

# Energetické vyhodnocení realizace a recyklace kontaktního zateplení z EPS

Ing. Petr JAROŠ, DECOEN

Otázka spotřeby energie je v dnešní době velmi diskutovaná. Jedním z hlavních ukazatelů, vypovídajících o kvalitě objektu, je jeho provozní energetická náročnost. Velký podíl na spotřebě energie má obvodový plášť. Zateplením pláště budovy energie spotřebovaná při provozu objektu se nepochybně sníží. Jak je to s energetickou náročností výroby a aplikací tepelné izolačního systému? Je technologicky možná a z energetického hlediska účelná recyklace těchto vrstvených konstrukcí? Vyplatí se z energetického hlediska recyklace? Z důvodu hledání odpovědi na tyto otázky byl sestaven jeden z experimentů.

Jedním z hlavních pravidel, a to nejen u tepelné izolačních konstrukcí by mělo být, že vložená energie do konstrukce nebude větší než energie, kterou je daná konstrukce schopná za svůj životní cyklus uspořit.

## Spotřeba EPS

V současné době jsou již asi 2/3 panelových objektů zatepleny kontaktním zateplovacím systémem. Tepelně izolační vrstvu tvoří zpravidla buď expandovaný polystyren nebo minerální či skelná vata v dnes již nepřípustných tloušťkách 50–80 mm. Jedná se o konstrukci, která se používá krátkou dobu, proto se jejich vady a nedostatky projevují už v současné době. Životnost konstrukce vnějšího zateplení stěn se odhaduje na 25 let, ale jsou i padesátileté KZS (kontaktní zateplovací systém), přičemž jeho energetická náročnost může být splacena za 1/10 životnosti. Pokud budeme mluvit o objektech s vysokou energetickou náročností, tak tam se jedná až o 1/1000 životnosti.

V České republice je celkem 3,8 milionu bytů, z toho 1,2 milionu, tedy necelou třetinu, tvoří panelové byty. Ze sedmi set tisíc nejstarších byla dosud asi čtvrtina opravena a zateplena. Zateplení stěn ušetří až 40 procent energie.

Pěnový polystyren (EPS) je v České republice stále jedním z nejpoužívanějších izolačních materiálů pro stavební účely. Dokazuje to neustálý růst jeho spotřeby v několika posledních letech.

Jeho celková spotřeba v České republice činila 48 400 tun. Ve srovnání s předchozím rokem, kdy byla tato spotřeba 40 000 tun, jde tedy o zvýšení o 21 %. Jedná se o jeden z nejvyšších meziročních nárůstů spotřeby v Evropě, kdy evropským průměrem je nárůst pouze o 10 %. Vyšší růst byl zaznamenán pouze v Bosně, kde však je daleko nižší výchozí základna, takže i při malém absolutním navýšení spotřeby došlo k velkému procentuálnímu nárůstu. Podobná situace jako v ČR je i na Slovensku, kde spotřeba polystyrenu vzrostla oproti loňskému roku o 12 % z 20 000 tun na 22 400 tun. Celková spotřeba polystyrenu v Evropě se pohybuje okolo 1 430 000 tun.

Zhruba 80 % z celkového objemu spotřeby EPS je určeno pro stavebnictví, zbytek je zpracován na obaly. Zhruba 70 % polystyrenu spotřebovaného ve stavebnictví jsou polystyrenové desky. Zbývajících 10 % připadá na tvarovky. [3]

## Vnější kontaktní zateplení

Vnější kontaktní zateplení je v současnosti nejpoužívanější způsob zateplení nejen objektů panelových, ale i zděných. V české literatuře se setkáváme s označením KZS. V literatuře zahraniční je používáno označení ETICS (external thermal insulation compact system). Vnější kontaktní zateplovací systém je tvořen souvrstvím, ve kterém je dominantní vrstvou tepelná izolace. Tepelně izolační vrstvu tvoří zpravidla

minerální či skelná vata, nebo polystyren (EPS). Každý materiál má své charakteristiky a specifika. [2,6,5]

Tabulka 1 – Porovnání vlastností polystyrenu a minerální vlny, tl. 100 mm

	Polystyren	Minerální vlna (podélná vlákna)
Difúzní odpor	40	1–3
Součinitel tepelné vodivosti	0,038–0,042 W/mK	0,035–0,042 W/mK
Objemová hmotnost	20 kg/m <sup>3</sup>	105 kg/m <sup>3</sup>
Hořlavost	C1	A1 (nehořlavý)

Materiálové charakteristiky, které jsou uvedené v tabulce, jsou vlastnosti v nezabudovaném stavu. Tyto vlastnosti se v souladu s kvalitou zabudování a optimálním fyzikálním návrhem zabudování radikálně mění, což je nutné při jejich funkci i následně sanaci nutně zohlednit!

## Energetická náročnost výroby a realizace

Energetická náročnost výroby je hodnota, která udává primární energii daného stavebního materiálu. Primární energii je velmi obtížné vypočítat či změřit z důvodů mnoha vlivných činitelů, jako je např. nestejnorodost vstupních materiálů do výroby, různorodost a v čase se měnící příkon zdrojů energií.

Energetická náročnost provádění zahrnuje u KZS dopravu materiálu na stavbu, lidskou práci, vnitrostaveništní dopravu, energii vynaloženou na projektování a na realizaci.

Proto uvádím příklad, kde je vypočtena energie na výrobu a provedení vnějšího kontaktního zateplení. Modelový objekt je umístěn v Praze. Tloušťka tepelné izolace je zvolena v souladu s nejčastější realitou 60 mm a z důvodu porovnání mezi výrobou a realizací nového a recyklovaného KZS. Hodnoty primární energie stavebních materiálů jsou převzaty z publikace Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten [4].

## Konstrukce má složení:

1 – vyrovnávací vrstva (lepící tmel)	3 mm
2 – tepelná izolace (EPS)	60 mm
3 – výztužná vrstva (lepící tmel + výztužná tkanina)	6 mm
4 – povrchová úprava (tenkovrstvá omítka)	1,5 mm

Tabulka 2 – Spotřeba materiálu a primární energie

Název vrstvy	Vyrovnávací vrstva	Tepelná izolace EPS	Výztužná vrstva (lepídlo)	Textilní tkanina	Vnější tenkovrstvá silikátová omítka
Tloušťka vrstvy (mm)	3	60	6	–	1,5
Objemová hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )	–	18	–	–	–
Spotřeba (kg/m <sup>2</sup> )	7	–	5	0,145	2,5
Primární energie (MJ/kg)	1,5	90,7	1,5	114,2	1,4
Primární energie (MJ/m <sup>2</sup> )	10,5	97,95	7,5	16,6	3,5

**Graf 1 – Procentuální vyjádření primární energie na 1 m<sup>2</sup> kontaktního zateplení (60 mm EPS)**

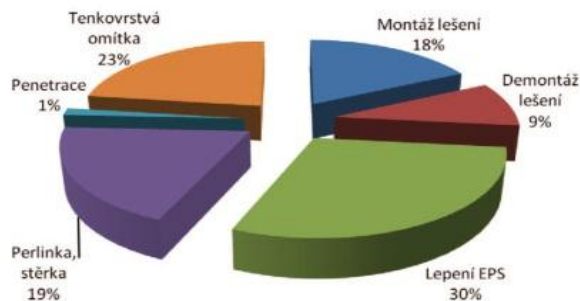


Pro výpočet energie potřebné na zhotovení konstrukce je uvažován objekt s výškou KZS 10 m a ploše zateplované stěny 200 m<sup>2</sup>. Výpočet energie vychází z normohodin uvedených v software RTS Stavitel 2009. Do výpočtu není zahrnuta doprava, protože výrobních podniků je celá řada a samozřejmě i místo stavby se mění.

**Tabulka 3 – Spotřeba energie na provedení**

Pracovní úkon	Normohodina (hod/m <sup>2</sup> )	Energetická kategorie	Spotřeba energie (KJ/hod)	Celková spotřeba energie na 1 m <sup>2</sup> (KJ)
Montáž lešení	0,210	5	1000	210
Demontáž lešení	0,106	5	1000	106
Lepení EPS	0,350	5	1000	350
Perlinka, stěrka	0,230	5	1000	230
Penetrace	0,042	3	400	16,8
Tenkovrstvá omítka	0,270	5	1000	270

**Graf 2 – Procentuální vyjádření potřeby energie na zhotovení 1 m<sup>2</sup> kontaktního zateplení (60 mm EPS)**



### Energetická náročnost recyklace

Recyklace kontaktního tepelné izolačního souvrství jako celku je velmi obtížná. Recyklace separací jednotlivých vrstev od sebe a jejich opětovné využití byla vyzkoušena a byla cílem navrženého experimentu. U konstrukce KZS je hlavní tepelné izolační vrstva. Ostatní vrstvy jsou na tento způsob recyklace příliš tenké. Z tohoto důvodu byl navržen a realizován projekt, který se zaměřil na separaci jednotlivých vrstev. Experiment byl proveden v rámci interního grantu ČVUT (CTU0800311) a byl realizován v laboratořích fakulty stavební ČVUT na 6 vzorcích.

Hlavním cílem projektu bylo zjistit energetickou náročnost separace tepelné izolace z EPS z vnějšího kontaktního zateplovacího systému. Projekt byl rozdělen na dvě fáze. V první fázi byla provedena vlastní separace souvrství a v druhé fázi bylo vyhodnocení recyklačního procesu z hlediska využitelnosti v praxi a z energetického hlediska. Žádný podobný projekt (zkouška) se zaměřením na energii separace jsem v tuzemsku ani zahraničí nenašel.

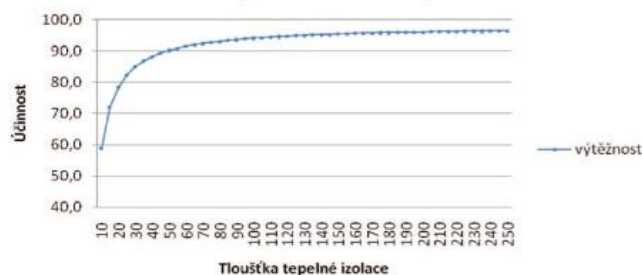
Konstrukce (vzorky), na kterých byl experiment proveden, měly dva druhy složení. Byla rozdílná tloušťka výztužné vrstvy. Nosnou konstrukci tvořila vláknocementová deska o tloušťce 8 mm. Na ní byl přilepen tepelný izolant z expandovaného polystyrenu, tloušťky 60 mm, lepícím tmelem o tloušťce 3 mm. Lepící tmel byl nanášen v 60 % lepené plochy. Na vrstvu tepelné izolace byl nanášen tmel s výztužnou tkaninou tvořící základní vrstvu. Povrchovou úpravu tvořila tenkovrstvá silikátová omítka zrnitosti 1,5 mm. Konstrukce byla bez kotvících prvků.

V průběhu experimentu docházelo ke dvěma problémům. První problém byl s množstvím zplodin, které vznikaly v důsledku tavení tepelné izolační vrstvy. Z tohoto důvodu je možné provádět separaci buď v exteriéru, anebo v místnostech s dostatečnou výměnou vzduchu. Druhým problémem byl řezací nůž na pájce. Tento prvek je silný 0,5 mm a po zahřátí na potřebnou teplotu se začal deformovat vlivem velkých teplotních rozdílů. To mělo zásadní vliv na kvalitu separace. Tato deformace dosahovala až 4 mm na 200 mm noži. Proto má výsledný separovaný prvek velké povrchové nerovnosti. Kromě již zmíněných vlivů je nutné zohlednit i vliv lidského faktoru. Pro samotný proces separování je velmi důležitá plynulost řezu, což je ovlivněno mnoha faktory, jako např. výkon řezačky, kvalita řezacího nože, obsluhou řezacího zařízení.

Výsledný vyseparovaný prvek měl relativně velké rozměrové odchylky. Nerovnost řezu byla cca 4 mm, což u testovaného vzorku o tloušťce 60 mm znamenalo výsledný rozměr 56 mm±4 mm. Výsledná výtěžnost se tedy pohybovala kolem 91,5%. Tato výtěžnost se mění v závislosti na tloušťce tepelné izolační vrstvy. To znamená, že s narůstající tloušťkou separované vrstvy narůstá výtěžnost a účinnost této recyklační metody. Rychlost separačního procesu byla 65mm/s při šířce řezu 200 mm.

**Graf 3 – Výtěžnost**

### Vliv tloušťky tepelné izolace na výtěžnost separační metody



Pozn. Graf vychází z experimentu, který byl proveden na zkušebních vzorcích s tepelnou izolací o tloušťce 60 mm. Předpokladem u ostatních tlouštěk tepelné izolace je shodný úbytek materiálu vlivem tavení.

Vyhodnocení z energetického hlediska je zcela jednoznačné. Pro testovanou skladbu s 60 mm tepelné izolace z EPS: energie na separaci 1 m<sup>2</sup> ..... 40,6kJ energie na výrobu 1 m<sup>2</sup> ..... 19 591kJ

Pro objektivní posouzení energetické náročnosti je vhodné použít rovnici hospodárnosti energetické náročnosti ve stavebnictví. [3]

$$\text{Tato podmínka zní: } \Sigma EN_{\text{ROZR}} = \Sigma EN_{\text{DOPR}} + \Sigma EN_{\text{ZPRAC}} \leq \Sigma EN_{\text{NAVR}}$$

kde  $EN_{\text{ROZR}}$  energie nutná pro rozrušení stavby či konstrukce  
 $EN_{\text{DOPR}}$  energie na dopravu a úklid  
 $EN_{\text{ZPRAC}}$  energie na zpracování  
 $EN_{\text{NAVR}}$  energie získaná návratem do materiálového cyklu

Pro energetické vyhodnocení navrhované separační metody vypadá rovnice hospodárnosti takto:

$$\Sigma EN_{\text{ROZR}} = \Sigma EN_{\text{DOPR}} + \Sigma EN_{\text{ZPRAC}} \leq \Sigma EN_{\text{NAVR}}$$

$$35\text{kJ} + 5,6\text{ kJ} \leq 19\ 591\text{ kJ}$$

$$40,6\text{ kJ} \leq 19\ 591\text{ kJ}$$

kde  $EN_{\text{DOPR}}$  energie na dopravu a úklid tvoří obsluha řezačky, která po recyklačním procesu uklidí  
 $EN_{\text{ZPRAC}}$  energie spotřebovaná tavnou řezačkou na odpájení konstrukcí z interiérové i exteriérové strany tepelné izolační vrstvy  
 $EN_{\text{NAVR}}$  energie získaná návratem do materiálového cyklu je rovna primární energii, kterou je nutné dodat pro výrobu stavebního prvku o stejném objemovém množství

Z těchto závěrů vyplývá, že energie nutná pro vznik recyklátu o stejném objemu je 480krát menší než energie potřebná pro vznik nového stavebního prvku.



Obr. 1 – Separace výztužné vrstvy

## Technologie

Z výše uvedených zjištění jednoznačně vyplývá, že ověřovaná navrhovaná metoda nemůže být bez dílčích úprav používána v praxi. Problém je v rychlosti separace a množství stavebních konstrukcí, které na recyklaci čekají. V budoucnu by částečným řešením mohlo být zlepšení přístrojové základny (např. délka řezacího nože minimálně 500 mm – urychlení a zvětšení kapacity).

## Energie

V případě hodnocení z energetického hlediska je tato metoda velmi úsporná. Účinnost této metody je téměř rovna výtěžnosti. Spotřeba energie na separaci 1m<sup>2</sup> je 40,6 kJ (energie spotřebovaná na odpájení z obou stran izolantu). Na výrobu nového tepelné izolačního prvku o rozměrech shodných se separovaným prvkem je potřeba 19 591 kJ. Z toho vyplývá, že z energetického hlediska má tento způsob recyklace do budoucna veliké možnosti a dá se říci, že je nesrovnatelně šetrnější k životnímu prostředí na rozdíl od současného skládkování.

Tento experiment ověřil, že recyklace stávajících tepelné izolačních souvrství separační metodou je technologicky ve velkých objemech velmi obtížná, přestože energeticky je velmi výhodná.

## Závěr

Energeticky nejnáročnější část realizace nového vnějšího kontaktního tepelné izolačního souvrství je výroba stavebního materiálu. Energie na dopravu a montáž je rovna přibližně 5%, ale zbývajících 95% z celkové realizace KZS připadá na výrobu stavebního materiálu. Proto je důležité soustředit se na recyklaci KZS.

Z energetického hlediska se jeví „recyklace KZS“ jako velmi úsporná. Z hlediska technologického je tato možnost v dnešní době prozatím nereálná, protože separace tepelné izolační vrstvy je v praxi ve velkém objemu nereálná. Je to způsobeno více vlivy, nejen nedostatečnou přístrojovou základnou, ale i vlivem detailů a kotvicích prvků.

## Literatura

- [1] J. ŠÁLA, M. MACHATKA. Zateplování v praxi, Praha, Grada 2007 p. 32–95
- [2] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov, 2007
- [3] <http://www.sdruzeni-zps.cz/>
- [4] Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkte, SIA Dokumentation D0123, 1995
- [5] <http://www.isover.cz/cz/index.aspx>
- [6] <http://www.rockwool.cz/>

# DECOEN

design consulting energy

Tel: 724 638 998  
 Email: [info@decoen.cz](mailto:info@decoen.cz)  
 Web: [www.decoen.cz](http://www.decoen.cz)

- Ověřování a konzultace otvorových výplní
- Průkazy energetické náročnosti budov
- Tepelně-technické posudky
- Technický dozor investora
- Energetické audity

