

ACTA HYGIENICA
 EPIDEMIOLOGICA
 ET MICROBIOLOGICA
 1/2025



**Metoda hodnocení stavebních výrobků na bázi
cementu či vápna se zabudovanými vedlejšími
energetickými produkty z hlediska vlivů na zdraví
a životní prostředí**

Magdalena Zimová
Eva Čurdová
Martina Wittlerová
Rostislav Šulc
Petr Formáček

Státní zdravotní ústav
ISSN 1804-9613

Metoda hodnocení stavebních výrobků na bázi cementu či vápna se zabudovanými vedlejšími energetickými produkty z hlediska vlivů na zdraví a životní prostředí

Abstrakt: Metoda hodnocení pro bezpečné využití VEP (vedlejších energetických produktů) ze spalování uhlí ve stavebnictví byly zpracovány s cílem stanovit postup pro bezpečné používání VEP ve vybraných stavebních výrobcích. Tyto materiály mají pucolánové vlastnosti a využívají se primárně při výrobě betonu, malt a pórobetonu. Vývoj této metody byl součástí projektu č. FW01010195 s názvem „*Pokročilé výrobní technologie pro strategické využití a skladování vedlejších produktů výroby energie (VEP)*“. Metoda má sloužit jako podklad pro rozhodování o využívání VEP jako náhrady za přírodní materiály pro společnosti zabývající se výrobou stavebních výrobků, úředníky státní správy, Českou inspekci životního prostředí (ČIŽP), certifikační orgány a další relevantní zúčastněné strany.

Klíčová slova: životní prostředí, zdraví, stavební výrobky

Method for the Assessment of Cement- or Lime-Based Construction Products Incorporating Energy By-products with Respect to Health and Environmental Impacts

Abstract: Method for assessing the safe use of CCPs (coal combustion products) in construction have been developed with the aim of establishing a procedure for their safe application in selected building materials. These materials have pozzolanic properties and are mainly used in the production of concrete, mortars, and aerated concrete. The development of this method was part of project No. FW01010195 entitled “*Advanced production technologies for the strategic utilization and storage of energy production by-products (CCPs)*”. The methods are intended to serve as a basis for decision-making on the use of CCPs as substitutes for natural materials by companies engaged in the production of construction materials, government authorities, the Czech Environmental Inspectorate (ČIŽP), certification bodies, and other relevant stakeholders.

Key words: environment, health, construction products

Doporučená citace: Zimová M, Čurdová E, Wittlerová M, Šulc R, Formáček P. Metody hodnocení stavebních výrobků na bázi cementu či vápna se zabudovanými vedlejšími energetickými produkty z hlediska vlivů na zdraví a životní prostředí. Acta Hyg Epidemiol Microbiol. 2025;(1):1-30.

©Státní zdravotní ústav 2025

Žádná část časopisu nesmí být reprodukována tiskem, fotografickou cestou, počítačovými soubory dat nebo jinými způsoby bez předchozího písemného svolení vydavatele.

Redakční rada:

MUDr. Barbora Macková, MHA (předsedkyně)

MUDr. Jozef Dlhý, Ph.D., Mgr. Markéta Dvořáková, Ph.D., Mgr. Matyáš Fošum, MUDr. Hana Jeligová,

MUDr. Jana Kozáková, MUDr. Stanislav Wasserbauer, Mgr. Martin Weissenstein, Ph.D.

Mgr. Jana Veselá (tajemnice redakce)

Adresa redakce:

Státní zdravotní ústav, redakce časopisu AHEM, Šrobárova 49/48, 100 00 Praha 10,
telefon: 267082567, e-mail: jana.vesela@szu.gov.cz.

Publikováno 31. 12. 2025

ACTA HYGIENICA
EPIDEMIOLOGICA
ET MICROBIOLOGICA

Metoda hodnocení stavebních výrobků na bázi cementu či vápna se zabudovanými vedlejšími energetickými produkty z hlediska vlivů na zdraví a životní prostředí

MUDr. Magdalena Zimová, CSc.¹, RNDr. Eva Čurdová, CSc.¹,
Ing. Martina Wittlerová¹, doc. Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.²,
Ing. Petr Formáček, Ph.D.²

¹Státní zdravotní ústav, CZŽP, Oddělení hygieny půdy a odpadů

²ČVUT, Fakulta stavební, Katedra technologie staveb

Tento výstup je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci projektu TREND č. FW01010195 (TAČR).

Obsah

Předmluva	5
Termíny a definice	6
1. Využití VEP (popílků a strusek) ze spalování uhlí pro výrobu stavebních výrobků	7
2. Odběr vzorku	9
2.1 Odběr reprezentativního vzorku a četnost odběru	9
2.2 Příprava zkušební vzorku	12
3. Stanovení metody vyluhování	13
4. Vyluhovací metody	14
4.1 Dynamická zkouška vyluhováním z povrchu (DSLTL)	14
4.2 Výluhová zkouška podle Přílohy č. 1 k vyhlášce č. 409/2005 Sb.	15
5. Chemické analýzy	17
5.1 Úvod	17
5.2 Princip zkoušení	17
5.3 Vyhodnocení výsledků	19
6. Ekotoxicita	21
6.1 Úvod	21
6.2 Princip zkoušení	21
6.3 Vyluhovací metoda DSLTL	21
6.4 Skladování výluhu	21
6.5 Úprava pH výluhu	22
6.6 Baterie testů	22
6.7 Popis jednotlivých metod	23
6.8 Vyhodnocení výsledků	24
7. Vyhodnocení použitelnosti	26
7.1 Vyhodnocení výsledků chemických ukazatelů	26
7.2 Vyhodnocení výsledků ekotoxicity	26
Literatura	27
Další zdroje	30
Značky a zkratky	30

Předmluva

Vedlejší energetické produkty (VEP) vznikají jako produkty spalování uhlí. Produkty ze spalování uhlí zahrnují úletový popílek, strusku a fluidní popílek. Mezi vedlejší energetické produkty také patří produkty odsíření spalin, např. energosádrovec jakožto produkt polosuché metody odsíření spalin nebo upravené zbytky pevného uhlí označované jako aglomerát, stabilizát atd. Množství popílků využitých v ČR představuje zhruba 700 tisíc tun ročně. Energetické produkty jsou již dlouhodobě využívány jako druhotná surovina a v poslední době se stávají stále více ceněnou náhradou za primární přírodní zdroje. VEP však mohou představovat environmentální a zdravotní rizika vzhledem k obsahu toxických látek, těžkých kovů a dalších prvků, které se z VEP mohou uvolňovat do životního prostředí a následně ohrozit lidské zdraví, pokud nebudou stanovena závazná zdravotní a environmentální kritéria pro jejich bezpečné používání. Současně platné normy neřeší možné negativní dopady z hlediska možného ovlivnění veřejného zdraví a životního prostředí. Z těchto důvodů v rámci řešení projektu č. FW01010195 „Pokročilé výrobní technologie pro strategické využití a skladování vedlejších energetických produktů (VEP)“ byla vypracována „Metoda hodnocení minimalizace negativních vlivů na zdraví a životní prostředí u stavebních výrobků s použitím VEP jako náhrady přírodních materiálů“. Metoda by se měla stát podkladem pro hodnocení VEP z hlediska jejich větší využitelnosti při výrobě stavebních výrobků.

Termíny a definice

Vedlejší energetické produkty (VEP)

Vedlejší energetické produkty jsou produkovány spalováním jemně rozemletého uhlí a po spalování v plně řízeném procesu [1]. Tyto produkty ze spalování uhlí představují úletový popílek, strusku a fluidní popílek. Mezi vedlejší energetické produkty také řadíme produkty odsíření spalin, např. energosádrovec jakožto produkt polosuché metody odsíření spalin. Tyto vedlejší energetické produkty se využívají především ve stavebnictví k výrobě různých stavebních výrobků pro stavbu silnic, pro stavební práce při těžbě uhlí a pro rekultivace.

Popílek

Jemný prášek převážně z kulovitých částic, které vznikají při spalování práškového uhlí samotného nebo se spoluspalovaným materiálem, který má pucolánové vlastnosti a sestává převážně z SiO_2 a Al_2O_3 a který:

- je zachycován v odlučovačích ze spalin tepelných elektráren, tepláren či dalších provozů spalujících práškové uhlí samotné nebo se spoluspalovaným materiálem,
- může se před jeho použitím upravovat například tříděním, výběrem, proséváním, sušením, smícháváním, mletím nebo snižováním uhlíku nebo kombinací těchto procesů ve vhodném výrobním zařízení. Takto upravený popílek může sestávat z popílků různých zdrojů, přičemž každý popílek musí vyhovovat definici uvedené v tomto textu.

Struska

Převážně hrubý, pórovitý materiál, který vzniká při spalování práškového uhlí samotného nebo se spoluspalovaným materiálem v granulačních či výtavných kotlích, který má pucolánové vlastnosti a sestává převážně z SiO_2 a Al_2O_3 a který:

- se odlučuje ve výsypce spalovací komory kotle, následně prochází vodní lázní, či jiným technologickým procesem, kdy dochází k jejímu ochlazení,
- může se před jejím použitím upravovat například tříděním, výběrem, proséváním, sušením, smícháváním, mletím nebo snižováním uhlíku nebo kombinací těchto procesů ve vhodném výrobním zařízení. Takto upravená struska může sestávat ze strusek různých zdrojů, přičemž každá struska musí vyhovovat definici uvedené v tomto textu.

CEN Technical Report (CEN/TR)

- označuje dokument vydaný Evropským výborem pro normalizaci (CEN), který **není závaznou normou**, ale poskytuje **doporučení, vysvětlení nebo technické informace** k určitému tématu,
- používá se tehdy, když není vhodné nebo možné vydat plnohodnotnou (závaznou) normu (např. EN – European Norm), ale je žádoucí sdílet osvědčené postupy, metodiky nebo výsledky výzkumu.

1. Využití VEP (popílků a strusek) ze spalování uhlí pro výrobu stavebních výrobků

Využití VEP, především popílků a strusek ze spalování uhlí jako náhrady přírodních materiálů při výrobě stavebních výrobků upravuje řada norem. Ne všechny používané popílků však vyhovují normovaným předpisům pro stavební účely a stavební výrobky.

Popílků a strusky z vysokoteplotního spalování uhlí mohou vykazovat proměnlivé vlastnosti především chemické, mineralogické, ale může se měnit i granulometrické složení podle druhu spalovaného uhlí, lokality, technologie spalování aj.

Popílek byl již částečně certifikován jako materiál vhodný pro betonářské nebo stavební použití. Z těchto hodnocení však vyplývá závazná povinnost producenta popílků zajistit kvalitu výrobku včetně systému jakosti a kontroly výroby. Další využití popílků do výrobku je podmíněno splněním podmínek daných příslušnou normou výrobku a účelu jeho použití.

Pro stavební výrobky na bázi cementu (případně vápna) s příměsí popílků a strusek ze spalování uhlí při uvádění na trh v ČR pak platí nařízení vlády č. 163/2002 Sb., v platném znění [2]. V příloze 2 tohoto nařízení je v tabulce 1.3 jako stanovený stavební výrobek „Popílek do pórobetonu a malt“ s předepsaným postupem posuzování shody podle § 5.

TZÚS Praha, s. p., autorizovaná osoba AO 204 při revizi technického návodu 01-03-02 [3] a vydávání certifikátu k výrobku zohlední tuto předloženou metodu včetně vyhodnocení mezních hodnot.

Pokud jsou výrobky vyráběné s použitím popílků podle výše uvedeného STO posuzovány podle § 6 nařízení vlády 163/2002 Sb., v platném znění [2], autorizovaná osoba požaduje v rámci kontroly systému řízení výroby doložení prohlášení o shodě od výrobce popílků.

Pokud jsou výrobky vyráběné s použitím popílků podle ČSN EN 450-1 [4] posuzovány podle § 6 nařízení vlády 163/2002 Sb., v platném znění [2], autorizovaná osoba požaduje v rámci kontroly systému řízení výroby doložení prohlášení o vlastnostech od výrobce popílků.

Při výrobě betonu se zejména využívá popílků jako jedné ze složek betonářských receptur. Jednou z hlavních norem pro jeho použití v betonu je harmonizovaná norma ČSN EN 450-1 Popílek do betonu – Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody [4]. Tato norma stanovuje požadavky na chemické a fyzikální vlastnosti i postupy kontroly jakosti pro křemičitý popílek pro použití jako příměs při výrobě betonu, včetně betonu vyráběného na staveništi nebo prefabrikovaných konstrukčních dílců z betonu, který vyhovuje normě ČSN EN 206 + A2 [5]. Popílek vyhovující normě ČSN EN 450-1 [4] se může použít v maltě a v injektážní maltě. Podle ČSN EN 206 + A2 [5] je pak možné takto klasifikovaný popílek použít jako příměs typu II (pucolánová nebo latentně hydraulická), která je částečnou náhradou cementu typu CEM I a CEM II/A (dle ČSN EN 197-1) [6]. Pro využití popílků ve stavebnictví platí řada dalších norem, které stanovují technické požadavky na popílek pro jejich další použití a ve výrobě [7–20].

Autorizované osoby (AO) vydávají certifikáty výrobků na základě analýz popílků a jejich směsí (z akreditovaných laboratoří) a vymezí jejich kvalitu a možnosti dalšího použití. Předmětem hodnocení jsou většinou výsledky stanovení fyzikálních, mechanických a technických vlastností výrobku, na jejichž základě se vydává „Stavební technické osvědčení“. K tomuto hodnocení kvality a používání popílků jako příměsí do stavebních produktů je nutné zařadit další analýzy, na jejichž základě by bylo možné zhodnotit zdravotní, ekologické a technické

vlastnosti. To znamená stanovit koncentrace toxických prvků (hladinu nebezpečných látek) jako jejich celkový obsah ve výrobku, obsah ve výluhu pro případ jejich styku s dalšími materiály (vodní nádrže, sklad potravin a jiné) a ekotoxicitu.

Většina norem ČSN neuvádí metody pro hodnocení zdravotní nezávadnosti stavebních výrobků s VEP. Z těchto důvodů v rámci projektu **FW01010195 Pokročilé výrobní technologie pro strategické využití a skladování vedlejších energetických produktů (VEP)** byla vypracována metoda pro posouzení zdravotní nezávadnosti stavebních výrobků na bázi cementu či vápna s příměsí VEP. Posouzení zdravotní nezávadnosti se stanovuje na základě výsledků chemické analýzy a ekotoxikologických zkoušek výluhu z výrobku.

2. Odběr vzorku

Před vlastním využitím popílku jako příměsi při výrobě cementu, betonu nebo pro jiné stavební účely je doporučováno, aby si výrobce od dodavatele vyžádal stanovení koncentrací stopových prvků. V případě, kdy má dodavatel popílek registrován podle nařízení REACH [21], jsou tyto údaje u dodavatele k dispozici a zjištěné hodnoty stopových prvků musí deklarovaným hodnotám vyhovovat.

Ze zjištěných hodnot lze poté vyvodit hodnocení, zda je materiál vhodný jako příměs do betonu či do jiného výrobku.

2.1 Odběr reprezentativního vzorku a četnost odběru

Hlavní zásady, které je nutno zajistit a dodržovat:

- Reprezentativní vzorek je taková část celku, kde podíly jednotlivých sledovaných složek popílku (např. složiště, halda) a rozdělení hodnot sledovaného znaku (např. koncentrace) odpovídají poměrům vzorkovaného celku nebo vzorkované části tohoto celku.
- Základní dokumentace vzorkování (viz diagram).
- Program zkoušení (vzorkování).
- Plán vzorkování.
- Postup vzorkování/odběru – SOP (standardní operační postup).
- Protokol (záznam) o odběru vzorku (vzorkování).
- Četnost odběru vzorků se řídí podle požadavků technické specifikace (evropská harmonizovaná norma, evropský dokument pro posuzování nebo STO).

Laboratoř se řídí dle vypracovaného plánu a postupu vzorkování (Vzorkovací plány a postupy musí být k dispozici v místě odběru vzorků). Lze vycházet z ČSN EN 14899 [22].

Plán vzorkování:

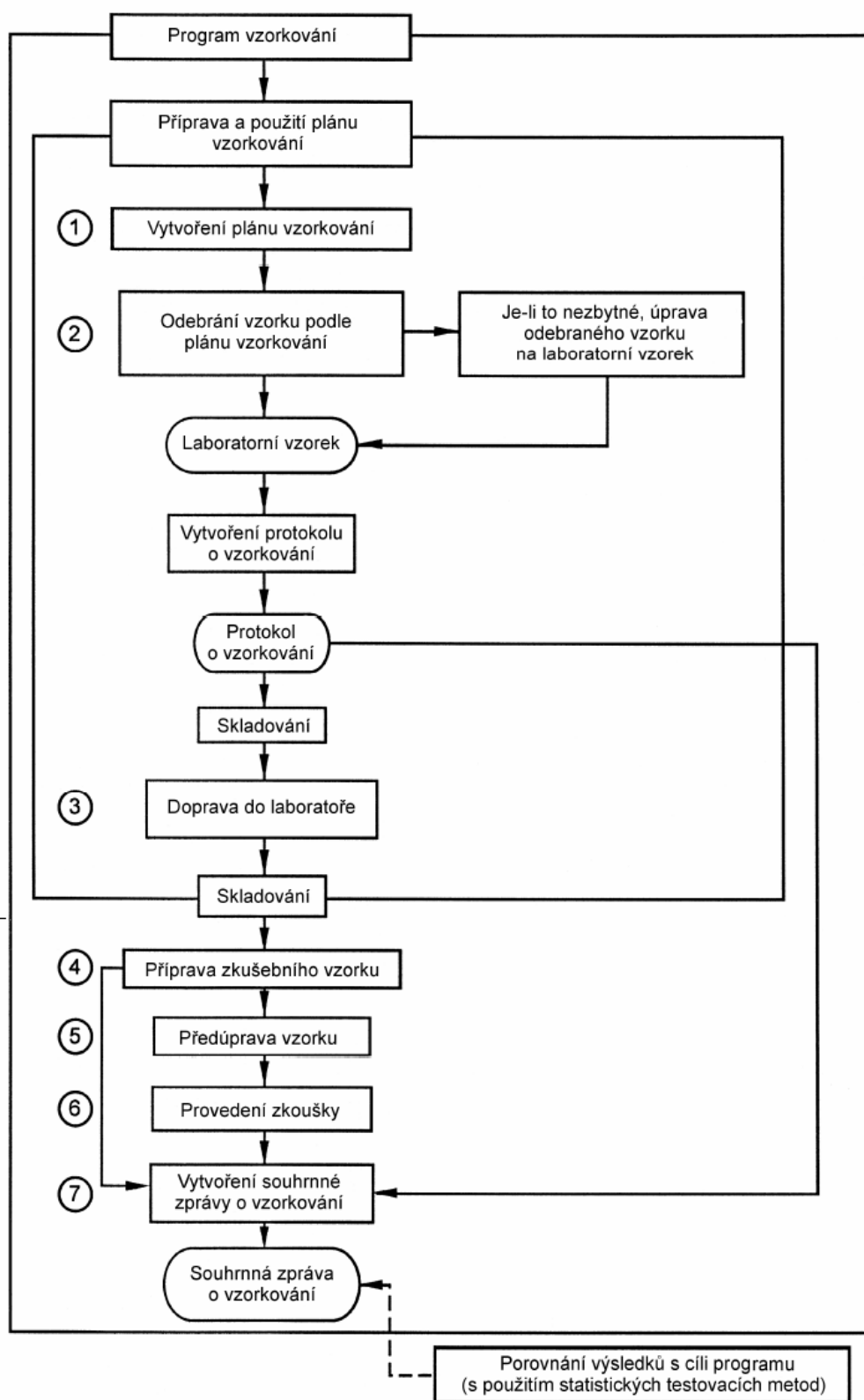
- důvod odběru vzorků (cíl);
- schéma výběru (skládání) vzorků;
- místa a body odběru vzorků;
- počet vzorků, četnost odběru;
- hmotnost nebo objem vzorků;
- typ vzorkovací techniky, zařízení, náradí, pomůcek;
- úprava vzorků po odběru včetně transportu, uchovávání;
- vzorkovnice, balení vzorků, systém značení a evidence vzorků;
- postup odběru vzorků;
- záznamy (pracovníci, prostředí).

Protokol o vzorkování:

- název (např. „Protokol o odběru vzorku“);
- název a adresa subjektu provádějícího odběr; odkaz na akreditaci;
- jednoznačná identifikace protokolu o odběru vzorku, počet stran, konec protokolu;

- název a adresa zákazníka;
- datum a čas odběru vzorku;
- místo odběru, včetně jakýchkoli grafů, nákresů nebo fotografií;
- jednoznačná identifikace látky, materiál nebo výrobek, z nichž byl odebrán vzorek (včetně jména výrobce, původce či majitele, označení modelu nebo typu a popřípadě sériových čísel);
- popis a jasná identifikace vzorku;
- odkaz na použitý plán a postupy vzorkování;
- podrobnosti o všech podmínkách prostředí, které mohou ovlivnit interpretaci výsledků;
- jméno/a osob/y provádějící/ch odběry;
- způsob předběžné úpravy vzorku, konzervace či stabilizace odebraného vzorku;
- výsledky zkoušek provedených v místě odběru vzorku;
- podmínky transportu vzorku z místa odběru vzorku do laboratoře;
- datum a čas předání vzorku do laboratoře, identifikace laboratoře;
- jméno, funkce a podpis osoby potvrzující protokol o odběru, případně osob odběru přítomných;
- jakákoliv norma nebo jiná specifikace týkající se metody nebo postupu vzorkování a odchylky, dodatky nebo výjimky od příslušné specifikace.

Následující schéma přehledně uvádí potřebné kroky vlastního odběru vzorku.



Obr. č. 1 Postup vzorkování dle ČSN EN 14899 [22]

Při odběru vzorku lze také vycházet z normy ČSN 72 2071, kap. 6 [10].

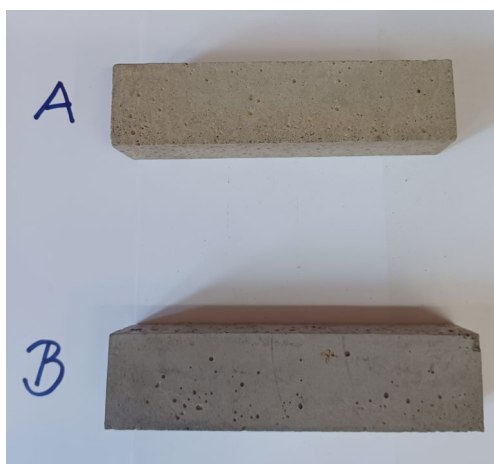
2.2 Příprava zkušební vzorku

Pro výluhové zkoušky je nutno vyrobit z reprezentativního vzorku materiálu – výrobní směsi (2.1) polotovar – zkušební tělesa tzv. normalizované trámečky o rozměrech 40 mm x 40 mm x 160 mm podle ČSN EN 450-1 [4], resp. ČSN EN 196-1 [23]. Tato zkušební tělesa se zhotovují ze záměsi plastické malty obsahující jeden hmotnostní díl směsi cementu a popílků nebo strusek ze spalování uhlí, přičemž tento díl je směsí obsahující 75 % referenčního cementu CEM I (ČSN EN 197-1) [6] a 25 % popílku či strusky dle definice této metodiky, dále pak tři hmotnostní díly normalizovaného písku CEN (ČSN EN 196-1) [23] a půl dílu vody. Takto vyrobený vzorek je následně uložen a ošetřován podle ČSN EN 196-1 [23]. Vzorek je následně analyzován, avšak nejdříve po 28 dnech od data výroby vzorku.

Reprezentativní vzorek popílku nebo strusky by měl být složen z dílčích vzorků z vhodné zvolené odběrové místa, kde odběr bude probíhat v pravidelných intervalech s patřičnou četností (cca 10 odběrů, cca 5–10 kg vzorku) po vhodné zvolené dobu odběru (ČSN 72 2071) [10].



Obr. č. 2 Forma na normalizované trámečky



Obr. č. 3

Trámeček A – referenční vzorek (složení: 250 ml vody, 500 g cementu I 42,5R, 1500 g kameniva)

Trámeček B – (složení: 125 g popílku, 250 ml vody, 375 g cementu I 42,5R, 1500 g kameniva)

3. Stanovení metody vyluhování

Referenční vyluhovací zkouškou je **Dynamická zkouška vyluhováním z povrchu (DSL_T)** podle ČSN EN 16637-2 Stavební výrobky – Posuzování uvolňování nebezpečných látek – Část 2: Horizontální dynamická zkouška vyluhováním z povrchu [24].

Tato norma popisuje způsob zkoušky vyluhováním monolitických, deskových nebo tabulových stavebních výrobků, které jsou v kontaktu s vodným roztokem, na jednotku plochy povrchu v závislosti na čase.

Pro stavební výrobky přicházející do přímého styku s pitnou vodou se použije **výluhová zkouška podle Přílohy č. 1 k vyhlášce č. 409/2005 Sb.**, o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody, v platném znění [25].

4. Vyluhovací metody

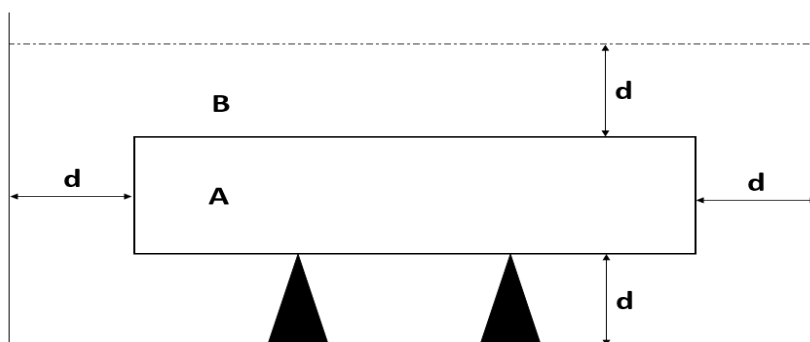
4.1 Dynamická zkouška vyluhováním z povrchu (DSLTL)

Vyluhovací kapalina

Destilovaná nebo demineralizovaná voda s konduktivitou $\leq 0,5 \text{ mS/m}$ a $5 \leq \text{pH} \leq 7,5$ (odpovídá 3. stupni jakosti dle ČSN ISO 3696) [26].

Vyluhovací nádoba

Použije se nádoba ze skla nebo plastu (viz ČSN EN 16637-2, kap. 7.2) [24], kterou lze uzavřít. Musí mít dostatečnou velikost tak, aby minimální vzdálenost mezi povrchem zkušebního tělesa a stěnami nádoby byla 20 mm ve všech směrech. U spodní části zkušebního tělesa se použijí podpěry ze skla nebo jiného inertního materiálu, které umožní přímý kontakt tělesa s vodou.



Obr. č. 4 Příklad uspořádání výluhové zkoušky (A – zkušební těleso, B – vyluhovací kapalina, d – vzdálenost mezi tělesem a stěnami vyluhovací nádoby nebo hladinou je $\geq 20 \text{ mm}$)

Zkušební těleso

Trámeček o rozměrech $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$ (viz 2.2). Před zkouškou se z tělesa odstraní prach a volné částice mírným foukáním.

Membránový filtr pro filtraci výluhu

Pro chemické analýzy (anorganické látky) se použije membránový filtr s velikostí pórů $0,45 \mu\text{m}$ (např. acetát celulózy, PTFE). Pro stanovení organických látek se filtry nesmějí použít.

Zkušební postup

Teplota vyluhovacího činidla je v rozmezí $19\text{--}25 \text{ }^\circ\text{C}$ po celou dobu loužení. Zkouška je provedena při poměru $L/A = 80 \pm 10 \text{ l/m}^2$.

Vyluhovací objem se vypočítá podle vzorce:

$$V_l = (L/A) \times A,$$

kde

V_l je objem vyluhovacího činidla v l,

L/A je poměr objemu kapaliny k ploše povrchu v l/m^2 ,

A je povrch zkušebního tělesa v m^2 .

Do vyluhovací nádoby se na podpěry umístí zkušební těleso, přidá se odpovídající objem vyluhovací kapaliny a nádoba se uzavře. Zkušební těleso se umístí do vyluhovací nádoby tak, aby bylo celé ponořeno do vyluhovací kapaliny.

Loužení probíhá po frakcích v časových intervalech dle tab. 1.

Tab. 1 Časové intervaly loužení jednotlivých frakcí výluhu

Frakce výluhu	Doba loužení	Doba od začátku zkoušky
1	6 h ± 15 min	6 h
2	18 h ± 15 min	1 den
3	1 den + 6 h ± 45 min	2 dny + 6 h
4	1 den + 19 h ± 15 min	4 dny
5	5 dnů ± 75 min	9 dnů
6	7 dnů ± 75 min	16 dnů
7	20 dnů ± 7 hod	36 dnů
8	28 dnů ± 12 hod	64 dny

Na konci každého kroku (časového intervalu doby loužení) se z nádoby odebere výluh, přičemž se neodstraňují malé části materiálu, které se mohly oddělit od zkušební tělesa. Okamžitě se nádoba opět naplní stejným objemem vyluhovací kapaliny a nádoba se uzavře. Ihned se změří pH a konduktivita odebraného výluhu, výluh se přefiltruje přes příslušný filtr a vzorek se připraví k analýze. Pravidelně se provádí slepé stanovení pro vyloučení kontaminace výluhu z přístrojů a činidel (viz ČSN EN 16637-2, kap. 9.6) [24].

4.2 Výluhová zkouška podle Přílohy č. 1 k vyhlášce č. 409/2005 Sb.

Zkušební těleso

Zkušební vzorky výrobků na bázi cementu musí být připraveny ve formě trámek (40 x 40 x 160 mm) – viz bod 2.2 této metodiky a musí se uchovávat způsobem stanoveným v ČSN EN 196-1 [23]. Maximální doba zrání, neurčí-li výrobce kratší dobu zrání, je 28 dní, z toho posledních 8 dní se zkušební vzorky musí uložit do karbonatačního roztoku; uložení do karbonatačního roztoku neplatí pro zkušební vzorky materiálů vysprávkového typu (stěrky, torkrety), u kterých výrobce předpokládá kratší dobu mezi aplikací a uvedením do provozu. Po uplynutí této doby je nutné ihned začít s předčištěním a se zkoušením vzorků; zkušební vzorky stěrkových hmot na bázi cementu se musí připravit nanesením stěrkové hmoty na trámy připravené podle ČSN EN 196-1 [23] nebo destičky s pískem matovaného skla nebo kompaktně odlité destičky ze stěrkové hmoty. Přísady do výrobků na bázi cementu se musí zkoušet tak, že se porovná hodnota koncentrací stanovovaných složek z referenčních vzorků, připravených podle ČSN EN 196-1 [23], s hodnotou koncentrací stanovovaných složek ze stejně připravených vzorků, do kterých byla přidána přísada.

Zkušební postup

Zkušební tělesa se vyluhují podle vyhlášky č. 409/2005 Sb., v platném znění [25], dle § 3, bod 1) až 6), včetně uvedených limitů. Výluhová zkouška tělesa se provede podle Přílohy č. 1 této vyhlášky.

Po předčištění zkušebního vzorku přesně stanoveným postupem podle bodu 8. Přílohy č. 1 je povrch zkušebního vzorku přicházející do přímého styku s vodou uveden do styku se zkušební vodou během tří po sobě následujících časových intervalů:

- a) zkušební vzorek výrobku určený pro styk s pitnou vodou se zkouší postupně ve třech po sobě následujících 72hodinových intervalech při teplotě zkušební vody (23 ± 2 °C),
- b) zkušební vzorek výrobku určený pro styk s teplou vodou se zkouší postupně ve třech po sobě následujících 24hodinových intervalech při teplotě zkušební vody (60 ± 2 °C).

Chemické rozborů se provádějí z výluhů (extraktů) každého časového intervalu zvlášť a stanovují se hodnoty koncentrací sledovaných ukazatelů.

5. Chemické analýzy

5.1 Úvod

Uvolňování látek při kontaktu s vodou v průběhu určeného používání stavebních výrobků má dopad na možné nebezpečí pro životní prostředí a následně na zdraví člověka.

5.2 Princip zkoušení

Při vlastní analýze stanovení koncentrace rizikových prvků ve výluhu se postupuje podle normy ČSN EN 17195 Stavební výrobky – Posuzování uvolňování nebezpečných látek – Analýza anorganických látek v eluátech [27].

V případě potřeby získání informace o celkovém obsahu koncentrace rizikových prvků ve výrobku se postupuje podle normy ČSN EN 17196 Stavební výrobky – Posouzení uvolňování nebezpečných látek – Digesce lučavkou královskou pro následnou analýzu anorganických látek [28].

Ze získaných výsledků celkového obsahu koncentrace prvků a koncentrace ve výluzích lze poté porovnat potenciální zátěž a případná rizika (zdravotní, hygienická).

Přehled norem a metod pro stanovení řady prvků ve výluzích monolitů uvádí tab. 2 (vyhláška č. 252/2004 Sb., v platném znění, Příloha č. 1, B) [29].

Tab. 2 Přehled zkušebních předpisů a metod pro stanovení chemických prvků

Parametr	Zkušební předpis	Zkušební metoda	Citlivost metody – limity detekce (MDL) (µg/l)
Hlavní, vedlejší a stopové prvky			
Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Total S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Zn a Zr	ČSN EN 17197 [30]	ICP-OES	Be, Cd, Mn, Sc, Sr (1) Ba, Cr, Ni (2) Co, Cu, V, Zn (3) Mo (4) B, Hg, Pb, Tl, Ti (5) Se (7) Al, Ca, Fe, La, Zr, U (10) As (14) Ag, Bi, K, Li, Mg, Na, P, Total S, Sb, Si, W (20) Pr, Sm, Te (40) Ce (50) Nd, Sn (100)
Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ce, Ca, Cr, Co, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, Ir, K, La, Li, Lu, Mg, Mo, Mn, Na, Nd, Ni, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, Total S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn a Zr	ČSN EN 17200 [31]	ICP-MS	Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Hf, Ho, In, Ir, La, Lu, Nd, Pr, Rb, Re, Rh, Ru, Sm, Tb, Th, Tl, Tm, U, Y (0,1) Co, Pb, Sb, Yb, Zr (0,2) Cd, Ga, Ge, Mo, W (0,3) Au, B, Be, Bi, Pd, Pt, Sr (0,5) Ag, As, Cr, Cu, Li, Ni, Sn, Ti, V (1) P, Zn (2) Ba, Mn (3) Al, Hg, Sc, Te (5) B, Mg, Na, Se, Si (10) Ca, Fe, K (50) Celková S (1000)
Citlivější metody			
As, Sb	ISO 17378-1 [32]	HG-AFS	
As, Sb	ČSN ISO 17378-2 [33]	HG-AAS	
Cd	ČSN EN ISO 15586 [34]	GF-AAS	0,3
Hg	ČSN EN ISO 12846 [35]	CV-AAS	0,01
Hg	ČSN EN ISO 17852 [36]	CV-AFS	
Sb, Se	ČSN EN ISO 15586 [34]	GF-AAS	Sb (3)
Se 6			
Se	ISO/TS 17379-1 [37]	HG-AFS	
Se	ČSN P ISO/TS 17379-2 [38]	HG-AAS	

Chemické analýzy je nutno provádět dle platných vyhlášek a norem v akreditovaných laboratořích, které ke stanovení prvků využívají validované, resp. verifikované postupy.

5.3 Vyhodnocení výsledků

V případě výrobků s příměsí popílků a strusek ze spalování uhlí je nutno splnit podmínky a limity:

Pro výrobky ve styku s pitnou vodou musí obsah prvků ve výluhu splnit limity, které jsou uvedeny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., v platném znění [29], viz tab. 3. Touto vyhláškou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Příloha č. 1 této vyhlášky obsahuje mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a její hygienické limity. Pro limity zinku a vanadu platí vyhláška č. 409/2005 Sb., v platném znění [25].

Tab. 3 Limity pro pitnou vodu

Pořadí	Místo použití výrobku	Kritické ukazatele pro stanovení vodného výluhu	Nejvyšší mezní hodnota ve výluhu [μg/l]
1	Popílek a struska ze spalování uhlí ve styku s pitnou vodou (v souladu s definicí materiálu v této metodice, technickými a zejména harmonizovanými normami)	Al As Be Cr Cu Pb Cd Ni V Zn	200 – mezní hodnota 10 2 25 1000 5 5 20 50 3000

Ostatní výrobky musí splnit limity pro povrchovou vodu ve třídě II podle ČSN 75 7221 Kvalita vod – klasifikace kvality povrchových vod [39], viz tab. 4. Jedná se o vodu mírně znečištěnou, která byla ovlivněna lidskou činností tak, že ukazatele kvality vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému. Je možné hodnotit kvalitu povrchové vody dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., v platném znění [40], Příloha 3, Tab. 1c, jejíž limity jsou (vyjma NMH pro hliník < 1000 μg/l) vyšší, tedy méně přísné.

Tab. 4 Limity pro povrchovou vodu

Pořadí	Místo použití výrobku	Kritické ukazatele pro stanovení vodného výluhu	Nejvyšší mezní hodnota ve výluhu [µg/l]
			Třída II
2	Popílek a struska ze spalování uhlí ve styku s povrchovou vodou (v souladu s definicí materiálu v této metodice, technickými a zejména harmonizovanými normami)	Al As Be Cr Cu Pb Cd Ni V Zn	< 1200 < 10 < 0,5 < 15 < 15 < 8 < 0,5 < 6 < 15 < 50

6. Ekotoxická

6.1 Úvod

Ekotoxikologické testy mohou být účinným nástrojem pro posouzení, zda lze u stavebního výrobku očekávat negativní dopad na životní prostředí. Stanovení ekotoxicity je důležité zejména v případech, kdy chemická analýza není možná nebo není považována za dostatečnou nebo když není znám vliv stanovených chemických látek na životní prostředí. Výsledky ekotoxikologického testování zahrnují nejen toxicitu všech dostupných vodných frakcí toxických složek, ale zároveň aditivní, synergické a antagonistické účinky těchto látek.

6.2 Princip zkoušení

Stanoví se účinek eluátu stavebního výrobku na zkušební organismy za specifických experimentálních podmínek. Pokyny pro propojení vhodných normalizovaných metod stanovení ekotoxicity s vyluhovací metodou jsou uvedeny v CEN/TR 17105 Construction products: Assessment of release of dangerous substances – Guidance of the use of ecotoxicity tests applied to construction products [41].

6.3 Vyluhovací metoda DSLT

Postup vyluhování je totožný s postupem pro chemické analýzy (4.1) s těmito rozdíly:

Postup vyluhování

Testy ekotoxicity se provádějí pouze na jednom vzorku vzniklém sjednocením eluátů frakce 1 a frakce 2 po 6 h a 18 h. Loužení probíhá po frakcích v časových intervalech dle tab. 5.

Tab. 5 Časové intervaly loužení jednotlivých frakcí výluhu pro stanovení ekotoxicity

Frakce výluhu	Doba loužení	Doba od začátku zkoušky
1	6 h ± 15 min	6 h
2	18 h ± 15 min	1 den

Pokud jsou požadovány informace o pozdějších fázích vyluhování, lze použít pro testování i další frakce výluhu (4.1).

Úprava výluhu

Doporučuje se provádět testy ekotoxicity bez úpravy výluhu. Pouze v případě, že suspendované částice narušují provádění testů, měly by být tyto částice odstraněny odstředěním (např. 10 min při 5000 g) nebo filtrací (MF s velikostí pórů $\geq 0,45 \mu\text{m}$ z nylonu nebo skleněných vláken). Výluh lze ponechat odstát 30 min až 2 h a supernatant odebrat pomocí pipety.

Eluáty frakce 1 a 2 se sjednotí a výsledný vzorek se použije pro testování.

6.4 Skladování výluhu

Podmínky skladování musí být navrženy tak, aby byly omezeny změny vzorku, které by měly vliv na výsledky zkoušek ekotoxicity. Lze použít pokyny v normách ČSN EN 14735 [42], ČSN EN ISO 5667-16 [43] a CEN/TR 17105 [41]. Výluhy by měly být testovány ihned po odběru vzorků.

Pokud to není možné, musí být vzorky uchovávány v uzavřených polyethenových, polypropenových, polytetrafluorethenových nebo skleněných vzorkovnicích ve tmě při teplotě 4 ± 2 °C maximálně 48 h nebo musí být zmrazeny a uchovávány při teplotě ≤ -18 °C maximálně po dobu 2 měsíce. Zmrazení může způsobit změny vlastností výluhů. Je vhodné rozdělit celkový objem eluátu na menší zkušební části pro zkoušení různých organismů nezávisle na sobě, přičemž se doporučuje minimalizovat dobu mezi zahájením rozdílných zkoušek, aby se minimalizovaly změny výluhu. Zmrazené vzorky se rozmrazí v den testování ve vodní lázni o teplotě ≤ 25 °C.

6.5 Úprava pH výluhu

Pokud pH výluhu přesahuje meze tolerance zkušebního organismu (dle příslušných norem pro jednotlivé metody), mělo by být bezprostředně před provedením testu upraveno pomocí NaOH (1 mol/l) nebo HCl (1 mol/l), přičemž přidaný objem nesmí přesáhnout 5 % celkového objemu. Úprava pH se neprovádí, pokud se má ve výsledku zkoušky projevit vliv pH nebo pokud dochází při úpravě k fyzikálním změnám nebo chemickým reakcím (např. srážení).

6.6 Baterie testů

Vzhledem k vysoké variabilitě složení stavebních výrobků a rozdílné citlivosti zkušebních organismů na toxické látky je pro stanovení ekotoxicity vyžadována baterie metod s využitím organismů různých taxonomických skupin a trofických úrovní. Rovněž je důležitá kombinace rozdílných zkušebních ukazatelů (imobilizace, rychlost růstu, intenzita luminiscence) a typů zkoušení (akutní, chronické). Pro testování výluhů je doporučena minimální baterie akvatických organismů (tab. 6 A). V případě potřeby lze minimální baterii rozšířit o doplňkový organismus (tab. 6 B).

Tab. 6 Zkušební baterie organismů pro zkoušky ekotoxicity

A. Minimální baterie organismů

Zkušební organismus	Norma	Doba expozice	Výsledný ukazatel
<i>Aliivibrio fischeri</i> (luminiscenční bakterie)	ČSN EN ISO 11348-2 [44]	15 min 30 min	inhibice luminiscence
<i>Desmodesmus subspicatus</i> (zelená kokální řasa)	ČSN EN ISO 8692 [45]	72 h	inhibice růstové rychlosti
<i>Daphnia magna</i> (korýš)	ČSN EN ISO 6341 [46]	48 h	imobilizace

B. Doplňkový organismus

<i>Danio rerio</i> – embryo (ryba)	ČSN EN ISO 15088 [47]	48 h	mortalita
---------------------------------------	--------------------------	------	-----------

6.7 Popis jednotlivých metod

Aliivibrio fischeri

dle ČSN EN ISO 11348-2 Jakost vod – Stanovení inhibičního účinku vzorků vod na světelnou emisi *Vibrio fischeri* (Zkouška na luminiscenčních bakteriích) – Část 2: Metoda se sušenými bakteriemi [44].

Podstata zkoušky

Jedná se o stanovení inhibice emise světla luminiscenční mořské bakterie *Aliivibrio fischeri* (NRRL B-11177). Stanovení se provádí v požadované koncentraci nebo koncentrační řadě ve zkumavkách smícháním zkoušené látky se suspenzí luminiscenčních bakterií. Ihned po homogenizaci je pomocí luminometru zaznamenána intenzita světelné emise a poté opakovaně měřena v časových intervalech 15 a 30 minut od smíchání. Zkušebním kritériem je pokles luminiscence ve sledovaných časových intervalech v porovnání s počáteční hodnotou.

Vyhodnocení

V úvahu se bere korekční faktor, který je měřítkem změn intenzity kontrol v průběhu expozice. Výsledkem zkoušky je stanovení procenta inhibice luminiscence. Pomocí koncentrační řady se stanoví LID.

Desmodesmus subspicatus

dle ČSN EN ISO 8692 Kvalita vod – Zkouška inhibice růstu sladkovodních zelených řas [45].

Podstata zkoušky

Jednodruhový řasový kmen v exponenciální fázi růstu se kultivuje po několik generací v požadované koncentraci roztoku zkoušené látky a růstového média a zároveň v negativní kontrole. Kultivace probíhá při teplotě 23 ± 2 °C při kontinuálním bílém světle po dobu 72 ± 2 h.

Zkušební organismy

Planktonní sladkovodní zelená řasa *Desmodesmus subspicatus* (R. Chodat).

Vyhodnocení

Inhibice růstu se měří jako snížení specifické růstové rychlosti ve vztahu k negativní kontrole. Výsledkem zkoušky je stanovení % inhibice růstu. Pomocí koncentrační řady se stanoví LID.

Daphnia magna

dle ČSN EN ISO 6341 Kvalita vod – Zkouška inhibice pohyblivosti *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) – Zkouška akutní toxicity [46].

Podstata zkoušky

Vodní korýš *Daphnia magna* Straus se inkubuje 48 h v požadované koncentraci roztoku zkoušené látky a ředící vody a zároveň v negativní kontrole. Inkubace probíhá při teplotě 20 ± 2 °C a denní fotoperiodě 16 h. Poté se spočítají pohybliví jedinci.

Zkušební organismy

Novorozenci *D. magna* z laboratorního chovu získaní acyklickou parthenogenezí. Musí být mladší než 24 h a nesmějí to být potomci z prvního vrhu. K testování lze použít také jedince vylíhlé z komerčně dostupných ehippií.

Vyhodnocení

Vypočítá se % imobilizace dafnií ve vztahu k celkovému počtu použitých jedinců. Pomocí koncentrační řady se stanoví LID.

Danio rerio

dle ČSN EN ISO 15088 Jakost vod – Stanovení akutní toxicity odpadních vod pro jikry dania pruhovaného (*Danio rerio*) [47].

Podstata zkoušky

Jikry ryb *Danio rerio* se po oplodnění inkubují v mikrodestičkách v požadované koncentraci roztoku zkoušené látky a ředící vody a zároveň v negativní a pozitivní kontrole. Inkubace probíhá při teplotě 26 ± 1 °C po dobu 48 h a fotoperiodě 16 h. Poté se vyhodnocují parametry mortality embryí a počítá se počet mrtvých embryí.

Zkušební organismy

Jikry *Danio rerio*, čerstvě oplozené, přednostně z akreditovaného chovu ryb.

Vyhodnocení

Vypočítá se % mortality embryí ve vztahu k celkovému počtu použitých jedinců. Výsledkem zkoušky je stanovení procenta mortality. Pomocí koncentrační řady se stanoví LID.

6.8 Vyhodnocení výsledků

Výsledky ekotoxikologických testů se hodnotí pomocí **LID**: LID (lowest ineffective dilution) je nejnižší neúčinné ředění výluhu, vyjádřené jako úroveň ředění D, při kterém není pozorován žádný účinek na zkušební organismy nebo jsou pozorovány pouze účinky nepřesahující variabilitu specifickou pro danou metodu (kritérium toxicity).

D se vyjadřuje jako reciproká hodnota objemového podílu výluhu v ředící vodě, v níž je prováděna zkouška (např. 250 ml výluhu v celkovém objemu 1000 ml, tj. objemový podíl 25 %, $1/4$, představuje $D = 4$). Příklad přípravy řady ředění pro stanovení LID viz ČSN EN ISO 6341, Příloha F [46].

Tento způsob hodnocení je vhodný i pro eluáty s nízkou toxicitou – v tomto případě lze použít limitní zkoušku pouze s jednou koncentrací.

Na srovnatelnost výsledků mají zásadní vliv některé faktory, jako je způsob vyluhování, poměr vyluhovací kapaliny k povrchu zkušebního tělesa (metoda DSLT) nebo výběr testovacích frakcí výluhu. Při volbě podmínek vyluhovací zkoušky musí být zohledněna skutečná situace, ve které se stavební výrobek nachází během určeného použití s ohledem na mechanismy uvolňování nebezpečných látek do půdy, povrchových a podzemních vod.

Při interpretaci výsledků ekotoxicity stavebních výrobků je třeba jednoznačně popsat typ a podmínky vyluhovací zkoušky. Prozatím nejsou jasně definována kritéria pro hodnocení různých skupin stavebních výrobků podle jejich určeného použití.

Kritéria hodnocení ekotoxicity vychází z CEN/TR 17105 [41].

Tab. 7 Požadavky na výsledky zkoušek ekotoxicity**Minimální baterie organismů**

Zkušební organismus	Norma	Kritérium toxicity	LID
<i>Aliivibrio fischeri</i>	ČSN EN ISO 11348-2	inhibice luminiscence < 20 %	≤ 8
<i>Desmodesmus subspicatus</i>	ČSN EN ISO 8692	inhibice růstové rychlosti < 20 %	≤ 4
<i>Daphnia magna</i>	ČSN EN ISO 6341	imobilizace ≤ 10 %	≤ 4

Doplňkový organismus

<i>Danio rerio</i> – embryo	ČSN EN ISO 15088	mortalita ≤ 10 %	≤ 6
-----------------------------	------------------	---------------------	-----

7. Vyhodnocení použitelnosti

Vhodnost stavebních výrobků na bázi cementu či vápna s příměsí popílků a strusek ze spalování uhlí se vyhodnocuje z hlediska obsahu chemických ukazatelů ve vodném výluhu a z hlediska ekotoxicity, přičemž **musí být splněna obě kritéria**.

7.1 Vyhodnocení výsledků chemických ukazatelů

Pokud jsou zjištěné hodnoty kritických ukazatelů nižší než mezní hodnoty (NMH) uvedené v tab. 3 nebo tab. 4, pak je stavební výrobek na bázi cementu či vápna s příměsí popílků a strusek ze spalování uhlí považován za vyhovující stavební materiál.

7.2 Vyhodnocení výsledků ekotoxicity

Pokud zjištěné hodnoty účinku výluhu na zkušební organismy splňují požadavky uvedené v tab. 7, pak je stavební výrobek na bázi cementu či vápna s příměsí popílků a strusek ze spalování uhlí považován za vyhovující stavební materiál. Platí pro minimální baterii organismů.

Literatura

1. Analýza současného stavu vybraných komodit druhotných surovin a jejich zdrojů včetně vize rozvoje daného odvětví. Praha: MPO; 2018 [cit. 2025-11-05]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2019/1/Analýza_Podkladovy-material-pro-PDS-CR_1.pdf.
2. Nařízení vlády č. 163 ze dne 6. března 2002, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, v platném znění. Sbírka zákonů ČR. 2002;částka 67:3414-29.
3. Technické návody. AO 204, Technický návod 01-03-02 [online]. Praha: TZÚS; 2025 [cit. 2025-11-05]. Dostupné z: <https://koordinacesv.tzus.cz/technicke-navody>.
4. ČSN EN 450-1+A1 Popílek do betonu – Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody. Praha: ÚNMZ; 2013.
5. ČSN EN 206+A2 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: ČAS; 2021.
6. ČSN EN 197-1 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití. Praha: ÚNMZ; 2012.
7. ČSN P 73 2404 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplnující informace. Praha: ČAS; 2024.
8. ČSN EN 12620+A1 Kamenivo do betonu. Praha ČNI; 2008.
9. ČSN EN 13055 Pórovité kamenivo. Praha: ÚNMZ; 2017.
10. ČSN 72 2071 Popílek pro stavební účely – Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení. Praha: ČNI; 2000.
11. ČSN 72 2072-1 Popílek pro stavební účely – Část 1: Popílek jako aktivní složka maltovin. Praha: ÚNMZ; 2013.
12. ČSN 72 2072-2 Popílek pro stavební účely – Část 2: Popílek jako příměs při výrobě malt. Praha: ÚNMZ; 2013.
13. ČSN 72 2072-3 Popílek pro stavební účely – Část 3: Popílek pro výrobu popílkových směsí. Praha: ÚNMZ; 2013.
14. ČSN 72 2072-4 Popílek pro stavební účely – Část 4: Popílek pro výrobu cihlářských pálených výrobků. Praha: ÚNMZ; 2013.
15. ČSN 72 2072-5 Popílek pro stavební účely – Část 5: Popílek pro výrobu pórobetonu. Praha: ÚNMZ; 2013.
16. ČSN 72 2072-6 Popílek pro stavební účely – Část 6: Popílek pro výrobu umělého kameniva spékáním. Praha: ÚNMZ; 2013.
17. ČSN 72 2072-8 Popílek pro stavební účely – Část 8: Popílek pro výrobu umělého kameniva za studena a urychleně vytvrzovaného. Praha: ÚNMZ; 2013.
18. ČSN 72 2072-9 Popílek pro stavební účely – Část 9: Popílek pro výrobu minerálních vláken. Praha: ÚNMZ; 2013.

19. ČSN 72 2072-10 Popílek pro stavební účely – Část 10: Popílek pro asfaltové výrobky. Praha: ÚNMZ; 2013.
20. ČSN 72 2072-11 Popílek pro stavební účely – Část 11: Popílek pro ostatní využití. Praha: ÚNMZ; 2013.
21. Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a o zřízení Evropské agentury pro chemické látky (ECHA). Úřední věstník EU. 2006;45(L396):1-851.
22. ČSN EN 14899 Charakterizace odpadů – vzorkování odpadů Zásady přípravy programu vzorkování a jeho použití. Praha: ČNI; 2006.
23. ČSN EN 196-1 Metody zkoušení cementu. Část 1: Stanovení pevnosti. Praha: ÚNMZ; 2016.
24. ČSN EN 16637-2 Stavební výrobky – Posuzování uvolňování nebezpečných látek – Část 2: Horizontální dynamická zkouška vyluhováním z povrchu. Praha: ČAS; 2024.
25. Vyhláška č. 409 ze dne 30. září 2005 o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do styku s vodou a na úpravu vody, v platném znění. Sbírka zákonů ČR. 2005;částka 141:7438-77.
26. ČSN ISO 3696 Jakost vody pro analytické účely. Specifikace a zkušební metody. Praha: ČSN; 1994.
27. ČSN EN 17195 Stavební výrobky – Posuzování uvolňování nebezpečných látek – Analýza anorganických látek v eluátech. Praha: ČAS; 2024.
28. ČSN EN 17196 Stavební výrobky – Posouzení uvolňování nebezpečných látek – Digesce lučavkou královskou pro následnou analýzu anorganických látek. Praha: ČAS; 2024.
29. Vyhláška č. 252 ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (v aktuálním znění). Sbírka zákonů ČR. 2004;částka 82:5402-22.
30. ČSN EN 17197 Stavební výrobky – Posuzování uvolňování nebezpečných látek – Analýza anorganických látek v rozkladech a eluátech – Analýza pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). Praha: ČAS; 2024.
31. ČSN EN 17200 Stavební výrobky – Posouzení uvolňování nebezpečných látek – Analýza anorganických látek v rozkladech a eluátech – Analýza hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS). Praha: ČAS; 2024.
32. ISO 17378-1 Water quality Determination of arsenic and antimony Part 1: Method using hydride generation atomic fluorescence spectrometry (HG-AFS). Geneva: ISO; 2014.
33. ČSN ISO 17378-2 Kvalita vod – Stanovení arsenu a antimonu – Část 2: Metoda atomové absorpční spektrometrie s generováním hydridů (HG-AAS). Praha: ÚNMZ; 2015.
34. ČSN EN ISO 15586 Jakost vod – Stanovení stopových prvků atomovou absorpční spektrometrií s grafitovou kyvetou. Praha: ČNI; 2004.

35. ČSN EN ISO 12846 Kvalita vod – Stanovení rtuti – Metoda atomové absorpční spektrometrie (AAS) po zkoncentrování a bez něj. Praha: ÚNMZ; 2012.
36. ČSN EN ISO 17852 Jakost vod – Stanovení rtuti – Metoda atomové absorpční spektrometrie. Praha: ČNI; 2008.
37. ISO/TS 17379-1 Water quality. Determination of selenium. Part 1. Geneva: ISO; 2013.
38. ČSN P ISO/TS 17379-2 Kvalita vod – Stanovení selenu – Část 2: Metoda atomové absorpční spektrometrie s generováním hydridů (HG-AAS). Praha: ÚNMZ; 2015.
39. ČSN 75 7221 Kvalita vod – klasifikace kvality povrchových vod. Praha: ÚNMZ; 2017.
40. Nařízení vlády č. 401 ze dne 14. prosince 2015 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění. Sbírka zákonů ČR. 2015;částka 166:5442-5501.
41. CEN/TR 17105 Construction products: Assessment of release of dangerous substances – Guidance of the use of ecotoxicity tests applied to construction products. Brussels: CEN; 2017.
42. ČSN EN 14735 Charakterizace odpadů – příprava vzorků odpadu pro zkoušky ekotoxicity. Praha: ČAS; 2024.
43. ČSN EN ISO 5667-16 Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 16: Návod pro biologické zkoušení vzorků. Praha: ÚNMZ; 2017.
44. ČSN EN ISO 11348-2 Jakost vod – Stanovení inhibičního účinku vzorků vod na světelnou emisi *Vibrio fischeri* (Zkouška na luminiscenčních bakteriích) – Část 2: Metoda se sušenými bakteriemi. Praha: ÚNMZ; 2009.
45. ČSN EN ISO 8692 Kvalita vod – Zkouška inhibice růstu sladkovodních zelených řas. Praha: ÚNMZ; 2012.
46. ČSN EN ISO 6341 Kvalita vod – Zkouška inhibice pohyblivosti *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea) – Zkouška akutní toxicity. Praha: ÚNMZ; 2013.
47. ČSN EN ISO 15088 Jakost vod – Stanovení akutní toxicity odpadních vod pro jikry dania pruhovaného (*Danio rerio*). Praha: ÚNMZ; 2009.

Další zdroje

Gartiser S, Heisterkamp I, Schoknecht U, Bandow N, Burkhardt NM, Ratte M, et al. Recommendation for a test battery for the ecotoxicological evaluation of the environmental safety of construction products. Chemosphere. 2017 Mar;171:580-7.

Gartiser S, Heisterkamp I, Schoknecht U, Burkhardt M, Ratte M, Ilvonen O, et al. Results from a round robin test for the ecotoxicological evaluation of construction products using two leaching tests and an aquatic test battery. Chemosphere. 2017 May;175:138-46.

Bandow N, Gartiser S, Ilvonen O, Schoknecht U. Evaluation of the impact of construction products on the environment by leaching of possibly hazardous substances. Environ Sci Eur. 2018;30(1):14. doi: 10.1186/s12302-018-0144-2.

Táborský T, Veselý V. Popílek – aktuální stav tradiční příměsi do betonu. Beton TKS. 2021;21(1):24-7.

Značky a zkratky

AO	autorizovaná osoba
CEN	Evropský výbor pro normalizaci
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
LID	nejnižší neúčinné ředění
MF	membránový filtr
NMH	nejvyšší mezní hodnota
PTFE	polytetrafluorethylen
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation, and Restriction of Chemicals
STO	stavebně technické osvědčení
TR	Technical Report (technická zpráva)
TZÚS	Technický a zkušební ústav stavební