní kód: **178**

Místo odběru: **Na betonárně**

Způsob hutnění: **Proctor modifikovaný BB**

Plán vzorkování: **dle KZP společnosti Skanska Transbeton, s.r.o.**

Ošetření a uložení těles: **v ZL dle ČSN EN 13286-50, čl. 8**

Stav povrchu zkušebního tělesa v době zkoušky: **dobrý**

Rychlost zatěžování: **13,5 kN/s**

Objekt -

Číslo vzorku: **viz tabulka**

Betonárna: **Uhřetěves**

Dodací list: **viz tabulka**

Tělesa zhotovil:

Typ zkoušky: **Kontrolní**

Výsledky zkoušek:

Označení vzorku	Stáří (dny)	Datum výroby	Datum zkoušky	Rozměry (mm)		Hmot. (kg)	Síla (kN)	Obj.hm. (kg/m ³)	Pevnost (MPa)	Prům.p. (MPa)	Č.dod. listu	Vlhkost (%)*	Hmotnost po vyrobení (kg)
				v	d								
U 142/2	28	15.04.2025	13.05.2025	120	150	4,797	239	2 260	13,5		2584	9,3	4,824



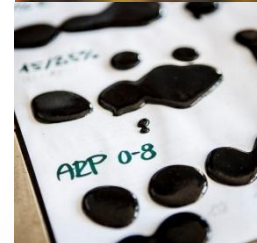
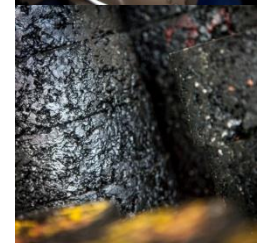
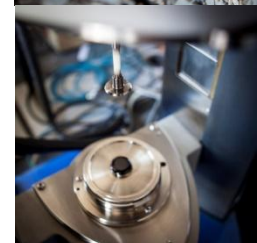
Asfaltové vrstvy

Předpoklady a silné stránky

- ➔ Asfaltová podkladní vrstva: vždy ACP 16+ s 60 % R-materiálu v kombinaci s vhodným rejuvenátorem na přírodní bázi
- ➔ Asfaltová obrušná vrstva: vždy s 30 % R-materiálu:
 - ➔ I. etapa přísada EcoFlakes (SRN) – dávkováno v množství 7 %-hm. pojiva
 - ➔ II etapa přísada Gipave (IT) – dávkováno v množství 0,3 %-hm. asfaltové směsi



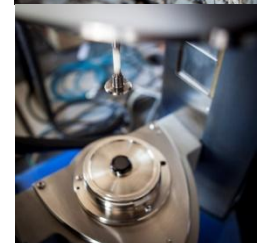
Recyklovaný PE
kombinovaný s
grafenem





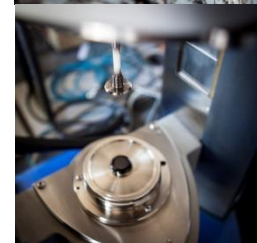
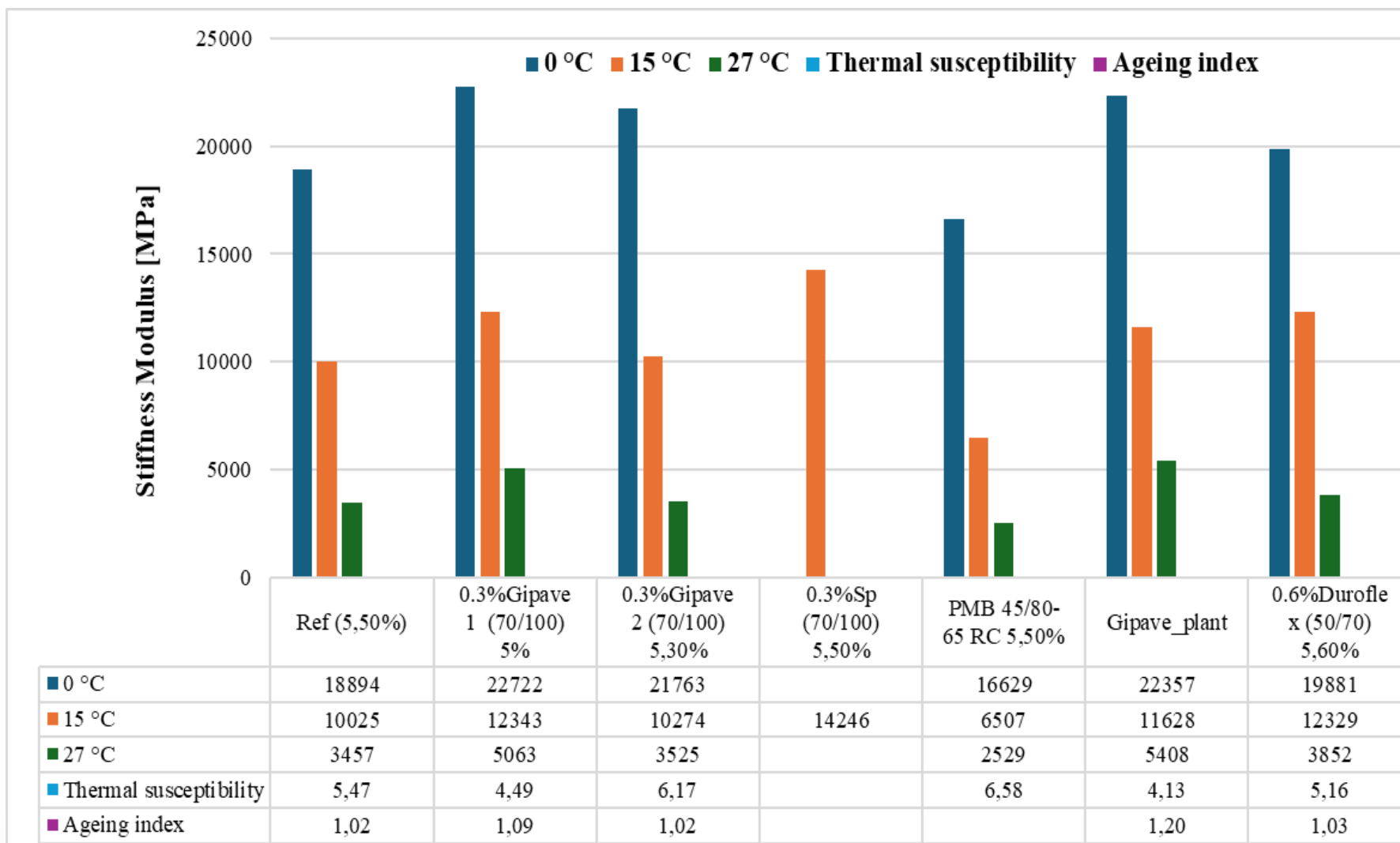
Asfaltové vrstvy

	Směs	Asfaltové pojivo	Obsah pojiva [%]	Modifikátor [%]	Obj. hm. [g/cm ³]	Max. obj. hm. [g/cm ³]	Mezerovitost [%]
Ref	ACO 11+ 30% RA	70/100	5,50	-	2,423	2,498	3,0%
1		70/100	5,00	0.3% (Gipave)	2,449	2,518	2,7%
2		70/100	5,30	0.3% (Gipave)	2,451	2,518	2,7%
3		70/100	5,50	0.3% (SP)	2,451	2,519	2,7%
4		PMB 45/80-65 RC	5,50	-	2,461	2,480	0,8%
5		70/100 mixed in plant	5,30	0.3% (Gipave)	2,401	2,509	4,3%
6	ACO 11+	50/70	5,60	0.6% (Duroflex)	2,483	2,602	4,6%



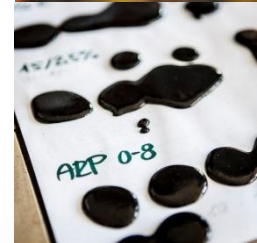
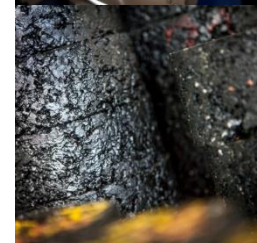
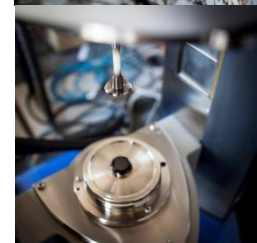


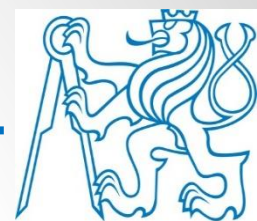
Asfaltové vrstvy





Asfaltové vrstvy

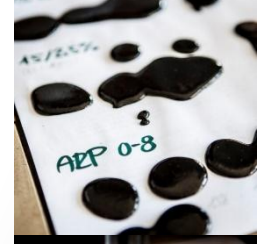




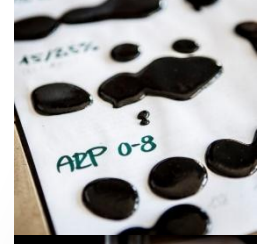
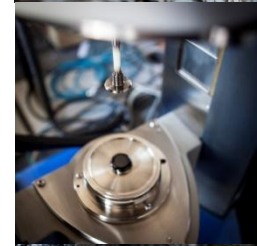
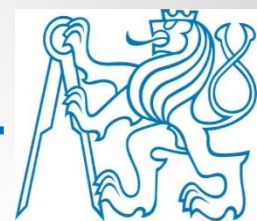
RESUMÉ – etapa II a úspora přírodních zdrojů

- ➔ Sanace podloží (aktivní zóna): **cca 1250 t**
- ➔ Nestmelená podkladní vrstva: **265 t** z cca 370 t zrnitého materiálu
- ➔ Hydraulicky stmelená vrstva: **cca 310 t** (kamenivo v dodané směsi)
- ➔ Podkladní asfaltová vrstva: **cca 90 t** ze 160 t asfaltové směsi tvoří R-materiál
- ➔ Obrusná vrstva: **cca 28 t** z 95 t asfaltové směsi tvoří R-materiál

Odhlédneme-li od sanace podloží, potom úspor přírodních zrnitých materiálů na takto malé stavbě činila přibližně 693 t.



DĚKUJI ZA VAŠI POZORNOST I PŘÍZEŇ



Reconmatic



**Funded by the
European Union**

Jan Valentin

Fakulta stavební ČVUT v Praze

Thákurova 7

166 29 Praha 6

www.reconmatic.eu

www.linkedin.com/company/reconmatic/

The **Reconmatic project** has been funded by the European Union under Grant Agreement No 101058580 and by the UK Research and Innovation as part of the UK Guarantee programme for UK Horizon Europe participation.

Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the HORIZON-RIA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.