



Využitie odpadov s dôrazom na ETICS

1. ÚVOD

Jedným z veľkých svetových problémov je dekarbonizácia ekonomiky a znižovanie exhalácií CO₂. Globálne úsilie o neprekročení priemernej teploty o viac ako 20°C proti hodnote pred priemyselnou revolúciou sa premietlo v EÚ do známeho balíka EÚ 20-20-20 schváleného 6.4.2009

Aj keď je Kjótsky protokol z roku 1997, ktorého platnosť vyprší v roku 2020, pre signatárov záväzný, pokrýva len 15% celosvetových emisií skleníkových plynov, pretože USA nikdy neratifikovali dohodu a dohoda nezahŕňala Čínu a Indiu, v súčasnosti najväčšieho a tretieho najväčšieho znečisťovateľa ovzdušia - obr.č.1.



Obr.č.1 - Podiel emisií skleníkových plynov v roku 1990 a 2014 vo vybraných štátoch a regiónoch. Zdroj: EUMEPS

EÚ má svetovo najviac ambiciózne a právne záväzné ciele týkajúce sa zmeny klímy. Pri raste ekonomiky v období 1990 - 2014 o 46% došlo k poklesu emisií skleníkových plynov o 23%. Do roku 2030 sa EÚ zaviazala znížiť emisie skleníkových plynov najmenej o 40%, zvýšiť podiel obnoviteľných zdrojov energie minimálne o 27% a zlepšiť energetickú účinnosť o 27%.

Do roku 2050 má EÚ ambície znížiť emisie skleníkových plynov o 60% oproti roku 2010 a výrazne dekarbonizovať ekonomiku do konca roka 2100.

Budovy majú na "svedomí" 40% priamych a nepriamych emisií - obr.č.2. Vysoké nároky

budov na energie viedli EK a EP v máji 2010 k prijatiu Novelu európskej smernice o energetickej hospodárnosti budov (EPBD II). Táto smernica bola implementovaná do národnej legislatívy. Cieľovým rokom pre nové verejné budovy s energetickou spotrebou blízko nuly je 1.1.2019 a ostatné budovy od 1.1.2021.

Buildings are the biggest energy consumer and CO₂ polluter
2/3 of energy consumption in buildings is used for heating, cooling and ventilation



Note: Energy consumption in agriculture, fishing and "other" makes up 3% of final energy consumption, and is not included in the above figure

Obr.č.2 - Podiel budov, dopravných prostriedkov a priemyslu na spotrebe energií v EÚ.

Nové budovy však tvoria iba 1% z bytového fondu EÚ. Úsilie sa preto musí zamerať aj na rekonštrukcie a zateplenie existujúcich budov. Významným stimulom v SR sú zo ŠFRB - Podpora obnovy bytovej budovy, Dotačný program rodinných domov. Využijú sa aj ďalšie zdroje podpory obnovy ako Stavebné sporiteľne, komerčné banky, MUNSELF, SLOVSEFF. Pre nebytové budovy je v OP KŽP na roky 2014 až 2020 pripravených > 900 miliónov €. Základom pre splnenie cieľov v EÚ by mala byť európska energetická únia, predstavená začiatkom roku 2015. Správu o stave plnenia v SR a výhľade na rok 2016 prezentoval v novembri 2015 eurokomisár Šefčovič. Zdôraznil nutnosť prechodu k nízkoenergetickej ekonomike, sociálnu spravodlivosť a dôraz na rolu spotrebiteľov, energetickú bezpečnosť a hlavne zvyšovanie energetickej hospodárnosti. Počíta sa s novými cieľmi pre znižovanie emisií v budovách, konkrétne sa budú novelizovať smernice o energetickej hospodárnosti budov (EPBD) a o energetickej efektívnosti (EED).



Zatiaľ čo v oblasti znižovania emisií CO₂ a podielu obnoviteľných zdrojov v energetike SR ciele do roku 2020 splní a presiahne, aj v úsporách energií podľa údajov MŽP, Slovensko v tomto období naplnilo indikatívne ciele na 81 %. Až 60 % úspor bolo dosiahnutých izoláciou budov, 16 % úspor dosiahol priemysel a za 10% majú zásluhu energeticky úsporné spotrebiče. Národná rada SR navyše nedávno prijala aj nový zákon o energetickej efektívnosti, ktorý by mal prispieť k ešte väčšiemu zvýšeniu úspor. V EÚ je 75% budov energeticky neefektívnych. Dobrovoľné záväzky k znižovaniu emisií skleníkových plynov na obdobie po skončení Kjótskeho protokolu, pripravilo pre decembrový parížsky summit 173 štátov. Týkajú sa 86% svetových emisií. Vlastného konania v Paríži sa zúčastnilo 150 hláv štátov a vlád a ďalších 50 tis. expertov. Rokovania podporilo mnoho inštitúcií.

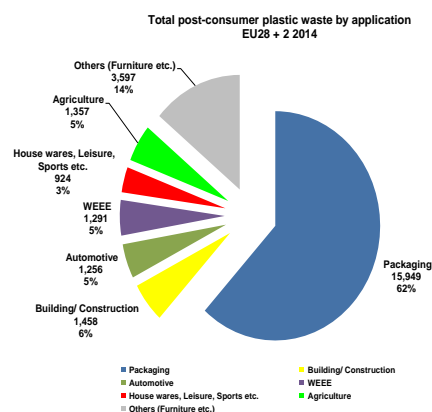
Možno akceptovať rad pripomienok k dohode z Paríža, ako nezáväznosť vymáhateľnosti, financovanie a pod., Teraz je však na rade urýchlená ratifikácia a plnenie záväzkov na národnej úrovni. Pred vstupom do platnosti je potrebné, aby bola dohoda schválená aspoň v 55 krajinách, ktoré sa podieľajú najmenej 55% na svetových emisiách skleníkových plynov.

2. PLASTY V STAVEBNÍCTVE

Trvalo udržateľný rozvoj priemyselných odvetví a stavebníctva sa stáva prioritným záujmom firiem. V niektorých publikáciách je považované riešenie udržateľnosti za ďalšiu priemyselnú revolúciu. Najväčšou výzvou a aktuálnym trendom je potom jej aplikácia už pri samotnom vývoji a výrobe stavebných materiálov. Nejde pritom len o energetickú efektívnosť výsledného materiálu, ale o čo najmenšiu ekologickú stopu pri jeho výrobe,

spracovaní, aplikácii a v celom jeho životnom cykle. Myslí sa tým aj využitie odpadov.

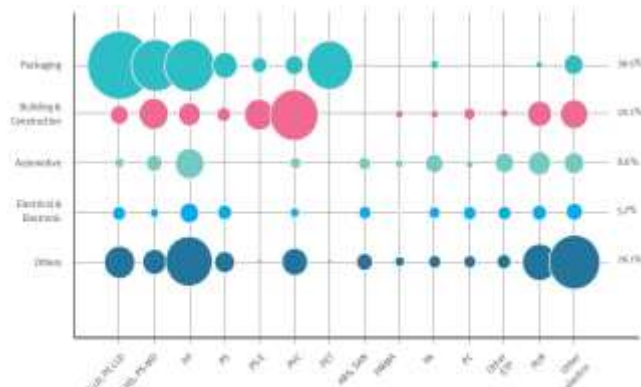
Stavebníctvo spotrebováva jednu pätinu celkovej produkcie plastov - v Európe to predstavuje 11 mil.ton. Je sektorom s druhou najvyššou spotrebou plastov po obaloch. S ohľadom na dlhoročnú životnosť plastov v stavebných aplikáciách (až 100 rokov) je súčasný výskyt odpadových plastov nižší ako je ich podiel na aplikáciách - činí len 6% - 1,4 mil.ton, pozri obr.č.3.



Obr.č.3 - Výskyt post-užívateľských odpadových plastov v 29 krajinách Európy podľa aplikácií - vyjadrené v tisícach ton a percentách v roku 2014. Zdroj Plastics Europe.

3. EPS – SUROVÍNA A PENOVÝ VÝROBOK

Expandovaný (penový) polystyrén EPS, patrí na tretie miesto medzi používanými plastami v európskom stavebníctve (za PVC a PE) - obr.č.4.

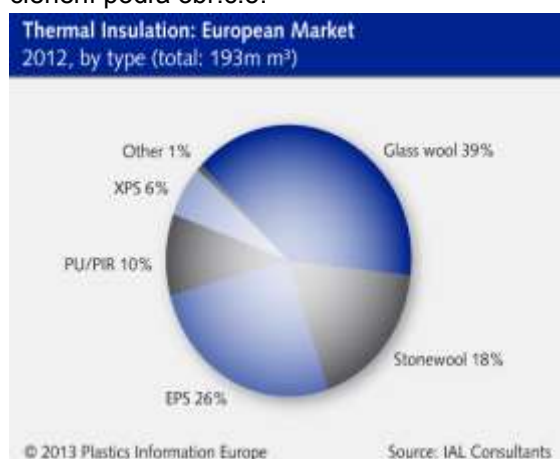


Obr.č.4 - Spotreba plastov v EÚ + NO/CH v roku 2014 v množstve 47,8 mil.ton v členení podľa aplikácií a typov. Zdroj Plastics Europe



Svetová spotreba izolačných materiálov sa má podľa agentúry Research and Market zvyšovať v období 2013 - 2018 o 8,2% ročne. Prieskum sa týkal: kamennej a sklenenej vlny, plastových izolácií a ostatných izolantov, ako je ovčia vlna, celulóza, korok a slama.

V Európe sa má podľa IAL Consultants zvýšiť spotreba termálnych izolácií zo 193 mil m³ v roku 2012 na 213 mil.ton m³ v roku 2017 v členení podľa obr.č.5.



Obr.č.5 - Podiel tepelných izolantov v Európe v roku 2012.

Do skupiny „penových“ polystyrénov sa radia tzv. XPS dosky, ktorých história výroby spadá do roku 1941, kedy v americkej firme Dow bol vytlačaním vyrobený prvý ľahčený PS. Ich pôvodné uplatnenie bolo ako súčasť záchranných viest amerických námorníkov. Od 50-tych rokov minulého storočia sa uplatňujú ako izolácia v stavebníctve. V roku 1949 bol v nemeckej firme BASF vynájdenný spôsob výroby speňovateľných (expandovateľných) polystyrénových guľôčok (EPS) suspenznou polymerizáciou. Tento výrobok našiel uplatnenie v obalovom priemysle a v stavebníctve ako izolačný materiál. Do kategórie *penových* polystyrénových výrobkov od 70-tych rokov minulého storočia patria aj vyfukované penové polystyrénové fólie s hrúbkou 1 – 5 mm, ktoré po vytlačení a vytvarovaní slúžia ako podnosy pod ovocie, zeleninu, vajcia, ale aj ako obaly pre teplé

potraviny v reštauráciách rýchleho občerstvenia.

Uplatnenie EPS má výraznú dynamiku, keď v roku 1960 sa vo svete aplikovalo 35 tis.ton EPS, v súčasnosti sa jedná o viac ako 6 mil.ton, do roku 2020 je predpoklad 11 mil.ton. Do roku 2050 sa očakáva svetová spotreba EPS vo výške 13 - 15 mil.ton.

K súčasnej európskej spotrebe EPS, necelých 2 mil.ton, je na účely riadenia odpadov nutné pripočítať 400 tis.ton XPS dosiek a cca 100 tis.ton penových polystyrénových fólií, používaných ako podnosy pre potraviny. Pri nízkej objemovej hmotnosti sa jedná o peknú horu odpadov.

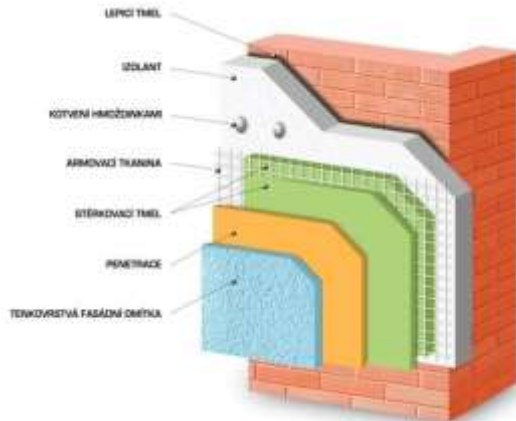
Hlavným aplikačným segmentom pre EPS sú izolácie v stavebníctve, kde sa uplatňuje dlhodobá izolačná schopnosť - viac ako 50 rokov - obr.č.6. Na týchto aplikáciách sa podieľa spotreba EPS 50% v Ázii, ale zo 78% v Európe a v SR približne 70 %. Zvyšná časť EPS sa uplatňuje v obaloch pre citlivé elektronické tovary, ale aj potraviny, najmä ako prepravky pre čerstvé ryby. Obalový aplikačný segment nevyžaduje dlhodobú životnosť EPS ani retardáciu proti horeniu.



Obr.č.6 - Piktogram možnosti aplikácií EPS v budovách.



Aj keď sa EPS izolácia v budovách uplatňuje v rôznych aplikáciách, väčšinu spotreby tvoria aplikácie vonkajšieho tepelnoizolačného kontaktného systému ETICS - obr.č.7.



Obr.č.7 - Schematické znázornenie systému ETICS. Zdroj: Sdružení EPS ČR.

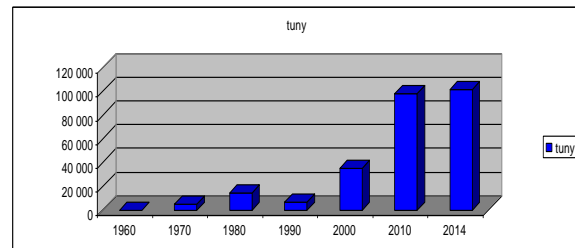
Izolácie z EPS sa podieľajú na aplikáciách ETICS 79% v EÚ, v strednej Európe 83%. Týmto systémom už bola v Európe izolovaná plocha budov väčšia ako 2 miliardy m² a ročne pribúda 150 mil.m² s tým, že hrúbka izolácie sa zvyšuje až na 300 mm. Izolácie z EPS sa podieľajú na aplikáciách ETICS 79% v EÚ, v strednej Európe 83%. Týmto systémom už bola v Európe izolovaná plocha budov väčšia ako 2 miliardy m² a ročne pribúda 150 mil.m² s tým, že hrúbka izolácie sa zvyšuje až na 300 mm.

V SR sa systémom ETICS zatepluje okolo 7 mil. m² ročne. Prepočet rozsahu zateplovania stanovuje Združenie pre zateplovanie budov cez ročnú spotrebu penového polystyrénu EPS 70 fasádny ktorý sa priamo uplatňuje v systémoch ETICS.

Ide o metodicky stanovený odborný odhad s viacerými premennými údajmi spotreby penového polystyrénu ako spotreba EPS v tonách celkom, odpočet vývozu EPS, rozsah EPS na fasády, odpočet odpadu EPS, priemerná hrúbka EPS v ETICS až po rozsah EPS/F v m² a celkový rozsah zhotovovania ETICS. Pri určitom zaokrúhlení čísiel môžeme hovoriť o rozsahu zhotovovania ETICS na Slovensku v rokoch 2006 - 2010 34,5 mil. m² (údaje z grafu združenia EPS za roky 2001 -

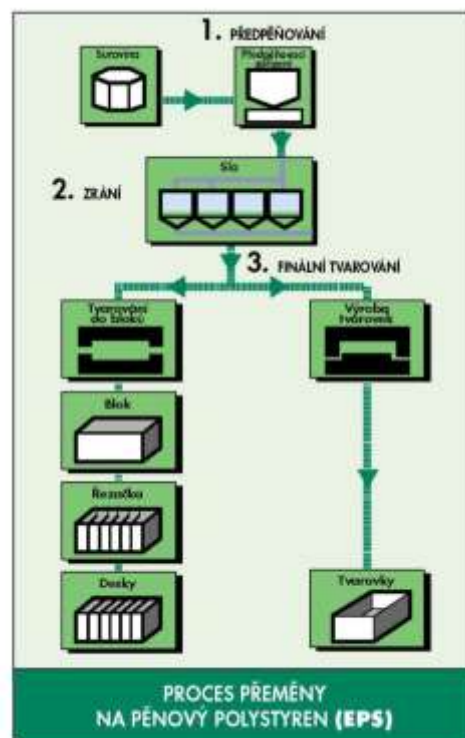
2010) a pri vyjadrení 5 % rozptylu na množstvo premenných údajov môžeme stanoviť rozsah zateplených fasád bytových a nebytových budov na Slovensku v rokoch 2006 - 2010 v rozsahu 33,5 až 35,3 mil. m² ETICS

Jediný výrobca suroviny pre EPS aj XPS v ČR je spoločnosť Synthos (predtým Kaučuk) Kralupy. Od začiatku výroby EPS perličiek v roku 1962 výroba výrazne vzrástla - obr.č.9



Obr.č.8 - Výroba EPS v ČR (1962 - 2014). Zdroj: Sdružení EPS ČR.

Proces spracovania EPS na výrobky je znázornený na obr.č.9. Väčšina výrobcov sú členmi Združenia EPS SR so sídlom v Nitre



Obr.č.9 - Schematické znázornenie výroby EPS výrobkov. Zdroj: Sdružení EPS ČR.



4. EPS A HORĽAVOSŤ

Požiadavky stavebníctva na zníženie horľavosti EPS izolácií viedli k vývoju tzv. samozhášavých typov EPS. Tieto sú dodávané na trh viac ako 50 rokov - prvá izolácia budovy so 4 cm EPS bola realizovaná v roku 1959 v Berlíne. Odolnosť proti horeniu sa posudzuje podľa STN EN 13 501-1. Pre väčšinu aplikácií v budovách je požadovaná trieda reakcie na oheň E. To je možné doceliť prídavkom max. 0,7% retardéru horenia typu hexabromocyklododekán (HBCD). Typy EPS bez retardéru horenia sú charakterizované triedou reakcie horenia F podľa STN EN 13 501-1 a používajú sa prevažne v obalových aplikáciách. HBCD je vyrábaný od roku 1960, európska spotreba presiahla 13 tis.ton, avšak výrazne klesá a výroba sa postupne zatvára.

Už v roku 1966 bol požiadaný švédsky chemický inštitút KEMI o vypracovanie komplexnej správy o rizikách pri výrobe, použití a aplikáciách HBCD. Od tej doby sa diskutujú výsledky, polemizuje sa, ale taktiež sa koná. Dnes je HBCD považovaný za najviac kontrolovanú chemikáliu, ktorá sa používa v priemyselnom rozsahu. V HBCD sú prisudzované perzistentné vlastnosti. Usadzovanie HBCD v sedimentoch pri ústí riek a v moriach spôsobuje, že sa HBCD cez morské živočíchy dostáva do potravinového reťazca.

Približne 90% vyrobeného HBCD sa aplikovalo pri retardácii EPS a XPS, zvyšok na retardáciu textilu. V prípade EPS je retardér viazaný v polymérnej matrici natoľko pevne, že neemituje do ovzdušia a nie je vyluhovaný do vody. Dokladom je skutočnosť, že 90% emisií HBCD pochádza z textilu. Užívatelia HBCD v EÚ prijali pred 10 rokmi dobrovoľný program na kontrolu a znižovanie emisií HBCD. Ide o VECAP - Voluntary Emission Control Action Program, ktorý spolu s programom SECURE napomáha k znižovaniu emisií HBCD do ovzdušia, odpadových a povrchových vôd, pri manipulácii s hotovými výrobkami počas ich

aplikácií a po skončení životnosti. Výsledky ukazujú na postupné znižovanie emisií HBCD v Európe. Ak v roku 2008 dosahovali emisie HBCD v EÚ do pôdy, vody a vzduchu 212 g/ tonu výrobku, potom v roku 2014 to bolo 19 g/tonu.

Počas 50-ročnej aplikácie HBCD bol vykonaný rad meraní nezávislými inštitútmi. Napr. nemecký Fraunhofer Inštitút a Výskumný ústav pre izolácie (FIW) potvrdili, že HBCD nevyprcháva z EPS izolácie a nie je vymývaný vodou. To isté potvrdili merania po skončení životnosti zateplených domov a po dlhoročných aplikáciách blokov EPS - Geofam v cestách pri extrémnych severských podmienkach.

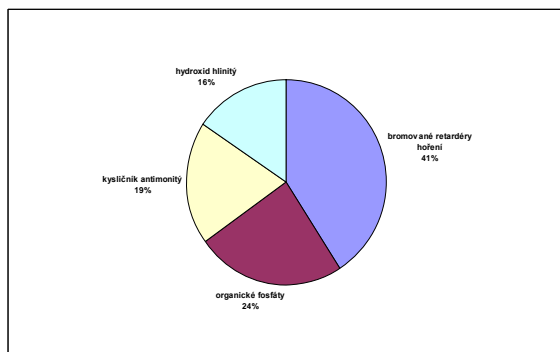
Riziká pre človeka a životné prostredie pri spracovaní a demoláciách EPS neboli zistené. To vyplýva aj zo schválených environmentálnych produktových deklarácií (EPD) podľa ISO 14025 pre sedem typov EPS výrobkov, čím je potvrdené, že EPS izolačné dosky zodpovedajú kritériám pre zdravotne neškodné stavebné výrobky a nie sú teda nebezpečné. V Nemecku sa odpad EPS vyказuje pod číslom 170604 ako nerecyklovateľný.

V októbri 2008 bol HBCD navrhnutý na kandidátnu listinu látok pre prednostnú autorizáciu v rámci európskeho chemického zákona REACH. Následne vo februári 2011 bol zaradený do prílohy XIV podľa REACH s termínom ukončenia autorizácie do 21.8.2015. V máji 2013 na zasadnutí komisie členských štátov Štokholmského dohovoru došlo k zaradeniu HBCD do prílohy I k celosvetovému zoznamu zatiaľ zakázaných 22 POP - perzistentných organických látok. Dôležitou informáciou je, že bolo schválené päťročné prechodné obdobie pre možné používanie HBCD pre retardáciu EPS a XPS v aplikáciách v budovách. Európska komisia rozhodla, že o ratifikácii tohto dohovoru rozhodne za všetkých svojich členov po skončení autorizácie HBCD v rámci REACH. Autorizácia bola ukončená s oneskorením 13. januára 2016 s tým, že pre 10 výrobcov EPS bolo, vzhľadom na



nedostatok náhradného materiálu na trhu, povolené použitie do 21.8.2017. Žiadatelia však musia podávať štvrtročné hlásenia o postupe náhrady HBCD.

Od roku 2003 hľadajú výrobcu EPS suroviny náhradu za HBCD. Patentované a overené riešenie náhrady - produktom Polymeric FR zverejnila americká firma Dow v marci 2011. Jedná sa o brómovaný polymérny produkt, ktorý nie je perzistentný a pri dávkovaní cca 1% spĺňa požiadavky na samohášavosť EPS izolácie. Brómované retardéry horenia dominujú vo svetovej spotrebe - obr.č.10.



Obr.č.10 - Podiel retardérov horenia. Zdroj: Sdružení EPS ČR

Aj keď k nim majú niektorí ekológovia výhrady, silným argumentom je zistenie vedcov z Vanderbilt Univerzity, zverejnenej 5.6.2014 v časopise Cell, že bróm, ktorý je jedným z 92 chemických prvkov prirodzene sa vyskytujúcich vo vesmíre, je 28. prvkom, ktorý je zásadný pre vývoj tkanív u všetkých zvierat, od primitívnych tvorov v mori až po ľudí. "Bez brómu by neexistovali žiadne živočíchy". V roku 2005 sa na svete spotrebovalo 311 tis.ton brómovaných retardérov, podiel HBCD dosiahol 23 tis.ton.

Licenciu na výrobu zakúpili tri firmy, pričom Chemtura už začala produkt zo svojich jednotiek v Arkansase (USA) dodávať na trh. Firmy Albermale a ICL budú nasledovať. Od roku 2012 prebiehajú testy nového produktu ako u výrobcov EPS, tak aj u spracovateľov EPS. V období 2012 - 2017 bude fáza koexistencie na trhu, kedy budú ponúkané na trhu EPS s novým retardérom. Finančne

náročné testy náhrad preukázali, že náhrada pomocou Polymeric FR je efektívna a EPS má porovnateľné vlastnosti ako pri aplikácii HBCD a nie je teda nutné vykonávať jeho nové testovanie.

5. ODPADOVÉ EPS

Celý reťazec, od výroby EPS suroviny po výrobu EPS tvaroviek a izolačných dosiek, sa musí vysporiadať s využitím tzv. priemyselných odpadov. V hierarchii odpadového hospodárstva sa jedná predovšetkým o prevenciu vzniku, prípadne jeho efektívneho využitia znovu použitím, recykláciou alebo energeticky. Výrobcovia polymérneho EPS majú spracované interné predpisy (know-how) na efektívne využitie odpadového EPS v procese výroby. Skúmaním sme zistili, že takto vzniká max. 0,1% hm. znečistených produktov z celkovej výroby, ktoré sa využívajú v spaľovniach priemyselných odpadov. V roku 2013 zahájili výrobcovia polymérov program nulových strát perličiek alebo granúl ako prevenciu proti zamorovaniu riek a morí plastovými produktmi.

Za preventívne opatrenia vzniku odpadov, resp. ich znovu použitia u spracovateľov EPS na penové výrobky je možné považovať využitie odpadových produktov z predpeňovadiel, z vypnenia a rezania blokov po rozdrvení a ich vrátenie do procesu vypeňovania v množstve až do 20%. Pri realizácii ETICS vzniká 4 - 7% odpadov, ktoré sa po vytriedení môžu vrátiť do procesu výroby.

Všetky spotrebiteľské EPS odpady sú technicky ľahko recyklovateľné, ak sú dobre vytriedené. Schematicky sú možnosti využitia odpadových EPS znázornené na obr.č.11.



dohovoru o recyklácii EPS Týka sa využitia drviny na výrobu mált a omietok, odľahčených tehál a betónu, drenážnych zásypov, recyklácie, vrátane získania polystyrénu. Do tejto kategórie patria aj geoaplikácie EPS rozmerných blokov pri stavbe ciest, diaľnic, plávajúcich domov a základov budov v seizmických oblastiach. EPS bloky (geofam s objemovou hmotnosťou 15 - 30 kg/m³), obsahujúce až 50% odpadovej EPS drviny, sa aplikujú v ťažkých terénoch v zemskom telese pozemných komunikácií ako výplňové, vyľahčujúce a spevňujúce základný materiál.

Polovica z 2 miliárd m² ETICS aplikácií je realizovaná v Nemecku. Značnú pozornosť tam venujú separácii EPS z demolácií. Príklady riešenia sú na obr.č.13.



Obr.č.13- Možnosti odstránenia ETICS. Zdroj EUMEPS

U spotrebiteľských EPS odpadov zo stavebníctva bude nutné pri dôslednom vytriedení a pred určením ďalšieho využitia zistiť, či a koľko obsahujú HBCD. Diskusia sa vedie o limitoch 10 - 1000ppm. V súčasnej dobe nie je štandardizovaná metodika pre analýzu HBCD v EPS. Vedci využívajú

niekoľko metód, najčastejšie plynovú a kvapalinovú chromatografiu, hmotnostnú spektrometriu a nukleárnu magnetickú rezonanciu.

Nezávislé obalové laboratórium VŠCHT Praha (doc. J. Dobiáš) má spracovanú a využíva metodiku stanovenia malých množstiev (ppm - ppb) HBCD v odpadových kaloch, materskom mlieku, v interiéroch budov a pod. Využíva metódu plynovej chromatografie, pričom postup je časovo, finančne i odborne náročný a nemá na účely mechanickej recyklácie EPS význam.

Kolektív p. Schlummera z nemeckého Fraunhofer Inštitútu v spolupráci s BASF vyvinuli rýchlu metódu pre identifikáciu HBCD z odpadov s využitím radiálnej fluorescenčnej spektrografie. Môže sa uplatniť formou prenosného prístroja pri demoláciách alebo v zberných miestach EPS odpadov - obr.č.14.



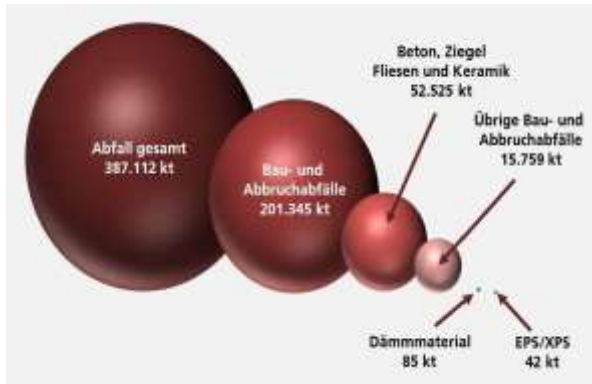
Obr.č.14 - Prenosné prístroje na stanovenie prítomnosti HBCD v EPS izoláciách. Zdroj: IVH. Na príklade z Nemecka možno deklarovať, že v stavebníctve vzniká najväčšie množstvo



IZOLAČNÁ PRAX č.5

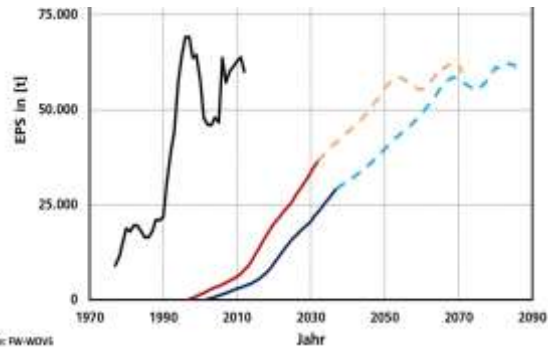


odpadov - obr.č.15. V súčasnej dobe je podiel EPS/XPS v stavebných odpadoch zanedbateľný s ohľadom na ich životnosť a nemennosť ich vlastností min. 50 rokov.



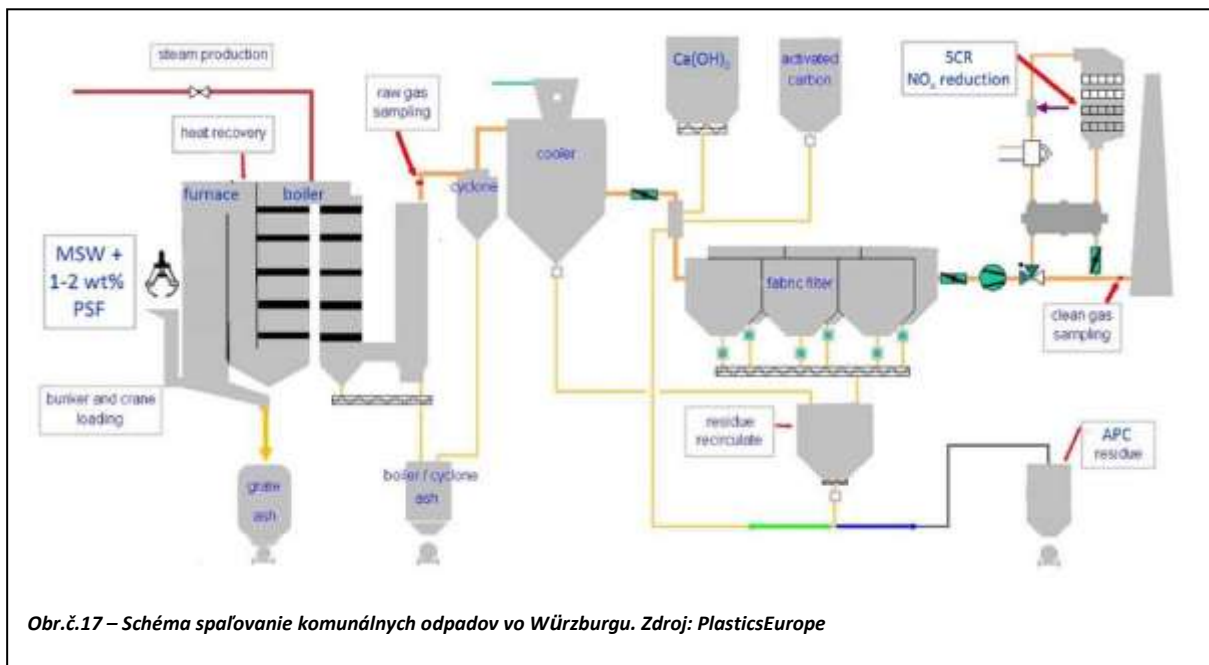
Obr.č.15 - Množstvo odpadov v Nemecku v roku 2012. Zdroj: Fraunhofer IBP.

Problematika využitia EPS izolácií po skončení ich životnosti sa tak "posúva" do ďalších období, a v budúcnosti sa budeme nútení zaoberať priemyselným spôsobom triedenia a využitia týchto odpadov - pozri obr.č.16.



Obr.č.16 - Množstvo zabudovaného EPS (v tonách) v rámci ETICS v rokoch 1976 - 2012 a očakávané množstvo odpadov EPS pri životnosti 40, resp. 50 rokov (zľava) v Nemecku. Zdroj: Fraunhofer IBP.

V Nemecku je skládkovanie plastových odpadov zakázané. Skládkovanie odpadových EPS izolácií s HBCD bude v EÚ-28 zakázané už v roku 2016. Jedinou povolenou možnosťou bude energetické využitie. Spalné teplo EPS je 40 MJ/kg. Pred spaľovaním sa EPS komprimuje na objemovú hmotnosť 700 - 800kg/m³ a následne sa drví. Publikované výsledky zo spaľovania EPS a XPS dosiek s HBCD v zariadení pre spaľovanie komunálneho odpadu vo Würzburgu - obr.č.17 potvrdzujú výskumná merania, že pri spaľovacích teplotách 840 - 900 °C dôjde z viac ako 99,999% k totálnemu rozkladu HBCD.



Obr.č.17 - Schéma spaľovanie komunálnych odpadov vo Würzburgu. Zdroj: PlasticsEurope



Pri spaľovaní nevznikajú nebezpečné splodiny ako sú furany alebo toxíny. Spaľovaním komunálneho odpadu s EPS sa nezvyšujú koncentrácie kovov, halogenidov a síry – tabuľka 1.

Tabuľka 1. - Koncentrácie kovov, halogenidov a síry (mg/kg)

	Cu	Mn	Ni	Sr	Ti	Zn	Br	Cl	F	S
EPS	12	8	5	3	10	100	4100	460	< 50	50
XPS (1)	11	5	4	2	7	79	7400	250	< 50	< 50
XPS (2)	14	11	14	18	46	21	15300	< 50	< 50	320
Odpady – priemer	200 - 1000	200 - 500	20 - 130	100- 150	1000- 2000	600- 2000	20 - 150	5000- 8000	100- 150	1000- 3000

Zaujímavou možnosťou riešenie odpadov EPS je chemická recyklácia. Poloprevádzkové zariadenie procesu CreaSolv, vyvinuté nemeckým Fraunhofer Inštitútom, využíva rozpúšťanie polystyrénu so separáciou HBCD a ich následné využitie (v prípade HBCD rozkladom na bróm). Na priemyselné využitie tohto procesu bola založená nezisková nadácia "Polystyrene Loop" v holandskom Terneuzene. Členmi sú Synbra (NL), Sunpor (AT), EUMEPS (Belgicko) a ICL (NL). Cieľom je sprevádzkovať proces Solvolýzy - rozpúšťaním odpadových EPS s kapacitou 1-3 tis.ton a jeho spätné využitie na samostatnom zariadení na výrobu EPS. Zároveň separovať HBCD a na samostatnom zariadení z neho izolovať bróm na výrobu retardéra Polymeric FR. Zariadenia by mali byť uvedené do prevádzky v roku 2018.

Do kategórie snov pre využitie EPS odpadov možno zaradiť výsledky vedcov z 2. polovice 2015. Kolektív 9 vedcov rozdelený do troch tímov, prvý tím na čele s p.Yu z pekínskej univerzity, druhý tím v čele s p. Jiao z univerzity v Shenzhen (Čína) a tretí tím v čele sp. Wei zo Standfordskej univerzity Kalifornii,v

odbornom časopise Environmental Science & Technology 21.9.2015 publikoval dve state o je odbúrateľný pomocou mikroorganizmov. Neúspešne sa testovalo mnoho pôdných bezstavovcov, ako dážďovky, stonožky, slimáky s ohľadom na možnosť požírať polystyrén. Niektorý hmyz bol schopný žuť a jesť fólie z PVC, PE a PP. Mnoho informácií sa však nezískalo.

Výsledky pokusov s larvami potemníka múčneho alebo Tenebrio molitor Linnaeus sú nádejnejšie aj preto, že sa jedná o larvy s dĺžkou 25 mm. Tento škodlivý chrobák má štyri štádiá života: vajíčka, larva, kukla a chrobák. Larvy bývajú bežne k dispozícii v obchodoch špecializovaných pre zvieratá a ich životnosť je okolo 30 dní. Vedecké tímy robili pokusy pri 4, 8, 12 a 16 - dňovom pôsobení lariev na dosky z EPS - obr.č.18. Už po 4 dňoch došlo k premene použitého EPS na CO₂ z 20,7%, po 16 dňoch už z 47,7% a vylúčený zvyšok tvoril biomasu vo forme lipidov. Táto "strava" nespôsobovala larvám skrátenie života. Za jeden deň je schopné 100 červov zjesť 34 - 39 miligramov EPS.



Obr.č.18 - Larvy potemníka múčneho pri "konzumácii" expandovaného (penového) polystyrénu (EPS). Zdroj: Environmental Science & Technology.

Skúmané a izolované boli účinné črevné baktérie lariev chrobáka potemníka múčneho typu *Exiguobacterium* sp. strain YT2, ktoré aj samostatne spôsobujú biodegradáciu a mineralizáciu polystyrénu. Proces je však pomalší ako pôsobením lariev.

Po zverejnení týchto šokujúcich vedeckých pokusov sa v tlači objavil rad nadšených článkov o možnostiach znižovania odpadových EPS plastov. K priemyselnému využitiu je však cesta ďaleká.

6. ZÁVER

Spotreba EPS izolácií sa aj naďalej bude dynamicky rozvíjať, pretože aplikácie v budovách prispievajú k znižovaniu emisií CO₂.

K procesu využitia odpadových EPS je nutné využiť princípy obehovej ekonomiky s dôrazom na zamedzenie skládkovania objemného, kaloricky hodnotného materiálu. Stavebníctvo vyžaduje a aj v budúcnosti bude vyžadovať EPS s retardérom horenia. Náhrada HBCD, ktorý je zaradený medzi perzistentné látky, novými produktmi umožní recykláciu EPS na granulát kryštalického polystyrénu. Staršie aplikácie EPS po identifikácii bude nutné, najmä z demolovaných budov, iba spaľovať v existujúcich spaľovniach komunálnych odpadov. O využití procesov chemickej recyklácie EPS s retardérom horenia sa rozhodne po vyhodnotení demonštratívnych procesov. Úplnou hubbou budúcnosti je použitie živočíchov a mikroorganizmov pri likvidácii odpadového EPS.



Súvisiaca literatúra:

- Šilarová, Š., Recyklácia systémov ETICS, Izolačná prax č.8, Sdružení EPS ČR, 12/2007
- Vörös, F., Zateplovanie budov stále na vzostupe, TOB, 2012, č.1, str.11
- Vörös, F., Izolácia budov v konferenčnom zrkadle, časť VII: Klima, TOB, 2015, č.1, str ...
- Vörös, F., Udržateľnosť budov si nemožno predstaviť bez aplikácií plastov a zhodnocovania odpadov, TOB, 2014, č.4, str.34
- Vörös, F., Odpadový penový polystyrén www.tzb-info.cz, 8.12.2015
- VECAP reports show significant reduction of brominated flame retardants emissions in Europe, www.adsalecprj.com/publicity/MarketNews/lang-eng/article,, 11.5.2015
- Vörös, F., Znižovanie horľavosti EPS izolácií, Izolačná praxe č.12, Sdružení EPS ČR, 2015
- Lukas, CH. a kol. : New class of brominated polymeric flame retardants for use in PS foams, konf. Interflam 2013, 24.-26.6.2013, Egham, VB
- BASF: Submission of information on alternatives - žiadosť na ECHA na používanie retardéra horenia Polymeric FR pre EPS a XPS, 4.7.2014
- Vörös, F., Retardéry horenia bránia recyklácii EPS, Odpady, 2015, č. 7-8, str.19
- Nie, Z. a kol. : Environmental risk of HBCD from construction and demolition waste: a contemporary and future issue, Environ Sci Pollut Res, 2015, October 2015
- Smoluch, M. a kol., Determination of HBCD by flowing atmospheric pressure Afterglow mass spectrometry, TALANT 2014, č.128, str. 58 (www.elsevier.com/locate/talante)
- Schlummer, M., Rapid identification of PS foam Wastes containing HBCD or its alternative PolyFR by X-ray fluorescence spectroscopy (XRF), 5.5.2015, www.ivh.fraunhofer.de/content/dam/ivh/de/documents
- Mark, F.E. a kol. : Destruction of the flame retardant HBCD in full - scale municipal solid waste incinerator, Waste Management & Research, 2015, č.33, str.165, www.segapub.com,
- Albrecht, W., Schwitalla, Ch., Rückbau, Recycling und Verwertung von WDVS, Fraunhofer - Institut für Bauphysik IBF, www.heizkosten-einsparen.de, 2014
- Vörös, F., Pomôžte nám červy pri riešení EPS odpadov, Odpady, 2016 (odovzdaný na publikáciu)

Spracoval: Ing. František Vörös, január 2016