

Využití teplárenské strusky pro výrobu betonového zboží

Ing. Ivana Chromková ¹, Ing. René Čechmánek ¹, Lubomír Zavřel ¹

Ing. Jindřich Sedlák ², Ing. Michal Ševčík ²

¹ Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s., ² Prefa Brno a.s.

e-mail: chromkova@vustah.cz, cechmanek@vustah.cz, zavrel@vustah.cz,
sedlak@prefa.cz, sevcikm@prefa.cz

Souhrn

Příspěvek si klade za cíl představit nově řešený projekt programu TRIO financovaný za podpory MPO.

Snahou projektu je ověřit možnost využití teplárenské strusky, dlouhodobě uložené na haldě, při běžné výrobě betonového zboží. Cílem je stanovit optimální množství teplárenské strusky a navrhnout úpravu receptur několika typů vyráběných betonových produktů tak, aby přítomností strusky nedošlo k nežádoucím změnám vlastností čerstvého betonu ani výsledného betonového výrobku. V příspěvku uvádíme výsledky analýz teplárenské strusky a výsledky úvodních testů betonů s obsahem této strusky.

Klíčová slova: teplárenská struska, škvára, zbytek po spalování uhlí, odpad

O projektu

Cílem projektu je najít optimální uplatnění odpadní teplárenské strusky, která byla v minulém století ukládána na haldu v lokalitě Oslavany.

Možnosti zdrojů kvalitních přírodních kameniv se pomalu ztenčují, narůstají omezení těžby z důvodů ekologie a současně stoupá jejich cena. Recyklace materiálů je velmi důležitá pro udržitelný rozvoj, pro životní prostředí a zachování zdrojů surovin dalším generacím. Řešením tohoto problému je využívání druhotných surovin. Konkrétně v případě výroby betonu je již využívána řada druhotných surovin - např. popílky, křemičité úlety a vysokopecní strusky.

Problematice využití teplárenské strusky se v ČR věnovala dosud, na rozdíl od strusky vysokopecní, jen malá pozornost. Použití teplárenské strusky jako kamenivo při výrobě různých typů betonových výrobků by mohlo přinést dvě zásadní výhody:

- ✓ částečnou náhradu přírodního kameniva, které by se tak nemuselo odtěžit a nadále by zůstalo uchováno jako přírodní zdroj,
- ✓ současně by tímto způsobem došlo k postupné likvidaci staré ekologické zátěže.

Předpoklady využitelnosti teplárenské strusky

Z provedené literární a patentové rešerše bylo zjištěno, že v zahraničí průběžně probíhá výzkum využití odpadní teplárenské strusky. Informace z této rešerše do jisté míry potvrzují zkušenosti, které máme s aplikací jiných VEP při zkušební výrobě betonů. Náš projekt tak může na poznatky z rešerše navázat.

Vybrané závěry z rešerše:

- Zpracovatelnost betonu se snižuje v závislosti se zvyšujícím se podílem teplárenské strusky
- Objemová hmotnost betonu se snižuje se zvyšujícím se obsahem teplárenské strusky.

- Počáteční pevnost v tlaku, pevnost v příčném tahu a ohybová pevnost je v případě betonu s teplárenskou struskou nižší než u referenčního betonu, po 28 dnech se rozdíly stírají.
- Pevnost v tlaku, pevnost v příčném tahu a ohybová pevnost narůstají s časem, toto platí pro různé zkoumané obsahy teplárenské strusky v betonu.
- Směs obsahující 30 % a 40 % teplárenské strusky dosáhne za 90 dnů pevnost tlaku, která odpovídá 108% a 105% pevnosti v tlaku referenčního betonu za 28 dní a dosáhne po 90 dnech pevnosti v ohybu 113-118% pevnosti v ohybu referenčního betonu po 28 dnech.
- Beton obsahující odpadní teplárenskou strusku dosáhne po 28 dnech pevnost v příčném tahu v rozmezí 121-126 %.
- Pevnost betonu obsahující nejméně 50 % teplárenské strusky je vyhovující pro většinu konstrukčních použití, neboť pevnost v tlaku je po 28 dnech více než 20 MPa. I když je vývoj pevností pozvolnější, lze teplárenskou strusku s úspěchem využít jako náhradu jemného kameniva.

Výsledky z již uskutečněných výzkumů predikují, že i teplárenská struska z lokality Oslavany bude rovněž využitelná. Výsledky výzkumu budou po ukončení projektu aplikovány při výrobě betonu a betonového sortimentu firmy Prefa Brno a.s., v závodě Oslavany.

Halda Oslavany

Halda tvoří výraznou vyvýšeninu v krajině. Její vznik je spojen s činností tepelné elektrárny Oslavany, která fungovala v letech 1913-1993. Materiál vznikající jako odpad po spalování byl ukládán na haldě za elektrárnou v bezprostřední blízkosti železniční stanice. V elektrárně bylo používáno černé uhlí převážně z dolu Kukla a po roce 1973, kdy byl tento důl uzavřen, se uhlí dodávalo z dolu Jindřich II. Tento důl byl ve své době se 1428 m nejhlubším dolem ve střední Evropě. Zajímavostí je, že uhlí bylo z tohoto dolu do oslavanské elektrárny dopravováno, až do doby uzavření v roce 1992, pomocí 5 km dlouhé lanové dráhy. Přestože v obou dolech bylo těženo kvalitní černé uhlí, do elektrárny se vozilo především méně kvalitní uhlí, které by bylo těžko prodejné.

V současné době je halda majetkem firmy Prefa Brno a.s., která vyvíjí snahu o ověření technologické vhodnosti strusky a zavedení jejího materiálového využití do receptur svého výrobního sortimentu.



Obr. 1: Pohled na haldu v Oslavanech

Vlastnosti teplárenské strusky

Pro získání reprezentativního přehledu o materiálu tvořící haldy v Oslavanech bylo provedeno několik odběrů vzorků z různých míst haldy i různých hloubek (odběry povrchové i hloubkové - až 20 m). Na vzorcích strusky odebraných z haldy byla provedena řada analýz a testů za účelem chemického, technologického i ekologického posouzení vhodnosti pro její plánované využití.



Obr. 2: Hloubkový odběr z etáže haldy



Obr. 3: Analyzovaná struska – hloubkový odběr

Chemické složení

Z pohledu chemického složení je teplárenská struska tvořena převážně SiO_2 (cca 50 %), Al_2O_3 (cca 22 %), Fe_2O_3 (10 %) a menším množstvím dalších složek. Vysoký podíl oxidu křemičitého a relativně nízký podíl oxidu vápenatého jsou typické pro teplárenské strusky vzniklé při spalování černého uhlí, které bylo v tepelné elektrárně Oslavany používáno.

Tabulka 1: Příklad chemického složení strusky z haldy Oslavany

Označení složky	Ruční odběr v hloubce cca 1,5 m
	[% hmotnostní]
SiO_2	51,45
TiO_2	0,85
Al_2O_3	22,09
Fe_2O_3	10,74
P_2O_5	0,32
MnO	0,106
MgO	1,76
CaO	3,80
Na_2O	1,85
K_2O	3,45
SO_3 celk.	0,97
SO_3 síran.	0,49
Cl ⁻	0,007
Ztráta sušením	0,34
Ztráta žiháním (1100 °C)	2,38

Technologické parametry

U většiny odebraných vzorků z haldy Oslavany se jedná o materiál obsahující zrna od 0 - 10 mm. Množství zrn zachycených na sítu s okem 8 mm se pohybuje okolo 3 % hmotnostních (u jednoho vzorku 11 % hm.). Podíl jemných frakcí je značný. Znamená to, že je nutné strusku před jejím použitím do betonu přesít a oddělit jemné podíly, které by mohly značnou měrou nepříznivě ovlivňovat kvalitu betonu.

Pozn: Podle normy ČSN 72 2050 Škváry pro škvárový beton (platné do roku 2002) by měl být obsah podsítného podílu na sítu 0,16 mm max. 8 %. Tomuto požadavku neodpovídal ani jeden vzorek teplárenské strusky odebrané z haldy v Oslavanech. Nutno dodat, že z rešerše výsledků technologických zkoušek škvár z různých míst původu (testovaných v laboratořích Výzkumného ústavu stavebních hmot, a.s. v 80. a 90. letech minulého století) vyplynulo, že tomuto požadavku normy neodpovídala většina ověřovaných vzorků.

Pro hodnocení technologických parametrů strusky pro využití jako kamenivo do betonu byla provedena řada zkoušek. Vybrané výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Vybrané technologické parametry

		Povrchový odběr	Hloubkové odběry
Sypná hmotnost [kg/m ³]	Volně sypaná	831	1161 až 1332
	Setřesená	1011	1247 až 1385
Zkouška rozpadavosti v autoklávu [%]		0,77	-
Zkouška mrazuvzdornosti kameniva [%]		2,8 až 4,4	-

Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že je teplárenská struska pro využití do betonu jako kamenivo vhodná.

Ekologické parametry

Na základě stanovení nebezpečných látek ve výluhu a zkoušky ekotoxicity je možno říci, že u vzorků strusky nebylo zaznamenáno překročení limitních hodnot u posuzovaných parametrů. Strusku tak lze pokládat za ekologicky vhodnou pro využití při výrobě stavebních hmot.

Ze stanovení obsahu přírodních radionuklidů vyplynulo, že vzorky vykazují hodnotu Indexu hmotnostní aktivity 1,05 až 1,19. Strusku z haldy Oslavany je proto možno na základě zákona 18/1997 Sb. a vyhlášky SÚBJ č. 307/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů, § 96, příloha č. 10, tabulka č. 2 označit jako materiál, který nepřevyšuje směrnou hodnotu pro stavební materiály:

- určené k použití jinému než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi,
- určené výhradně k použití jako surovina pro výrobu stavebních materiálů.

Hmotnostní aktivita ²²⁶Ra přitom nepřevyšuje mezní hodnotu pro stavební materiál používaný pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.

Tímto zjištěním je tedy potvrzen návrh směrů testování strusky pro použití při výrobě betonového zboží, který byl plánován již při přípravě projektu. Jde tedy o ověřování teplárenské strusky ve výrobě:

- ŽB překladů
- ŽB plotových desek a plotových systémů
- jádrového betonu pro dlažební desky

Vstupní testování strusky ve vybraných výrobcích

Betonové tvarovky

V současné době je teplárenská struska přidávána do betonové směsi pro výrobu ztraceného bednění. Toto množství činí max. 30 % z hmotnosti suché směsi. Přítomnost strusky v receptuře byla ověřována v rámci již dříve řešeného projektu. Mnoha technologickými zkouškami bylo potvrzeno, že struska neovlivňuje nežádoucím způsobem výsledné vlastnosti tohoto typu betonového výrobku.

Jedním z cílů tohoto projektu je ověřit možnost rozšíření použití teplárenské strusky i do jiných vibrolisovaných výrobků. Při vstupním testování byly ověřovány dvě receptury betonových tvarovek plotových systémů, které obsahovaly vysokou dávku teplárenské strusky, a to cca 40 a 50 % z hmotnosti suché směsi při současném použití minimální dávky cementu.

U těchto tvarovek byly provedeny zkoušky pevnosti v tlaku a zkouška odolnosti proti působení mrazu a rozmrazování (50 cyklů). Z těchto zkoušek vyplynulo, že dávka 40 % strusky v betonové směsi

s nízkým obsahem cementu by splňovala požadavky pevnosti v tlaku i mrazuvzdornosti kladené na tvarovky ztraceného bednění. Ověřovaná receptura již nebyla vhodná pro betonové výrobky vyšší kvality – mezi které se výrobky pro plotové systémy řadí.

Dávka 50 % strusky v receptuře již byla příliš vysoká. Působením 50 cyklů zmrazování a rozmrazování došlo u tvarovek k významným projevům destrukce.

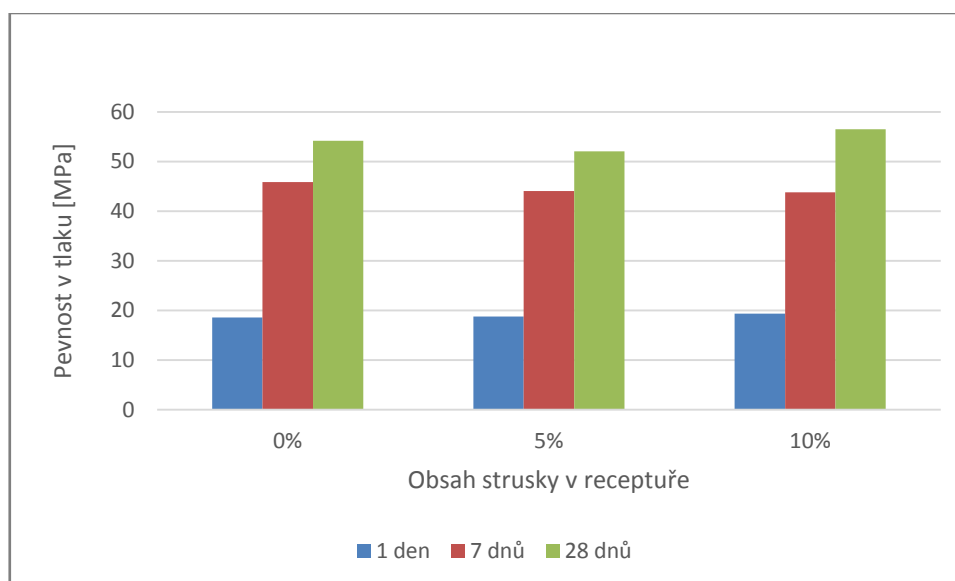
Lité betony

Ověřovány byly dvě zkušební receptury, které obsahovaly teplárenskou strusku v množství cca 5 a 10 % z hmotnosti suché směsi.

Z betonových směsí byla vyrobena zkušební tělesa - zkušební krychle o rozměru 150×150×150mm pro stanovení pevností v tlaku po 1, 7 a po 28 dnech zrání. Dále byla na zkušebních krychlích zjišťována vodotěsnost betonu. Výsledky vstupních zkoušek litých betonů s obsahem teplárenské strusky jsou uvedeny v tabulce č. 3 a na obrázku 4 graficky znázorněn průběh pevností v tlaku.

Tabulka 3: Vybrané fyzikálně-mechanické vlastnosti litých betonů s obsahem strusky

Parametr	Doba zrání [dny]	Standardní receptura	Zkušební receptura 1	Zkušební receptura 2
Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	1	2341	2324	2266
	7	2351	2330	2295
	28	2359	2348	2338
Pevnost v tlaku [MPa]	1	18,6	18,8	19,4
	7	45,9	44,1	43,8
	28	54,2	52,1	56,5
Průsak tlakovou vodou [mm]	28	7	11	14



Obr. 4: Pevnost v tlaku litých betonů s obsahem teplárenské strusky

Betony pro výrobu překladů

Ověřována byla zkušební receptura, která obsahovala teplárenskou strusku v množství cca 10 % z hmotnosti suché směsi.

Na zkušebních tělesech o rozměru 150×150×150mm byla provedena stanovení pevností v tlaku po 1 dni a po 28 dnech zrání. Na hotových překladech byla zkoušena pevnost ve smyku po 28 dnech.

Na zkušebních tělesech o délce 20 cm (získaných odřezáním z překladu) byla následně provedena také zkouška nasákavosti. Výsledky těchto zkoušek jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Vybrané vlastnosti betonů pro výrobu překladů

Parametr	Doba zrání [dny]	Standardní receptura	Zkušební receptura
Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	1	2383	2346
	28	2397	2369
Pevnost v tlaku [MPa]	1	17,0	15,8
	28	59,7	60,6
Pevnost ve smyku [MPa]	28	7,35	7,68
Nasákavost [g.m ⁻² .s ^{-0,5}]	28	25,4	26,7

Závěr

Z úvodních testování teplárenské strusky do vybraných receptur výrobního sortimentu závodu Prefa Brno a.s. bylo ověřeno, že využití strusky do těchto typů výrobků je možné. V případě ověřování náhrady části běžně používaného kameniva v receptuře litých betonů bylo zjištěno, že se náhradou 5 a 10 % kameniva teplárenskou struskou vlastnosti čerstvé betonové směsi ani základní hodnotící parametry sledované na vyzrálém betonu nezměnily a odpovídají standardní receptuře. Při ověřování 10% náhrady přírodního kameniva v receptuře betonu pro výrobu překladů bylo také zjištěno, že pevnost po 28 dnech je srovnatelná s pevností standardní receptury. Pevnost ve smyku je dokonce nepatrně vyšší. Přídavkem strusky do betonu je způsobeno zvyšování nasákavosti, což se projevilo i u receptury betonu pro výrobu překladu.

Pro stanovení optimálních dávek strusky do jednotlivých receptur vybraného betonového zboží bude třeba provést řadu zkoušek, zejména dlouhodobá testování se zaměřením na trvanlivost.

O postupu prací a průběžných výsledcích tohoto projektu vás budeme dále informovat.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory MPO v rámci řešení projektu TRIO – FV 10304 Využití teplárenské strusky při výrobě betonového zboží.