

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MALTOVIN PRAHA
spol. s r.o.
Na Cikánce 2, Praha 5 - Radotín, PSČ 153 00

Vlastnosti zdicích cementových malt
a zdicích polyuretanových pěn



SVAZ VÝROBCŮ
SUCHÝCH OMÍTKOVÝCH
A MALTOVÝCH SMĚSÍ ČR



Identifikační údaje

Název organizace:

Výzkumný ústav maltovin Praha, s. r.o.
Na Cikánce 2
153 00 Praha 5 – Radotín
IČ: 49618377
DIČ: CZ 49618377

Vypracovala:
Spolupracoval:

Ing. Kateřina Jiroušková
Ing. Lukáš Peřka

Ing. Jan Gemrich
jednatel a ředitel
Výzkumný ústav maltovin Praha s.r.o.

Vlastnosti zdicích cementových malt a zdicích polyuretanových pěn

Cílem této studie je zpracovat dostupné informace a specifikovat objektivní přednosti a nedostatky dvou technologií používaných pro zdění: zdicí malty s cementovým pojivem a polyuretanové pěny pro zdění.

Studie se zaměřuje vedle deklarovaných vlastností samotných zdicích hmot i na vlastnosti ve zdivu jako systému. Dále jsou uvedeny aplikační vlastnosti, informace o deklarovaných parametrech výrobků, které se nejčastěji objevují na trhu a pozornost je věnována také aspektům, které nejsou obvykle sledovány, ale je třeba je brát v úvahu vzhledem ke stále se zpřísňujícím požadavkům na ochranu životního prostředí a bezpečnost a hygienu práce.

Popis vlastností je proveden dle požadavků na zděné konstrukce, které jsou definovány v řadě evropských norm – Eurokód 6.

Obsah

	Strana
Úvod	4
1 Složení zdicích hmot	5
2 Uvádění stavebních výrobků na trh	7
3 Navrhování zděných konstrukcí	13
4 Postup zdění	17
5 Hodnocení technických a aplikačních vlastností	20
6 Aplikační vlastnosti deklarované výrobcem.....	26
7 Ekologické dopady plynoucí z používání zdicích hmot a bezpečnost práce	32
8 Shrnutí.....	36
9 Závěr	40

Úvod

Stavebnictví dnes čelí velmi náročnému úkolu dosáhnout maximálních úspor jak při výrobě samotných materiálů, tak při zhotovení stavby. Cílem je vytvořit prostředí, ve kterém se člověk bude cítit dobře, které nebude mít negativní vliv na jeho zdraví a současně stavba bude ekologická a šetrná k životnímu, tudíž nenáročná na energii.

Vývoj nových způsobů zdění snižuje spotřebu malty a zvyšuje se tak i rychlost zdění. Ovšem úspora času nemusí být vždy ten nejdůležitější parametr při rozhodování, z jakého materiálu se budova postaví. Je mnoho dalších faktorů, které hrají stejnou, ne-li důležitější roli, a na které by se měl investor zaměřit.

Před pár lety se na trhu objevila novinka v technologii zdění, díky které se, jak uvádí výrobce, ušetří až 50 % času oproti klasickému způsobu zdění. Jedná se o polyuretanovou pěnu, která nahrazuje tradiční cementovou maltu.

Na trhu jsou dostupné polyuretanové pěny, jejichž jedním z mnoha možných použití je také lepení zdiva. Výrobci většinou pěnu doporučují jako rychlý způsob zdění mezibytových příček, zahradní architektury a jiné. Ovšem tyto pěny nejsou zpravidla řádně zkoušeny jako součást zděného systému a hodí se spíše pro domácí kutily. Takové pěny nemají osvědčení, které by dokládalo vyhovující vlastnosti pro zdění obvodových zdí a nesplňují tak požadavky uvedené v Eurokódu 6. Tato skutečnost se projevuje v ceně pěn a pravděpodobně i v kvalitě a může tak dojít u spotřebitelů k záměně a k používání nevyhovujících nebo nevhodných výrobků pro zdění obytných budov. Jen několik málo výrobců uvádí na trh řádně odzkoušený systém zdění na polyuretanovou pěnu vhodný k použití pro výstavbu zděných konstrukcí.

1 Složení zdicích hmot

1.1 Cementové malty pro zdění

Druhy malt pro zdění se podle vlastností a použití dělí na:

- obyčejná malta pro zdění;
- malta pro zdění pro tenké spáry;
- lehká malta pro zdění.

Malta pro zdění, deklarovaná podle ČSN EN 998-2 Specifikace malt pro zdivo – Část 2: Malta pro zdění, se používá pro ukládání, spojování a spárování zdiva a představuje směs jednoho nebo více anorganických pojiv, kameniva, vody a příměsí a/nebo přísad.

Pojivo je fyzikálně-chemicky aktivní součást malty, která po zatvrdnutí spojuje pevné součásti malty v kompaktní celek, např. cement, stavební vápno. Množství, druh a vlastnosti pojiva do malty se řídí podle druhu a požadovaných kvalitativních parametrů malty.

Přísadou se rozumí materiál, přidávaný v malém množství v poměru k hmotnosti pojiva obsaženého v maltě za účelem požadované úpravy jejích vlastností.

Příměs je jemně zrnitý anorganický materiál (který není kamenivem ani pojivem) přidávaný k maltě za účelem úpravy nebo dosažení speciálních vlastností.

Kamenivem (plnivem) se rozumí zrnitý materiál, který se nepodílí na reakcích vedoucích k tvrdnutí malty. Jako plniva se do stavebních malt obdobně jako do betonu používají:

- přírodní hutné kamenivo, hutné nebo pórovité kamenivo odpadající při průmyslové výrobě (strusky, popílky, škváry apod.),
- přírodní a uměle vyráběné kamenivo (křemelín, perlit, keramzit, cihelná drť apod.),
- vláknité materiály jako jsou organická vlákna (skleněná, strusková, keramická, celulózová, azbestová), případně i organická (polypropylen, odpad z polyamidu apod.).

Horní mez frakce kameniva nesmí být větší než 1/3 minimálního rozměru spár a styků. U malt pro tenké spáry nesmí být zrno kameniva větší než 2 mm.

U malt mezi nejdůležitější vlastnosti patří zpevňování, a také soudržnost (tj. míra adheze mezi maltou a zdicím prvkem v kolmém směru). Zdicí malty se využívají ke scelování konstrukce, složené z jednotlivých částí.

Na stabilitu díla, pokud není provedeno monoliticky, má podstatný vliv správné a pevné spojení ostatních prvků, kterého se dosáhne právě použitím vhodného druhu malty. Malta se tak stává nosným materiálem.

Kvalitativní požadavky na dobu zpracovatelnosti, obsah chloridů, obsah vzduchu pro čerstvé malty jsou stanoveny normou ČSN EN 998-2. Pro zatvrdlé malty tato norma určuje kvalitativní požadavky na pevnost v tlaku, soudržnost, absorpce vody, propustnost vodních par, objemovou hmotnost, tepelnou vodivost a trvanlivost.

Podle pevnosti v tlaku se malty dělí na jednotlivé třídy M 1; M 2,5; M 5; M 10; M 15 a M 20, což jsou pevnosti v tlaku v MPa (resp. v N/mm²), které jsou překročeny. Pevnost v tlaku vyjádřená třídou malty je základním znakem kvality zdicí malty. Znamená to tedy, že např. třída malty M 2,5 má pevnost vyšší než 2,5 MPa.

1.2 Polyuretanová pěna

Polyuretan má svou historii z doby před 2. světovou válkou. Vynálezcem polyuretanu byl profesor Dr. Otto Bayer. Skutečný rozmach přichází s použitím nového typu polyolů (na bázi polyetherů) v roce 1957.

Polyuretan (PUR) patří do skupiny syntetických polymerů. Polymery jsou látky, v jejichž velké molekule (makromolekule) se jako články v řetězu mnohonásobně opakuje základní monomerní jednotka.

Polyuretany patří do skupiny polymerních látek, pro jejichž přípravu se používají izokyanáty (látky obsahující chemicky reaktivní skupiny $-NCO$), polyoly (polyestery $-COO-$, polyethery $-O-$), aminy a voda (látky obsahující hydroxylové skupiny a aminové skupiny $-OH$, $-NH_2$). Z polyesteru nebo polyetheru a přebytku diisokyanátu se připravuje předpolymer, a tato reakční směs je v aplikačních dózách ve formě aerosolu, kde se jako hnací plyn obvykle používá směs isobutanu s propanem (může působit také jako nadouvadlo). Výrobek je z tohoto důvodu hodnocen jako extrémně hořlavý. Jako izokyanátová složka se pro syntézu polyuretanových pěn používá téměř výhradně 4,4-difenylmethandiisokyanát (MDI).

Polyuretanová pěna je tekuté tuhnoucí lepidlo na organické bázi, určené výhradně pro lepení přesně broušených cihel. Protože se jedná o suchý systém zdění, dovoluje se zdění i při nízkých teplotách, a to až do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento spojovací systém se používá k vyzdívání nosného i nenosného zdiva.

V roce 2004 byla podána mezinárodní přihláška vynálezu o nové metodě spojování stavebních prvků pomocí polyuretanové pěny. Od té doby jsou metoda i spojení chráněny evropským patentem EP 1 623 078 B1. Na českém trhu působí dvě firmy, které nabízejí suchý systém zdění lepený PUR pěnou. Zatímco jedna vlastní licenci na zdění a zdivo spojované PUR pěnou a získala pro tento systém osvědčení vydané notifikovaným orgánem (TZUS), druhá společnost zvolila cestu, která tomuto patentu nepodléhá. Patent chrání technologii spojování zdicích prvků na stavbě pomocí polyuretanové pěny a je definován tak, že současně s lepením zdicích prvků jsou také vyplňovány dutiny za účelem zlepšení jejich tepelně izolačních a akustických vlastností. Na tento systém byla rovněž podána žádost o vystavení Evropského technického schválení (ETA).

Způsob spojování zdicích prvků druhé společnosti tomuto patentu nepodléhá, jelikož ho definuje pouze jako lepení na polyuretanovou pěnu. Na svůj systém spojování cihel PUR pěnou vydává Prohlášení výrobce, ve kterém se zavazuje, že systém byl na předepsané vlastnosti odzkoušen v akreditovaných zkušebních laboratořích.

2 Uvádění stavebních výrobků na trh

2.1 Obecný postup

Základním a sjednocujícím předpisem pro oblast stavebních výrobků je Směrnice Rady 89/106/EHS o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků (Construction Products Directive, dále jen CPD).

Směrnice stanovuje postupy posuzování shody stavebních výrobků a podmínky označování stavebních výrobků značkou CE. Směrnice platí v rámci EU do 30. června 2013, poté bude nahrazena nařízením EP a Rady (EU) č. 305/2011 (Construction Products Regulation, CPR).

Směrnice je implementována v obecné rovině v ČR zákonem č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky, s podrobnostmi uvedenými v navazujícím prováděcím předpise – Nařízení vlády č. 190/2002 Sb. (stavební výrobky s označením CE). Technické požadavky na vybrané stavební výrobky bez označení CE se stanoví Nařízením vlády č. 163/2002 Sb.

Dle zákona 22/1997 Sb. je povinnost umísťovat do stavby pouze certifikované výrobky s Prohlášením o shodě.

Výrobce nebo dovozce musí vypracovat prohlášení o shodě na základě dokladu o posouzení shody vlastností výrobku s technickou dokumentací (s českou technickou normou nebo stavebním technickým osvědčením).

Při posuzování shody pro cementové malty se postupuje podle:

- evropského modulu shody, tj. dle NV č. 190/2002 Sb. (vydává se ES prohlášení o shodě na základě technické normy ČSN EN 998-2),

Při posuzování shody pro polyuretanové pěny se postupuje podle:

- národního systému, tj. dle NV č. 163/2002 Sb. (vydává se stavebně technické osvědčení STO. Při zpracování STO se postupuje dle technických návodů).

Výrobce musí zavést, dokumentovat a udržovat systém řízení výroby (Factory production control – FPC), aby zajistil, že výrobky uváděné na trh splňují základní požadavky a odpovídají podmínkám stanoveným v harmonizovaných normách, určených normách nebo stavebním technickým osvědčení.

2.1.1 Postup posuzování shody pro ETICS podle NV č. 190/2002 Sb. (Stavební výrobky s označením CE)

Podle Nařízení vlády č.190/2002 Sb. se posuzují stavební výrobky, pro které **existuje harmonizovaná evropská norma**.

Pokud pro výrobek **neexistuje harmonizovaná norma**, ani se s ní nepočítá nebo se výrobek od ní podstatně odchyluje, lze do režimu Nařízení vlády č.190/2002 Sb. zařadit výrobek tak, že výrobce požádá schvalovací autorizovanou osobu o vydání evropského technického schválení (ETA). Pokud byl zpracován pro daný výrobek řídicí pokyn pro ETA (ETAG), musí být při vydání ETA dodržen postup v něm stanovený. Pokud neexistuje ETAG, lze vydat ETA bez ETAG.

Výsledkem posouzení shody je ES certifikát shody nebo Certifikát systému řízení výroby a následně označení výrobku CE.

Pokud výrobce nežádá o vydání ETA, posuzuje se výrobek podle Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. (bez označení CE).

Vydání ETA bez ETAG

U výrobků, pro které neexistuje ETAG. lze udělit evropské technické schválení případ od případu na základě společné dohody členů Evropské organizace pro technická schválení (EOTA) o postupu posuzování shody (CUAP - Common Understanding of Assessment Procedure), popřípadě na základě příslušného rozhodnutí Komise, pokud existuje. Tento interní dokument EOTA je osnovou, podle které schvalovací osoby vydávají evropské technické schválení, pro něž neexistuje ETAG. Jde o postup, který byl vyvinut pro některé výrobky za účelem urychlení a usnadnění průběhu posuzování shody v rámci organizace EOTA.

2.1.2 Postup posuzování shody pro systémy ETICS podle NV č. 163/2002 Sb. (Stavební výrobky bez označení CE)

Pokud pro stavební výrobek **neexistují harmonizované normy**, ani nebylo vydáno evropské technické schválení (ETA), nebo se výrobce rozhodl postupovat podle národních specifikací, postupuje se podle Nařízení vlády č.163/2002 Sb. V tomto případě přiřadí výrobku příslušný postup posuzování shody, který je pro jednotlivé skupiny výrobků uveden v příloze č. 2 k Nařízení vlády č. 163/2002 Sb.

V případě, že **existují pro výrobek určené normy** a tyto určené normy konkretizují užité charakteristiky ve vztahu k základním požadavkům na stavby, provede se posouzení shody na základě určené normy.

Pro stavební výrobky, pro které **neexistují určené normy** nebo pokud výrobek této normě neodpovídá, popřípadě pokud takové normy nebo technické předpisy nekonkretizují z hlediska určeného použití výrobku základní požadavky, vydává autorizovaná osoba stavební technické osvědčení STO (podle § 3 NV č. 163/2002 Sb.). Vzhledem k tomu, že určené normy jen zřídka postihují veškeré základní požadavky a pouze naprosto výjimečně definují upřesňující požadavky na systém řízení výroby (tyto požadavky jsou povinnou součástí STO), vydává autorizovaná osoba STO v drtivé většině případů posuzování shody podle NV č. 163/2002 Sb.

STO je dokument vydaný autorizovanou osobou, který osvědčuje vhodnost technických vlastností výrobků ve vztahu k základním požadavkům a úloze výrobku ve stavbě. Pro technická zjištění vlastností výrobku předkládá žadatel potřebné podklady, případně vzorky výrobku nebo i výsledky předchozích ověřovacích zkoušek a hodnocení vzorků.

Za účelem zpracování STO pro konkrétní stavební výrobek, jsou vydány technické návody (TN), v nichž jsou uvedeny přehledy vlastností vztahující se k základním požadavkům, metody hodnocení jednotlivých vlastností a další informace nezbytné k sestavení STO a posouzení shody. Výsledkem posouzení shody dle NV č. 163/2002 Sb. je Certifikát výrobku nebo Certifikát systému řízení výroby.

2.2 Postup posuzování shody pro cementové malty a polyuretanové pěny

2.2.1 Cementové malty pro zdění

Při posuzování shody se postupuje podle NV č. 190/2002 Sb. Vydává se ES prohlášení o shodě na základě technické normy ČSN EN 998-2 ed.2 – Specifikace malt pro zdivo – Část 2: Malty pro zdění.

Stanovení shody výrobku se musí provést počáteční zkouškou typu, kterou se prokazuje shoda výrobku s požadavky této Evropské normy a deklarované hodnoty vlastností odpovídají skutečným vlastnostem výrobku, a řízením výroby u výrobce FPC, kterým se prokazuje, že hodnoty deklarovaných požadavků při počátečních zkouškách jsou v průběhu celé výroby dodrženy.

Norma definuje následující základní vlastnosti.

Vlastnost	Ustanovení normy ČSN EN 998-2 obsahující požadavky
Pevnost v tlaku (u návrhových malt)	5.4.1
Poměr dávkování složek (u předpisových malt)	5.3
Soudržnost (u návrhových malt určených pro konstrukční stavební prvky)	5.4.2
Obsah chloridů (u malt určených pro armované zdivo)	5.2.2
Reakce na oheň (u malt pro zdění určených pro stavební prvky s požadavky na reakci na oheň)	5.6
Absorpce vody (u malt pro zdění určených pro venkovní stavební části)	5.4.3
Propustnost vodních par (u malt pro zdění určených pro venkovní stavební části)	5.4.4
Tepelná vodivost/Objemová hmotnost (u malt pro zdění určených pro stavební části s požadavky na tepelnou izolaci)	5.4.6
Trvanlivost	5.4.7
Nebezpečné látky	ZA. 1

Norma rozlišuje dva druhy malt podle záměru výroby. Pro tyto malty jsou přiděleny různé systémy prokazování shody (viz tabulka níže).

- Průmyslově vyráběná návrhová malta pro zdění je malta pro níž výrobce volí složení a výrobní postup tak, aby byly zajištěny předepsané vlastnosti (záměr užitné hodnoty).
- Průmyslově vyráběná předpisová malta pro zdění je malta vyráběná ve stanoveném poměru složek a jejíž vlastnosti se posuzují podle použitého poměru složek (záměr receptury).

Systémy prokazování shody malt pro zdění jsou uvedeny v následující tabulce. Zahrnuty jsou i předepsané úkoly výrobce a notifikovaného orgánu při posuzování shody malt pro zdění. Úkoly se vztahují na všechny příslušné vlastnosti uvedené v předcházející tabulce.

Výrobek	System prokazování shody	Úkoly	
Průmyslově vyráběné návrhové malty pro zdění	2+	Úkoly výrobce	Řízení výroby závodu (FPC)
			Počáteční zkoušky
			Zkoušení vzorků odebraných v závodě
		Úkoly notifikovaného orgánu	Certifikace FPC na základě:
soustavný dozor, posuzování a schvalování FPC			
Průmyslově vyráběné předpisové malty pro zdění	4	Úkoly výrobce	Řízení výroby závodu (FPC)
			Počáteční zkoušky

Pokud výrobce splní požadavky technické normy, vydá ES prohlášení o shodě, které jej opravňuje připojit k výrobku označení CE.

2.2.2 Polyuretanová pěna

Při posuzování shody se postupuje podle NV č. 163/2002 Sb. Vydává se stavebně technické osvědčení STO, při jehož zpracování se postupuje podle technického návodu.

Na trhu jsou dostupné dvě varianty výrobku.

- a) Polyuretanové pěny, jejichž určení není přímo pro zdění. Jsou určeny obecně pro lepení a spojování stavebních materiálů a jedno z možných použití je pro lepení dutých cihel.

Pro tyto polyuretanové pěny se při zpracování STO postupuje podle technického návodu TN 05.11.08.b, výrobová skupina Tmely, maltoviny a lepidla pro vnitřní a vnější použití v pozemních a inženýrských stavbách, podskupina Tmely vyrovnávací a lepicí pro stavební materiály (mimo keramické obkladové prvky a podlahoviny).

V následující tabulce je uveden přehled vlastností, které se při posuzování výrobku ověřují:

Název sledované vlastnosti	Zkušební postup
Přidržnost k podkladu	ČSN 73 2577 ČSN EN 1015-12 ETAG 004, čl. 5.1.4.1.2
Mrazuvzdornost	ČSN 73 2579
Odolnost náhlým teplotním změnám	ČSN 73 2581
Odolnost chemikáliím	ČSN EN ISO 175
Pevnost ve smyku	ČSN EN 1465
Pevnost v tlaku a tahu za ohybu	ČSN EN 1015-11 ČSN EN 13892-2 ČSN EN ISO 604 ČSN EN ISO 178
Prostup vodních par	ČSN EN 12086 ČSN 73 2580 ČSN EN ISO 7783-1,2 ČSN EN ISO 12572 ČSN EN 1015-19
Zdravotní nezávadnost (emise VOC)	ČSN EN ISO 11890-2 ISO 16000-6 ČSN EN ISO 16000-9 ČSN EN ISO 16000-10 ČSN EN ISO 16000-11 EN 13419

b) Polyuretanové pěny určené pro provádění zděných konstrukcí.

Při zpracování STO se postupuje podle technického návodu TN 05.11.11.a.b.c, výroková skupina Tmely maltoviny a lepidla, podskupina: Pěna pro lepení zdicích prvků při zhotovování zdiva. Pěna posuzovaná podle tohoto TN má vymezený způsob použití ve stavbě – Pěna je určena pro lepení přesných zdicích prvků kategorie I.

Následující tabulka uvádí přehled vlastností, které se při posuzování výrobku ověřují:

Název sledované vlastnosti	Zkušební postup	Poznámka
Počáteční přídržnost pěny ke zdicímu materiálu	ČSN EN 1607	
Přídržnost pěny ke zdicímu materiálu po 250 cyklech -5/+40 °C	ČSN EN 1607	
Počáteční pevnost pěny v tahu	ČSN EN 1607	
Pevnost pěny v tahu po 250 cyklech -5/+40 °C	ČSN EN 1607	
Počáteční pevnost stlačené pěny ve smyku	ČSN EN 12090, čl. 5.1.3	
Pevnost stlačené pěny ve smyku po 250 cyklech -5/+40 °C	ČSN EN 12090, čl. 5.1.3	
Reakce na oheň Nehořlavost Spalné teplo Zápalnost Tepelný účinek jednotlivého hořícího předmětu	ČSN EN 13501-1 + A1 ČSN EN ISO 1182 ČSN EN ISO 1716 ČSN EN ISO 11925-2 ČSN EN 13823	Třída F – bez zkoušení nebo třída dle výsledku klasifikace
Emise VOCs	ČSN EN ISO 11890-2 ISO 16000-6 ČSN EN ISO 16000-9 ČSN EN ISO 16000-10 ČSN EN ISO 16000-11 EN 13419 zkušební metoda odborného pracoviště	
Navlhavost při difúzi	ČSN EN 12088	
Typ a množství nadouvadel	Prohlášení výrobce/dovozce	V případě regulovaných nadouvadel je nutná licence
Rychlost vytvrzování	ČSN EN 1607	Zkouší se přídržnost při teplotě provádění -5, +23, +35 °C po 30, 60, 90, 150 min od slepení
Objemová hmotnost vytvrzené pěny	ČSN EN 1602	Zkouška se provede na vzorcích s minimálně porušeným povrchem

Po zpracování STO se provede posouzení shody a výrobce vydává prohlášení o shodě.

3 Navrhování zděných konstrukcí

3.1 Předpisy

3.1.1 Stavební zákon

Souvisejícím předpisem pro stavební výrobky je zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

Požadavky na stavební výrobky jsou ve stavebním zákoně uvedeny v § 156, kde shodně s právní úpravou v zemích EU zákon obecně určuje základní požadavky na stavby. K jejich naplnění specifikuje shodně s CPD šest nejdůležitějších požadavků na výrobky pro stavby, které mají rozhodující vliv na jejich výslednou kvalitu.

Tyto požadavky musí být respektovány jak při navrhování, tak při provádění staveb. Především v zájmu bezpečnosti staveb se požaduje, aby rozhodující výrobky pro stavby a jejich vlastnosti byly ověřovány podle zvláštních předpisů (tj. zákon č. 22/1997 Sb., NV 163/2002 Sb. a NV 190/2002 Sb.).

Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou

- mechanická odolnost a stabilita,
- požární bezpečnost,
- ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých životních podmínek a životního prostředí,
- ochrana proti hluku,
- bezpečnost při užívání,
- úspora energie a tepelná ochrana.

Stavba musí být navržena a provedena v souladu s normovými hodnotami tak, aby splňovala výše uvedené požadavky při běžné údržbě a působení běžně předvídatelných vlivů po dobu plánované životnosti stavby.

Výrobky, materiály a konstrukce navržené a použité pro stavbu musí zaručit, že stavba splní výše uvedené požadavky.

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, je jednou z prováděcích vyhlášek k zákonu č. 183/2006 Sb. Požadavky na stavební konstrukce uvedené v této vyhlášce je proto třeba uvažovat v souvislosti s požadavky na stavební výrobky pro určené použití.

3.1.2 Eurokódy

Od března 2010 jsou platnými českými technickými normami pro navrhování stavebních konstrukcí pouze Eurokódy – převzaté evropské normy zavedené do soustavy ČSN včetně jejich národních příloh.

Eurokódy tvoří řadu evropských norem (zahrnují celkem 58 technických norem), které poskytují jednotnou soustavu technických pravidel pro navrhování pozemních a inženýrských staveb a nahrazují dřívější odlišná pravidla pro navrhování jednotlivých členských států Evropské unie. Zahrnují základní stavební materiály (beton, ocel, dřevo, zdivo, hliník, ocelobetonové konstrukce), hlavní oblasti stavebního inženýrství (zásady navrhování, zatížení, požární odolnost, geotechnika, účinky zemětřesení) a širokou škálu typů konstrukcí (budovy, mosty, stožáry, zásobníky atd.).

Eurokódy jsou určeny k prokázání shody stavebních konstrukcí s dvěma základními požadavky Směrnice Rady 89/106/EHS o stavebních výrobcích, a to s požadavkem č. 1 Mechanická odolnost a stabilita a s požadavkem č. 2 Požární bezpečnost; rovněž tak s vybranými hledisky základního požadavku č. 4 Bezpečnost při užívání, které s mechanickou odolností a stabilitou souvisejí. Metody navrhování jsou v Eurokódech založeny na koncepci mezních stavů ve spojení s metodou dílčích součinitelů. Eurokódy mají sloužit také jako nástroj pro ověřování shody výrobků se základními požadavky na stavby na základě výpočtu, zejména pro stanovení mechanických vlastností stavebních výrobků.

Původní česká norma ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí byla nahrazena evropskou normou ČSN EN 1996 Eurokód 6. Obecná pravidla pro pozemní stavby jsou obsažena v části normy ČSN EN 1996-1-1, kde jsou pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce, v části normy ČSN EN 1996-3 jsou pak pro stavby menšího rozsahu (jednoduché objekty s výškou do 12 m a s rozpětím traktů do 7 m) uvedeny zjednodušené metody výpočtů pro ověření únosnosti zdiva v tlaku, ve smyku, únosnosti podzemních stěn a vnitřních stěn, které nejsou namáhány svislým zatížením a na které působí boční zatížení.

Výsledné vlastnosti zdiva jsou dané kombinací jeho základních prvků (zdících bloků a malty). Na výslednou únosnost zdiva nemají vliv jen mechanické parametry materiálů, ale také jejich uspořádání, tj. správná převazba zdiva apod.

3.2 Posouzení zdiva

3.2.1 Posouzení zdiva zděného na cementovou maltu

Evropské normy EN řady 1996 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí a navazující evropské normy pro komponenty zdiva a zděných konstrukcí uvádějí pro cementové malty pro zdění statické návrhové parametry pro výpočet zdiva.

Statické návrhové parametry jsou tedy stanoveny na základě výsledků zkoušek výrobce nebo výpočtem dle příslušných ustanovení normy ČSN EN 1996-1-1.

3.2.2 Posouzení zdiva zděného na polyuretanovou pěnu

Evropské normy EN řady 1996 Eurokód 6, nezahrnují zdivo lepené v ložných spárách na pěnu a charakteristické hodnoty vlastností takového zdiva nejsou v normách pro navrhování zdiva uvedeny.

Mechanické vlastnosti takového zdiva (zejména pevnost a přetvářnost zdiva v tlaku, pevnost zdiva v tahu za ohybu, počáteční pevnost zdiva ve smyku) příp. další návrhové charakteristiky potřebné pro výpočtové posouzení zdiva musí být proto stanoveny samostatně na základě souboru zkoušek chování různých tloušťek nosného zdiva a jejich kvalifikovaného vyhodnocení a odvození v závislosti na druhu materiálu zdících prvků, jejich tvaru, členění průřezu a pevnosti v kombinaci s pěnou osvědčenou dle technického návodu (TN 05.11.a.b.c) tak, aby zdivo na pěnu bylo možné posoudit podle řady EN 1996 Eurokódu 6.

Bez kvalifikovaného osvědčení vhodnosti použití ve stavbách, založeného na stanovení mechanických vlastností zdiva ze souboru zkoušek a ověření jeho dalších vlastností podle základních požadavků na stavby (požární bezpečnost, tepelně technické vlastnosti, akustické vlastnosti) nelze zdivo na pěnu ve stavbách v České republice ve smyslu zákona č. 183/2006 Sb. v platném znění používat.

Na zdivo zhotovené z konkrétních komponentů vydává notifikovaný orgán osvědčení, které zaručuje, že toto zdivo je z hlediska šesti základních požadavků na stavby podle zákona č. 183/2006 (stavebního zákona) a vyhlášky č. 268/1998 Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu za uvedených podmínek, vhodné k použití ve stavbách na území ČR jako konstrukční sestava zdiva s požadavky pro navrhování a provádění zdiva.

Osvědčení platí jen pro zdivo jako konstrukční sestavu z uvedených komponentů specifikovaných vlastností.

V případě systému řízení výroby zdicího prvku je nutno zajistit, že pokud jakákoliv z tolerancí (zejména výšky, rovinnosti či rovnoběžnosti ložných ploch) přesáhne mezní hodnotu, musí být takový výrobek jednoznačně označen v průvodní dokumentaci k CE štítku - např. větou „Zdicí prvek nesmí být použit pro zdění na PUR pěnu“

Podstatným požadavkem je nejen striktní dodržení všech rozměrových tolerancí ve výrobě zdicího prvku, ale i na stavbě spolu s nutným dodržováním výrobcem předepsaného postupu a kontroly.

V návodu na použití výrobku musí být uvedeno, že výrobek se smí použít pouze pro lepení přesných zdicích prvku ve zdivu se samostatným osvědčením vhodnosti použití ve stavbách pro konkrétní jmenovitě uvedené kombinace zdicího prvku a lepidla.

3.3 Popis zděných konstrukcí

Při navrhování zděných konstrukcí je nutno posuzovat zvolený systém jako celek.

Polyuretanové pěny jsou určeny pouze pro lepení broušených tvárnic. Jelikož je v dnešní době nejrozšířenějším zdicím prvkem porézní pálená tvárnice, se vtaňuje následující popis k této variantě. Jinak je PUR pěnu možné použít také na vápenopískové zdicí prvky, pórobetonové tvárnice, zdicí prvky z umělého kamene, betonové tvárnice s hutným nebo pórovitým kamenivem.

Malty se podle vlastností a použití dělí do tří kategorií:

- Obyčejná malta pro zdění: malta pro zdění, pro níž nejsou předepsány speciální vlastnosti.
- Malta pro zdění pro tenké spáry: návrhová malta pro zdění se zrnitostí kameniva 0-1 mm.
- Lehká malta pro zdění: návrhová malta pro zdění, jejíž objemová hmotnost v suchém stavu je menší než předepsaná hodnota ($\leq 1300 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), vyznačuje se sníženou tepelnou vodivostí.

Zdivo z porézních pálených tvárnic je zpravidla jednoprvkové, tj. šířka zdicího prvku odpovídá tloušťce stěny.

Je potřeba rozlišovat tvárnice pro klasické zdění o výšce 238 mm, které se vyzdívají na normální nebo tepelněizolační maltu a broušené o výšce 249 mm, které se „lepí“ na speciální malty.

Zdiva z porézních velkorozměrových pálených cihel je nutno považovat za systém, v jehož rámci je třeba dodržovat doporučení výrobce, aby zdicí prvky, zdicí malty a omítka byly v souladu.

Standardní pálené tvárnice (nebroušené)

Pro zvýšení tepelného odporu mají porézní pálené tvárnice vysoký podíl děrované plochy a kromě toho velké množství kulovitých vzduchových pórů, které umožňují dosáhnout objemové hmotnosti nižší než $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Styčné spáry zdiva se vytvářejí bez malty úplně těsně na doraz. Zdicí prvky mají zpravidla na styčné spáře pero a drážku. Z tepelnětechnických důvodů se na ložné spáry používá lehká malta s vysokou pórovitostí.

Způsoby zdění nebroušených cihel (klasické zdění)

- u zdění z nebroušených cihel je výška cihly 238 mm a tloušťka ložné spáry 12 mm.

- Tepelněizolační malta, obsahuje expandovaný perlit, který maltě dodává vzdušnost a lehkost a tedy i nízký součinitel tepelné vodivosti ($\lambda < 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$). Tepelný odpor zdiva narůstá až o 20–24 % oproti použití obyčejné vápenocementové malty, ale současně klesá i pevnost.

Broušené pálené tvárnice

Broušené cihly se od klasických cihelných bloků liší tím, že se vyrobí vyšší a ložné plochy se po vypálení zabrousí do roviny brusnými kotouči. Jejich konečná výška je 249 mm oproti výšce klasických cihel 238 mm. Díky vysoké přesnosti vodorovné ložné plochy broušených cihel se zdění provádí na speciální lepidla nebo na polyuretanovou pěnu. Výška maltového lože je snížena z klasických 12 mm na 1 mm.

Systémy přesného zdění nabízejí výrobci všech druhů tvarovek: keramických, vápenopískových, z běžného či vylehčeného betonu i z pórobetonu.



První vrstva cihel se zakládá na dokonale vodorovnou a souvislou vrstvu malty, která nesmí být tenčí než 10 mm. Na založení první vrstvy se používá speciální vápenocementová malta. Aby vrstva malty pro první řadu cihel byla skutečně vodorovná, používá se při jejím nanášení nivelační přístroj s latí a vyrovnávací souprava.

Výrobci zdiva nabízejí zapůjčení nivelační sady k založení první vrstvy zdiva i služby specialistů pro přesné vyměření a založení první vrstvy a průběžné poradenství při stavbě. Děje se tak prostřednictvím stavebnin, které mají od výrobce osvědčení pro prodej a realizaci stavby systémem suchého zdění nebo z broušených cihel.

Od druhé vrstvy se broušené cihly zdí na maltu pro tenké spáry nebo PUR pěnu.

Cementová malta

Používají se dva typy malt pro tenké spáry:

1. Zdění na tenkou spáru

Nanášení malty pouze na žebra cihelných tvarovek, je možné provádět dvěma způsoby:

- namáčením cihel do malty,
- nanášením malty pomocí nanášecího válce.

Malta se nanáší v tloušťce 1 mm a pokrývá pouze žebra cihel, dutiny v cihlách nejsou překryty.

2. Zdění na tenkou spáru celoplošně

Malta se nanáší ve vrstvě cca 3 mm, čímž lépe vyrovná nerovnosti mezi cihlami. Po uložení cihly do lože dojde k jejímu stlačení tak, že konečná tloušťka malty mezi cihelnými bloky je 1 mm.

Nanášení malty pro celoplošnou tenkou spáru je možné pouze nanášecím válcem. Při použití této malty se dosahuje až o 30 % vyšších pevností zdiva v tlaku.

Polyuretanová pěna

Pěna se na zdivo nanáší pomocí aplikační pistole ve dvou pruzích. Nepochází k přenášení vlhkosti z pojiva do cihel a to umožňuje zdění i při nízkých teplotách, a to až do -5 °C.

4 Postup zdění

4.1 Postup zdění na cementovou maltu

4.1.1 Tenkovrstvé zdění

4.1.1.1 Zdění na tenkou spáru, která pokrývá pouze žebra cihel

Nanášení malty, je možné provádět dvěma způsoby:



- Namáčením cihel do malty. Cihly se uchopí za úchopové otvory anebo pomocí speciálních držáků na horní ložné ploše. Spodní ložná plocha se ponoří rovnoměrně do připravené malty pro tenké spáry, maximálně do hloubky 5 mm. Namočená cihla se ihned usadí na své místo ve zdivu. Nanesené množství malty tímto způsobem plně postačuje na pevné spojení jednotlivých cihel do požadované vazby.



- Nanášením malty pomocí nanášecího válce. Nanášecí válec je jednoduché zařízení pro urychlení a zjednodušení zdění z broušených cihel. Malta se dávkuje do zásobníku nanášecího válce, odkud se dostává při rovnoměrném pohybu válce na ložnou plochu již položených cihel. Do takto nanesené tenké vrstvy malty se pokládá nová vrstva cihel.

4.1.1.2 Zdění na tenkou spáru celoplošně

Malta se nanáší celoplošně v tloušťce 3 mm pomocí nanášecího válce tak, aby překrývala i dutiny cihelných tvarovek. Po osazení cihly do maltového lože dojde ke stlačení malty a konečná tloušťka spáry je pak rovněž 1 mm. Tvarovka musí být osazena do max. 8 minut po nanesení malty a po tuto dobu ji lze lehce upravovat do požadované roviny. Malta celoplošně zakrývá ložnou spáru cihelného zdiva.

Zdivo vyzděné na celoplošnou tenkovrstvou maltu vykazuje až o 30% vyšší pevnost v porovnání se zdivem vyzděným na tenkou spáru.

4.1.2 Klimatické podmínky

Zdění by mělo být prováděno při teplotě +5 až +30 °C. Zdicí prvky se nenamáčejí, pokud to není vysloveně uvedeno v technologickém postupu. Nesmí být namrzlé, zaprášené, mastné nebo jinak znečištěné. Při zdění v zimě musí malty obsahovat mrazuvzdorné přísady a je nutno používat malty s pevností o stupeň vyšší (např. pokud je předepsána malta s pevností 2,5 MPa, musí se v zimě použít malta s pevností min. 5 MPa).

Po dokončení prací je třeba chránit zdivo před promrznutím, např. zakrytím polystyrenovými deskami, izolačními rohožemi apod. Zdění za teplot nižších než +5 °C se nedoporučuje, zdění za teplot nižších než -5 °C je zakázáno.

Zdění při nižších teplotách než +5 °C:

- za zimní období obecně pokládáme období mezi 1. listopadem a 31. březnem, případně období před i po tomto datu, kdy teplota v noci poklesne pod bod mrazu po sobě jdoucí 3 dny. Při dodržení několika základních zásad umožní zimní úpravy receptur tvrdnutí směsí i za nízkých teplot až do teploty -5°C. Díky tomu lze stavební sezónu prodloužit až o celý měsíc.

Zásady pro zdění maltou se zimní úpravou při nízkých teplotách:

- suchá maltová směs musí být uskladněna při teplotě nad -5 °C. Při zdění za teploty od 0 °C do -5 °C musí být záměsová voda přehřátá na +30 °C;
- čerstvě vyzděné zdivo musí být chráněno před povětrnostními vlivy nepromokavou fólií a teplota nesmí klesnout v průběhu 14 dnů pod -5 °C;
- období teplot pod +5 °C se nezapočítává do nutné technologické přestávky před statickým zatížením zdiva (např. kladení stropní konstrukce) a omítáním;
- průběh teplot a stavebních prací je bezpodmínečně nutné zaznamenat ve stavebním deníku.

Obecně stavebníci hodnotí zdění na zimní malty za složitý proces, kterému se snaží vyhýbat.

4.2 Postup zdění na polyuretanovou pěnu

Dóza se před aplikací lepidla musí dokonale protřepat, nejméně 20x. Nasadí se na aplikační pistoli a pomocí regulačního šroubu se nastaví potřebný průtok pěny tak, aby nanášený pruh měl průměr cca 3 cm.

Na ložnou spáru se nanáší jeden (do šířky zdiva 140 mm) nebo dva pruhy pěny (pro širší zdivo) asi 5 cm od okraje cihly. Při práci je třeba postupovat nejen pečlivě, ale také rychle, aby byly tvárnice položeny na pěnu ještě před jejím zavadnutím. Usazení broušené cihly je nutné uskutečnit do 3 minut po nanesení pěny a s usazenou cihlou se již dále nesmí manipulovat. Těsně před nanášením zdicí pěny se doporučuje ložnou plochu cihel navlhčit. Doplňkové tvarovky mají hladké styčné plochy bez zazubení, a proto je potřeba pěnu nanášet i na ně. Jestliže přestávka při nanášení trvá déle než 15 minut, píst a trubička by se měly očistit.



Pěnu je dovoleno používat při teplotě do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ovšem teplota obsahu dózy musí být během její aplikace vyšší. Teplota ovlivňuje vydatnost pěny a ideální pracovní teplota je $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při nižších teplotách se vydatnost snižuje, proto je třeba dózy, především v zimních měsících, až po moment aplikace skladovat při pokojové teplotě, případně vhodným způsobem chránit před vychlazením. Při teplotách kolem $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ se prodlužuje i doba tvrdnutí pěny.

Nevytvrzené lepidlo lze po skončení aplikace vyčistit přípravkem na bázi acetonu. Na trhu jsou běžně dostupné čističe PUR lepidel. Vytvrzené lepidlo je možné odstranit pouze mechanicky.

Vytvrzené PUR lepidlo musí být chráněna před UV zářením.

5 Hodnocení technických a aplikačních vlastností

5.1 Pevnost zdiva v tlaku

Cementová malta

Klasický způsob zdění velmi dobře vyrovnává napětí mezi cihlami díky loži o tloušťce 12 mm a významně tak přispívá k pevnosti v tlaku zdi.

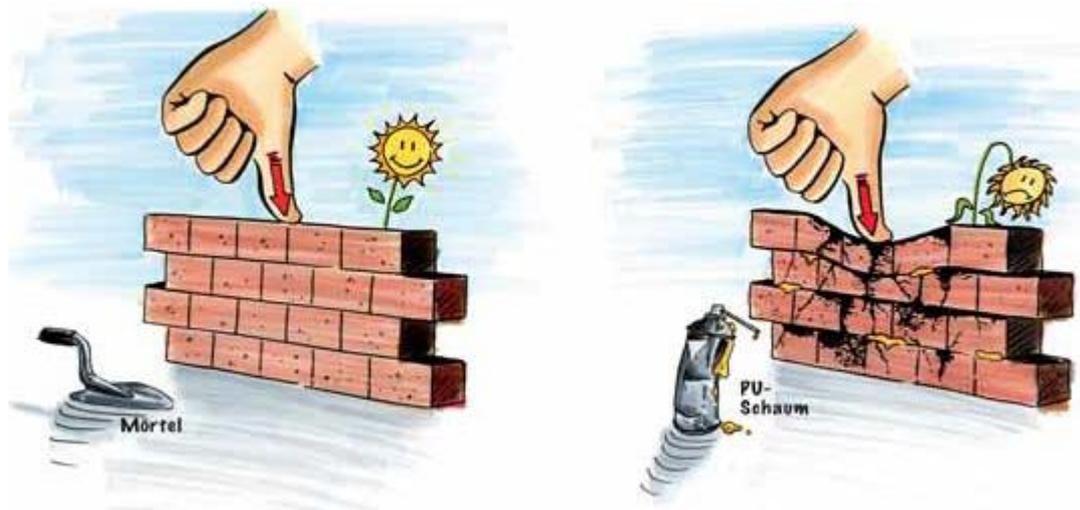
Tenkovrstvé zdění

Zdivo vyzdžené na celoplošnou tenkovrstvou maltu vykazuje až o 30% vyšší pevnost v porovnání se zdivem vyzdženým na tenkou spáru, která pokrývá pouze žebra cihel.

PUR pěna

V ložné spáře se kříží asi 4 mm široká žebírka. Nanesená pěna se po přiložení cihly vmáčkne hlavně do dutin a tam zatvrdne. Pěna vlastně tvoří zádržku mezi cihlami. Spoj je tedy vytvořen především mechanicky. Na pevnosti zdiva se pěna přímo nepodílí. Pevnost zdiva je ovlivněna hlavně přesností broušených cihel. Cihly sedí přímo na sobě a jakákoliv nerovnost způsobí, že je zdivo namáhané extrémně v jednom místě, protože nedochází k správnému rozložení tlaku. Pevnost zdiva tedy ovlivňuje rovnoběžnost rovin a přesnost zabroušení ložných ploch cihelných bloků - čím vyšší přesnost, tím lepší pevnost.

Německý svaz maltařů Industrieverband WekMörtel (IWM) nechal u několika nezávislých institucí provést statická měření. Článek s výsledky byl publikován v časopise Deutsches IngenieurBlatt. Výsledky zatěžovacích zkoušek ukázaly, že nezávisle na použitých tvárnících vykazují stěny zděné s PUR pěnou značně sníženou únosnost. Největší pokles, téměř třicet procent, vykazovalo zdivo z tvarovek s velkými dutinami. Deformace při zkouškách je až 6x větší než u zdi zhotovených s minerální maltou.



V následující tabulce je uvedeno porovnání charakteristické pevnosti zdiva pro tři různé způsoby zdění broušených cihel (pevnost zdicího prvku P8). Z výsledků lze vidět, že použití celoplošného zdění na cementovou maltu zvyšuje pevnost zdiva.

	Charakteristická pevnost zdiva (MPa)
celoplošná cementová malta	3,7
cementová malta pouze na žebrech zdiva	2,3
PUR pěna	2

5.2 Pevnost zdiva ve smyku

Pevnost zdiva ve smyku vyjadřuje pevnost zdiva namáhaného smykovými silami v jeho vodorovných ložných spárách. Polyuretanová pěna je materiál, který má velmi nízkou pevnost. Proto špatně odolává smykovému namáhání a smyková pevnost je tudíž velmi nízká.

	Počáteční pevnost zdiva ve smyku (MPa)
celoplošná cementová malta	0,3
PUR pěna	0,06

Na následujících fotografiích je ukázka stavby zděné na polyuretanovou pěnu. Na druhé fotografii je vidět prasklina ve zdi v místě, kde je ložná spára. V tomto místě se na druhé straně zdi vyléval betonový žlab. Tlak čerstvého betonu způsobil, že cihly nevydržely tlak a došlo k jejich posunutí.



5.3 Trvanlivost

Zdivo musí být navrženo tak, aby jeho trvanlivost odpovídala předpokládanému použití s uvážením podmínek prostředí. Při hodnocení trvanlivosti se klasifikují podmínky, které budou na zdivo působit

- mikropodmínky prostředí - sucho, vlhkost, mráz, sole, chemické látky;
- makropodmínky prostředí - déšť a sněžení, vítr, změny teploty, změny relativní vlhkosti.

Cementové malty

Malta pro zdění musí být trvanlivá, aby po dobu předpokládané životnosti ve zdivu odolala mikropodmínkám, a nesmí obsahovat složky, který by mohly mít nepříznivý vliv na vlastnosti a životnost malty samotné nebo okolní stavební hmoty.

PUR pěna

Polyuretan je polymerní látka, která časem degraduje (vlivem UV záření, ozonu, volných radikálů). Jelikož zdivo není izolované, budou tyto vlivy na pěnu v čase pomalu působit.

Stavbě dává pevnost a tuhost samotná váha budovy a omítka. Nehrozí tedy, že by se stavba rozpadla, pokud by pěna mezi cihlami zdegradovala. Riziko by mohly představovat extrémní situace, kterým by budova čelila. Například náraz většího předmětu do stěny (padající strom), povodně, vichřice a podobně.

5.4 Praskliny v omítce

Každá stavba je velice náchylná na tvorbu prasklin v omítce. Riziko poruch stavební konstrukce spočívá v tvorbě vlasových trhlin ve vnější omítce, tvořící se v místě styčných a ložných spár zdiva.

Zdicí prvky je snaha vyrábět s co nejlepšími tepelněizolačními vlastnostmi. Čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je podíl pórů a tím nižší je pevnost materiálu. Nízká pevnost materiálu zdicích prvků vede k tendenci zvyšovat riziko vzniku trhliny v omítce způsobené smršťováním. Západní fasády se vlivem odpoledního slunce velmi dobře prohřívají. U porézních zdicích prvků toto prohřívání umocňují dobré tepelně izolační vlastnosti hliněného materiálu. Při následném nočním ochlazení, má pak každý prvek tendenci smrstit se směrem do středu. To způsobí otevření styčné spáry a namáhání ve smyku v ložných spárách. Proto jsou nevýhodou velké rozměry zdicích prvků, chybějící výplň styčných spár maltou a nízká pevnost tepelně izolační zdicí malty. Proto i suché spoje budou představovat riziko praskání omítek.

5.5 Podmínky působení prostředí

Větrné počasí

Pokud při zdění fouká vítr, je prakticky nemožné zdít, protože vítr strhává housenky pěny.

Teplota

To, že na trhu existuje výrobek, který dává možnost zdění i za minusových teplot je pozitivní přínos pro stavebnictví. Tuto možnost jistě ocení velké firmy, které staví celý rok a u některých technických staveb volba tohoto materiálu nemusí způsobovat obavy. Ale pro 90% stavebníků, kteří stavbu plánují na letní měsíce, aby stihli do zimy posadit ještě střechu, pak hlavní přednost PUR pěny odpadá.

Je třeba si uvědomit, že zakládací malta nemusí být určena pro zdění v minusových teplotách. Je třeba ji chránit proti promrznutí.

5.6 Časová náročnost zdění

Pokud bychom srovnávali klasického zdění na cementovou maltu a na polyuretanovou pěnu, pak by se opravdu jednalo o velkou úsporu času (výrobci uvádí 50 %). Při srovnání tenkovrstvého zdění na cementovou maltu a pěnu je rozdíl už podstatně menší (výrobci uvádí až 30 % úspory času).

V celkové době výstavby rodinného domu nehraje roli, zda se zhotoví zdivo za 5 nebo 10 dní. Nezáská se moc ale hodně se může ztratit. Jedná se tu o vytvoření základní stavby, která tvoří podstatu a je tedy důležité aby byla provedena co nejkvalitněji.

Větrné počasí navíc může stavbu zpomalit. Za větrného počasí se staví obtížně, jelikož nanesená pěna je větrem strhávána.

5.7 Vzduchotěsnost

Jednou z podmínek pasivního domu je vysoká míra těsnosti obálky. Dům nemá dýchat přes konstrukce, potřebnou výměnu vzduchu má zabezpečovat dostatečné větrání. Malými otvory a netěsnostmi v obálce budovy uniká teplo současně s vlhkostí a vzniká nebezpečí, že vnitřní vlhkost bude kondenzovat uvnitř konstrukce a může ji poškodit. Netěsnost obálky současně ovlivňuje i efektivitu zpětného zisku tepla větracího systému, protože se vzduch vyměňuje netěsnostmi místo toho, aby procházel rekuperačním výměníkem. Proto už ve fázi projektování je nezbytné navrhnout v celém objektu spojitou vzduchotěsnou obálku bez zbytečného přerušení. Při realizaci je zase důležitá detailní stavební dokumentace a důkladný stavební dozor.

Ke kontrole, zda je stavba správně utěsněna, se provádí test vzduchotěsnosti (Blower-door test). Zkouška probíhá následovně: ventilátor umístěný ve dveřním nebo okenním otvoru vytváří podtlak nebo přetlak a současně se provádějí měření, výsledkem kterých je hodnota objemu vyměněného vzduchu za hodinu n_{50} . Hodnota n_{50} musí být menší než $0,6 \text{ h}^{-1}$. To znamená, že při stejném tlakovém rozdílu 50 Pa by se netěsnostmi nemělo za hodinu vyměnit více než 60 % celého objemu vzduchu v objektu.

Při zdění na polyuretanovou pěnu je dosažení vzduchotěsnosti stavby problematické. Jednotlivé šáry od sebe nejsou oddělené, a vzduch uvnitř dutin může volně cirkulovat.

Níže uvedená tabulka shrnuje hlavní výhody uváděné výrobcem, ke kterým je připojen komentář vycházející z normativních předpisů a zkušenosti z technické praxe.

Výhody uváděné výrobcem	Komentář
Až o 50 % rychlejší doba výstavby než při klasickém zdění	S klasickým způsobem, který je určen pro zdění nebroušených cihel, by se tento způsob neměl porovnávat. PUR pěna je určena pouze na broušené cihly. V porovnání tenkovrstvého zdění na cementovou maltu s lepením na PUR pěnu je časová úspora minimální.
Není potřeba přidavače, míchačku ani stavební rozvaděč	Ale je potřeba pro položení první řady cihel.
Úspora vody a elektřiny	-
Zdění i v zimě do -5 °C na rozdíl od běžných technologií (+5°C)	Teplota dózy musí být minimálně +5 °C, nejlépe však +20 °C. To může být někdy problém zajistit, pokud není na stavbě zařízené zázemí, kde by se mohli dózy uchovávat při této teplotě.
Maximální tepelná ochrana díky odstranění tepelných mostů v ložných spárách	Je sporné. Po přilepení vznikne spára 1 mm, která není vyplněná v celé ložné ploše. Ideální je, pokud je spára vyplněná až k líci cihly.
Nižší náklady na vybavení pracovními pomůckami, čisté staveniště	-
Vysoká pevnost díky pevnému slepení již po 20 minutách.	-
Rovná plocha zdiva je optimální podklad pro omítku	Toto platí pro tenkovrstvé zdění na cementovou maltu také.
Jednoduchá manipulace	Toto platí pro tenkovrstvé zdění na cementovou maltu také.

5.8 Protipožární vlastnosti

5.8.1 Zděné konstrukce

Z pohledu navrhování zděných konstrukcí na účinky požáru se používá norma ČSN EN 1996-1-2 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru.

Na základě požadavků této normy nebo na základě výsledků zkoušek z akreditované laboratoře PAVÚS jsou uvedeny požární odolnosti stěn.

Požární odolnost stavební konstrukce je doba, po kterou je stavební konstrukce schopna odolávat teplotám vznikajícím při požáru, aniž by došlo k porušení její funkce (ztrátě nosnosti a stability) – kritérium R, k porušení celistvosti (vzniku trhlin, jimiž by se mohl šířit požár) – kritérium E nebo překročení mezní teploty 150 °C na povrchu konstrukce odvráceném od ohně – kritérium I.

Z hlediska požární odolnosti může být posuzována jen konstrukce, ve které je stavební hmota zabudována. Výsledná požární odolnost pak závisí na součtu mnoha různých faktorů, které mohou zásadním způsobem ovlivnit chování konstrukce v průběhu požáru.

Zdivo zděné na cementovou maltu

Požární odolnosti stěn lze uvádět na základě výpočtových parametrů uvedených v ČSN 1996-1-2, nebo na základě výsledků zkoušek z akreditované laboratoře.

Požární odolnost stěny je různá podle tloušťky stěny, např zdivo 500 mm má REI 180. To znamená, že v deklarované době zdivo neztrácí stabilitu a únosnost.

Zdivo zděné na polyuretanovou pěnu

Požární odolnost stěn vyzděných na polyuretanovou pěnu lze uvádět pouze na základě zkoušek. V akreditované laboratoři PAVÚS byla zkoušena stěna zhotovená z broušených cihel zděných na polyuretanovou pěnu. Na základě provedených zkoušek je požární odolnost oboustranně omítnutého zdiva tloušťky 240 mm až 500 mm REI 120 DP1, tzn. v deklarované době požární odolnosti 120 minut, nezvyšují intenzitu požáru a neztrácejí stabilitu a únosnost, což je způsobeno jejich velmi nízkým obsahem v celé stěně.

5.8.2 Stavební výrobky

Reakce na oheň je určena normou ČSN EN 13501-1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň. Tato norma určuje postup klasifikace stavebních výrobků (i výrobků zabudovaných ve stavbách) podle jejich reakce na oheň. Třídy reakce na oheň, se týkají pouze stavebních hmot, ze kterých jsou konstrukce složeny a nikoliv konstrukcí samotných.

Třída reakce na oheň je důležitým ukazatelem, jak stavební výrobky přispívají svou hořlavostí k rozvoji a intenzitě vznikajícího požáru. Výrobek je nejčastěji na základě kombinace několika malorozměrových laboratorních zkoušek zařazen do jedné ze sedmi tříd s označením A1, A2, B, C, D, E nebo F, kde třídy A1 a A2 představují nehořlavé výrobky, třídy B až F pak výrobky s postupně rostoucí hořlavostí.

Cementové malty

Cementové malty jsou klasifikovány podle reakce na oheň do třídy A1 (výrobky nepřispívají k požáru v žádném jeho stadiu, včetně plně rozvinutého požáru).

Polyuretanové pěny

Polyuretanové pěny výrobci klasifikují buď do třídy reakce na oheň F – výrobky s neprokázanou třídou reakce na oheň (bez zkoušení) nebo dle výsledku klasifikace.

6 Aplikační vlastnosti deklarované výrobcem

Dále jsou uvedeny vlastnosti výrobků tak jak je uvádí výrobce v technických listech. Pro přehlednost a aby bylo možné porovnání, byly vybrány výrobky, které vždy reprezentují daný způsob zdění od stejného výrobce, tj. Heluz. Dále je uveden popis polyuretanové pěny od firmy Den Braven, což je pěna, jejichž určení není přímo pro zdění, ale obecně pro lepení a spojování stavebních materiálů a jedno z možných použití je pro lepení dutých cihel.

6.1 Cementová malta

Cementových malt je na trhu velké množství. Zpravidla každý výrobce nabízí malty jak pro klasické zdění na 12 mm tak pro zdění na tenkou spáru.

Tepelněizolační malta pro zdění (HELUZ - TM 39)

Tepelněizolační malta, obsahující expandovaný perlit, je určena zejména na zdění obvodového zdiva z cihelných bloků HELUZ.

Obsažený perlit dodává maltě vzdušnost a lehkost a tedy i nízký součinitel tepelné vodivosti ($\lambda < 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Tepelný odpor zdiva narůstá až o 20–24 % oproti použití obyčejné vápenocementové malty.

Technické údaje

Pevnost v tlaku	min. 5 MPa
Počáteční smyková pevnost	min. 0,15 MPa
Absorpce vody	max. 0,6 kg/m ² min. 0,5 kg/m ²
Faktor difúzního odporu vodní páry μ	max. 20 – tabulková hodnota
Trvanlivost (mrazuvzdornost)	min. 10 zkouška mrazuvzdornosti malty podle ČSN 72 2452
Reakce na oheň	A1
Objemová hmotnost zatvrdlé malty	650-800 kg/m ³
Součinitel tepelné vodivosti λ	max. 0,20 W/(m.K)
Doba zpracovatelnosti	min. 1,5 hod.
Zrnitost	0-2 mm
Množství záměsové vody	16-16,5 l/1 pytel (50 l)
Vydatnost	cca 650 kg/m ³
Doporučená tloušťka vrstvy	12 mm
Spotřeba při doporučené vrstvě	cca 15,5 l/m ²
Vydatnost při zpracování množství čerstvé malty	Z jednoho pytle cca 39 dm ³ z 1 m ³ cca 770 dm ³
Složení	cement, lehké plnivo a přísady zlepšující zpracovatelské a uživatelské vlastnosti
Balení a expedice	30 pytlů (25kg/1pytel) na paletě 120x80 nebo volně ložená v silech

Malta pro celoplošnou tenkou spáru (HELUZ)

Malta pro celoplošnou tenkou spáru, je určena pro celoplošné zakrytí cihelného zdiva při rovinném zdění. Malta je určena výhradně k tomuto účelu a nelze ji použít pro variantu namáčení.

Technické údaje

Třída malty	M 10 (EN 998-2)
Pevnost v tlaku	0,30 N/mm ² – tabulková hodnota
Sypná hmotnost	1,0 kg/dm ³
Přídavek vody	10-11 l/pytel
Reakce na oheň	A1
Počáteční pevnost ve smyku	0,30 N/mm ²
Propustnost vodních par μ	5/35
Tepelná vodivost $\lambda^{10, dry}$	0,21 W/(m.K)
Trvanlivost (mrazuvzdornost)	Na základě existujících zkušeností a při správném použití je určena pro silně agresivní prostředí, podle EN 998-2 ed.2.
Vydatnost	Spotřeba: podle tvaru otvorů v cihle - cca 15 kg/m ³ cihelného zdiva, - 1 t malty pro celoplošnou tenkou spáru cca 1 450 l čerstvé malty, - 1 pytel malty pro celoplošnou tenkou spáru (25 kg) cca 26 l čerstvé malty.
Složení	cementové pojivo, doplněné čistě minerálním speciálním produktem s vysokou přídržností ve standardně cementově šedé barvě
Balení na paletě 120x80 (118x100)	35 pytlů
Doba zpracovatelnosti	cca 6 hodin (včetně míchání) doba na opravy (korekční čas): cca 7 minut
Skladování	Na suchém místě je skladovatelná minimálně 6 měsíců. Datum výroby je na potisku boční strany. Při zpracování musí být dodržována technická pravidla a směrnice.

6.2 Polyuretanová pěna

Polyuretanová pěna (HELUZ)

Bez cementové tekuté tuhnutí lepidlo s extrémně silnou lepivostí, určené výhradně pro lepení přesně broušených cihel. Protože se jedná o suchý systém zdění, dovoluje se zdění i při nízkých teplotách, a to až do -10 °C. U tohoto systému zdění nedochází k přenášení vlhkosti z pojiva do zdiva. Tento spojovací systém se používá k vyzdívání nosného i nenosného zdiva.

Technické údaje

Pracovní teplota	-10 °C až +30 °C, optimální +20 °C		
Celkový čas vytvrzení	cca 24 hodin		
Tepelná odolnost (po vytvrzení)	-60°C až + 100 °C		
Pevnost v tlaku	0,05 MPa		
Pevnost v tahu	0,14 MPa		
Součinitel tepelné vodivosti	0,036 W/m ² K		
Ohnivzdornost	B3	DIN 4102	
Obsah 1 dózy	750 ml		
Vydatnost při teplotě okolí	+20 °C	0 °C	-10 °C
	55-65 l	45-50 l	30-35 l
Skladování	Pěna musí být skladována na suchém a chladném místě v originálních dózách mimo dosah zdroje tepla a chráněna před ohněm. Skladovací teplota: (+5 až +30) °C. Aby se píšť nezanesl ztvrdlou pěnou, skladují se dózy ve svislé pozici. Záruční doba je 18 měsíců od data výroby.		

Polyuretanová pěna (DEN BRAVEN Multi Kleber)

Jednokomponentní, víceúčelové PUR lepidlo, speciálně vyvinuto pro lepení a fixaci obkladových a konstrukčních stavebních desek např. Light-Board a podobných systémů, obkladových lehčených panelů a izolačních materiálů z polystyrenu, tvrdých PUR desek, ale i sádkartonu, cementovláknitých desek aj. v systému suché výstavby. Ideální pro zděná jádra bytových domů, zvukové mezibytové příčky apod. Lepení expandovaného i extrudovaného polystyrenu, polyuretanu a běžných stavebních materiálů z betonu, pórobetonu (Ytong, Porfix aj.), kamene, cihel, dřeva i kovu.

Vhodné pro zdění nenosného zdiva a dělicích příček. Cihly a tvárnice musí být zbaveny prachu, případně se penetrují. Na každých 10 cm šířky zdiva by měl být aplikován 3-4 cm široký pás PUR lepidla. Spáry mezi cihlami je možné vyplnit uvedeným lepidlem.

Technické údaje

Základ		polyuretan	(4,4 difenylmetandiisokyanát)
Hustota	kg/m ³	15-25	(dle ISO 7390)
Izolační hodnota	mW/m.K	30-35	(dle DIN 52612)
Součinitel tepelné vodivosti A	W/mK	0,035	(dle ČSN 72 7012-2)
Tepelná odolnost	°C	-40/+90	(po vytvrzení)
Teplota dózy pro aplikaci	°C	Nad +5	(optimální +10 až +20) °C
Tepelný rozsah použití	°C	+5/+35	(optimální +15 až +20) °C
Doba vytvoření nelepivé slupky	min.	8-12	(v závislosti na teplotě a relat.vlhkosti)
Řezatelnost	min.	40-50	(při 23 °C / 55 % rel. vlhkosti vzduchu)
Rozměrová stabilita	%	-5%<DS< 0%	
Faktor difúzního odporu μ	-	cca. 28	
Ekvivalentní difúzní tloušťka	m	0,446 m	
Přidržnost k polystyrenu	MPa	0,14	k bílému a šedému EPS
Přidržnost k betonu	MPa	0,10	k suchému betonu bez penetrace
	MPa	0,16	předem penetrovaný beton řádně oschlý
Třída reakce na oheň	-	F	Klasifikace dle ČSN EN 13 501-1
Skladovatelnost	měsíce	18	(Dnem dolů.
Šířka lepidla při nanesení	mm	30-40	Při teplotách od +5 °C do +25 °C)
Vydatnost dózy	m ²	4-6	Při 0 4 cm (nerovný podklad - cihelné zdivo bez omítek např. plná cihla, břizolitové omítky)
	m ²	5-8	Při 0 3 cm (rovný podklad - omítnuté zdivo, přesné tvarovky Porotherm, Heluz, Citherm apod. zděné pomocí tenkovrstvé malty, stejně tak pórobetony a pěnosilikátové tvárnice)

6.3 Spotřeba

6.3.1 Cementová malta

Spotřeba pro zdění broušené cihly tloušťky 440 mm.

- Tenkou spáru: cca 3,5 kg/m²;
- celoplošnou tenkou spáru: cca 6,6 kg/m².

Spotřeba pro zdění broušené cihly tloušťky 115 mm.

- Tenkou spáru: cca 0,9 kg/m²;
- celoplošnou tenkou spáru: cca 1,7 kg/m².

6.3.2 Polyuretanová pěna

vydatnost 1 dózy:

- Tloušťka stěny 175 až 500 mm: cca 5 m² zdiva (dva proužky);
- tloušťka stěny 80 až 140 mm: cca 10 m² zdiva (jeden proužek).

6.4 Směrná pracnost zdění

Směrná pracnost zdění udává, kolik je průměrně potřeba hodin na jeden metr čtvereční zdiva, pokud jsou do práce zahrnuty kromě samotného zdění taky práce jako příprava malty, řezání, přesun materiálu, založení první vrstvy, čištění.

6.4.1 Cementová malta

- Broušená cihla zděná na tenkou spáru: cca 0,98 hod/m²;
- nebroušená cihla na maltu (klasické zdění): cca 1,30 hod/m².

6.4.2 Polyuretanová pěna

- Pro zdicí prvky 440 mm: cca 0,65 hod/m².

6.4.3 Porovnání časové náročnosti

Průměrná měření na stavbě ukazují, že při výstavbě zdí na polyuretanovou pěnu je možné ušetřit cca 30 % času oproti zdění na tenkovrstvou zdicí maltu.

Úspora času je způsobena snížením pracovních nákladů na stavbě, jelikož se neprovádí přípravné a dokončovací práce, jaké jsou nutné u tenkovrstvé zdicí malty.

Cihla	Rozměry cihly	Spojovací hmota	Spotřeba malty	Směrná pracnost zdění (hod/m ²)
broušená	440/248/249	Malta pro tenké spáry	2,8 l/m ²	0,98
		Malta pro tenké spáry - celoplošně	5,3 l/m ²	0,98
		PUR pěna 1 dóza (750 ml)	5 m ²	0,65
standardní	440/247/238	Malta	42 l/m ²	1,3

6.5 Podmínky skladování

6.5.1 Cementová malta

- Skladuje se v originálním obalu, v suchých, krytých skladech, nutno chránit před vlhkem.

6.5.2 Polyuretanová pěna

- Skladuje se jako hořlavý plyn, odděleně od oxidačních a redukčních činidel, kyselin a alkálií, gumy, plastů, hliníku a lehkých kovů.
- Skladovací prostor musí být vybaven detektory kouře a teploty. Musí být zajištěna dostatečná ventilace.
- Nejvhodnější teplota pro skladování je (18 až 25) °C. Dózy se musí chránit před slunečními paprsky a teplotami nad 50 °C.
- Skladuje se ve svislé poloze, aby se píšť nezanesl. Je třeba dózy chránit před mrazem.
- V žádném případě se dózy nesmí přepravovat v kabině řidiče nebo na zadním sedadle.

7 Ekologické dopady plynoucí z používání zdicích hmot a bezpečnost práce

7.1 Nebezpečí poškození zdraví při práci

7.1.1 Cementová malta

Cementové malty jsou klasifikovány jako dráždivé pro oči, dýchací orgány a kůži. Vdechování respirabilního podílu nad limity NPK-P (nejvyšší přípustná koncentrace v ovzduší pracoviště) může způsobit poškození dýchacích orgánů.

Při opakovaném kontaktu nejčastěji mokrého přípravku s nechráněnou pokožkou, může dojít k podráždění pokožky. U některých osob pak může dojít až ke vzniku alergické kontaktní dermatitida. Ta je způsobena převážně citlivostí pokožky na rozpustné soli chromu v přípravku (v cementu). Pro snížení tohoto rizika je do těchto přípravků používán cement, který splňuje požadavky nařízení 1907/2006 (REACH). Výrobek po dobu skladovatelnosti splňuje legislativní požadavek na obsah rozpustného šestimocného chrómu. (Obsah šestimocného rozpustného chrómu je v cementu snižován pomocí redukčních činidel. Limitní hodnota pro obsah šestimocného chrómu v obsaženém cementu je 2 ppm).

Při práci je potřeba pracovat v ochranných rukavicích a brýlích. Zajistit větrání, případně použít filtrační polomasku proti prachu.

7.1.2 PUR pěny

Směs je klasifikována jako zdraví škodlivá a extrémně hořlavá. Existuje podezření z karcinogenních účinků. Může poškodit kojené dítě. Dráždí oči, dýchací orgány a kůži a může vyvolat senzibilici při vdechování a při styku s kůží.

Jako izokyanátová složka se do směsi přidává 4,4-difenylnmethandiisokyanát (MDI). Časté vystavování výparům MDI může způsobit dráždění dýchacího ústrojí, kůže, stejně tak alergie a průduškový astmat. Výrobci se snaží snížit tato rizika vývojem nových technologií speciálních blokátorů, díky kterým se během aplikace lepidla neuvolňují škodlivé výpary MDI. Z dózy se dávkuje pouze tolik MDI, aby úplně všechn zreagoval během procesu tvorby polyuretanu a žádný neunikl do ovzduší.

Izokyanáty jsou v celosvětovém měřítku hlavní příčinou astmatu z povolání. U osob citlivých na izokyanáty se mohou při použití tohoto produktu vyvinout alergické reakce. Osoby, které trpí astmatem, ekzémy nebo kožními problémy, by se měly vyhnout kontaktu s tímto produktem, včetně kontaktu s kůží.

Za podmínek nedostatečného větrání nesmí být produkt používán bez použití ochranné masky s přiměřeným plynovým filtrem. Při práci je potřeba pracovat v ochranných rukavicích, které musí být součástí balení. Na trh pro prodej široké veřejnosti nesmí být uveden výrobek obsahující 0,1 % hmotnostních MDI nebo vyšší pokud dodavatelé nezajistí, aby balení obsahovalo ochranné rukavice. (Výrobci přikládají ochranné rukavice, jejichž maximální doba určená pro kontakt s lepidlem než dojde k průniku je pouze 5 minut).

Nebezpečí vzniku požáru při aplikaci PUR pěn

Směs je klasifikována jako extrémně hořlavá. Při aplikaci PUR pěn je nutné dbát zvýšené opatrnosti. Během práce s pěnou se uvolňují hořlavé plyny a páry a mohou se tvořit výbušné směsi se vzduchem. Nesmí se kouřit a z blízkosti je třeba odstranit všechny zápalné zdroje a zabránit vzniku výboje vlivem statické elektřiny.

Při teplotách nad 50 °C hrozí nebezpečí prasknutí dóz. Oheň nebo velké horko mohou způsobit silnou explozi nádoby.

Při hoření mohou vznikat plyny, které jsou zdraví nebezpečné: oxid uhelnatý (CO), oxid uhličitý (CO₂), oxidy dusíku (NO_x), chlorovodík (HCl). Za určitých podmínek při hoření nelze vyloučit vznik toxických plynů, jako např: kyanovodík (HCN).

Porovnání vybraných ukazatelů z bezpečnostních listů cementové malty a polyuretanové pěny.

	Cementová malta	PUR pěna
Symbole nebezpečnosti		
Klasifikace nebezpečnosti	<p>Xi Dráždivý</p> <p>R 36/37/38 Dráždí oči, dýchací orgány a kůži</p> <p>R 43 Může vyvolat senzibilaci při styku s kůží</p>	<p>Xn Zdraví škodlivý</p> <p>F+ Extrémně hořlavý</p> <p>R20 Zdraví škodlivý při vdechování</p> <p>R40 Podezření na karcinogenní účinky</p> <p>R53 Může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí</p> <p>R36/37/38 Dráždí oči, dýchací orgány a kůži</p> <p>R42/43 Může vyvolat senzibilizaci při vdechování a při styku s kůží</p> <p>R48/20 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním</p>
Nejdůležitější nepříznivé fyzikálně-chemické účinky	Prašnost	<p>Směs je ve formě aerosolu, hnací plyn je extrémně hořlavý.</p> <p><u>Meze výbušnosti:</u></p> <p>dolní 2,7 obj.%, horní 18,6 obj.%.</p> <p>Hnací plyn má hustotu 2x vyšší než vzduch, proto se může hromadit u podlahy.</p> <p>Produkt nesmí přijít do styku s látkami obsahující aktivní atom vodíku, včetně vody. Prudce s nimi reaguje.</p>
Opatření pro hašení požáru	Výrobek není hořlavý	<p><u>Hasiva:</u></p> <p>CO₂, pěna, suché hasící prostředky, vodní mlha</p>

Omezení expozice	<u>Cement</u> PEL 10 mg/m ³	<u>Difenylmethan - 4,4'-diisokyanát</u> PEL 0,05 mg/m ³ NPK-P 0,1 mg/m ³ <u>Dimethylether</u> PEL 1000 mg/m ³ NPK-P 2000 mg/m ³
Pokyny pro odstraňování	Odpad z maltových směsí uložit na povolenou skládku odpadů. Znečištěné obaly odložte na místě určené obcí k ukládání obalu nebo likvidujte spalováním ve schválených zařízeních.	Vytvrzený materiál lze odstranit jako běžný stavební materiál. Znečištěný obal odevzdejte ve sběrně nebezpečného odpadu.
Skladovatelnost/trvanlivost	6 měsíců	12 měsíců
Vysvětlivky:		
PEL	přípustný expoziční limit (mg/m ³)	
NPK – P	nejvyšší přípustná koncentrace v ovzduší pracoviště (mg/m ³)	

7.2 Vliv na životní prostředí

Jedním ze základních požadavků směrnice CPD je "Hygiena, zdraví a životní prostředí". Instalace a stavba nesmí uvolňovat znečišťující látky do nejbližšího okolí (vzduch, půda, voda). Intenzita uvolňování znečišťujících látek do ovzduší, půdy a vody ze stavebních materiálů použitých na vnějších stěnách musí být proto v souladu s právními a správními předpisy platnými v místě, kde je výrobek do stavby zabudován. Výrobce má povinnost vydat písemné prohlášení o existenci nebezpečných látek a bezpečnostní list.

VOC (Volatile Organic Compounds) je skupina těkavých organických sloučenin, schopných tvořit fotochemické oxidanty reakcí s oxidy dusíku, a to za přítomnosti slunečního záření. Produktem reakce látek je přízemní ozon (O₃), který je příčinou tzv. letního smogu. Zdrojem VOC jsou barvy, laky, rozpouštědla a lepidla. VOC zatěžují životní prostředí a mohou dokonce poškodit lidské zdraví, například formou akutní otravy.

7.2.1 Cementové malty

Přípravek není klasifikován jako nebezpečný pro životní prostředí. Lepidlo reaguje s vodou alkalicky, ve vodním prostředí vyvolává změnu pH.

Je nutné zabránit šíření prachu a zamezit náhodnému úniku do kanalizace a vodních toků.

7.2.2 PUR pěny

Polyuretanové pěny obsahují cca 15 až 20 % VOC, které se během aplikace uvolňují do ovzduší a mají tak až 31 krát vyšší potenciál k tvoření tzv. letního smogu než cementová lepidla.

Při havárii či přepravě hrozí nebezpečí úniku monomerů izokyanátu. Pro směs je klasifikován bioakumulační potenciál jako těžce rozložitelný. Výrobek patří do třídy ohrožení vody 1. Může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.

Do vlivu na životní prostředí je potřeba zahrnout také faktor, zda se výrobek dováží a z jaké vzdálenosti. Polyuretanové pěny se na rozdíl od cementových malt v České Republice nevyrábějí. Musejí se dovážet a to zvyšuje jejich ekologickou stopu.

Pro čištění ventilů dóz, pistolových aplikátorů a k odstraňování nevytvrzeného lepidla se používá acetonový čistič, který je klasifikovaný jako extrémně hořlavý, dráždivý a obsahuje 100 % organických rozpouštědel VOC.

7.3 Nakládání s odpady

Balení a označování nebezpečných odpadů je upraveno zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb. a prováděcí vyhláškou k tomuto zákonu č. 381/2001 Sb., Katalog odpadů.

Pro hodnocení nebezpečných vlastností odpadů platí v české legislativě vyhláška č. 376/2001 Sb.

Pokyny pro nakládání s odpady, jejichž zdrojem jsou cementové malty

Nevzniká nebezpečný odpad. Vzniklý odpad z maltových směsí je charakterizován jako ostatní odpad (katalogové číslo odpadu 10 13 11 „Odpady z jiných směsných materiálů na bázi cementu“). Tento odpad se ukládá na povolenou skládku odpadů.

Znečištěné obaly, pytle a fólie se odkládají na místo určené obcí k ukládání odpadu nebo se likvidují spalováním ve schválených zařízeních. Fólie se recyklují, popř. také spalují (katalogové číslo odpadu 15 01 01 „Papírové a lepenkové obaly“, 15 01 02 „Plastové obaly“).

Pokyny pro nakládání s odpady, jejichž zdrojem jsou PUR pěny

Nevytvrzený materiál se zneškodní jako nebezpečný odpad. Nesmí se mísit s komunálním odpadem a je třeba zabránit úniku do kanalizace (katalogové číslo odpadu 08 05 01* „Odpadní izokyanáty“.)

Vytvrzený materiál je klasifikován jako „ Jiné stavební a demoliční odpady.“

Prázdné tlakové nádoby lze zařadit do katalogové položky Kovové obaly, katalogové číslo 15 01 04.

Obal znečištěný výrobkem se odevzdá ve sběrně nebezpečného odpadu. Je klasifikován jako nebezpečný odpad (katalogové číslo 15 01 11 „Kovové obaly obsahující nebezpečnou výplňovou hmotu“).

8 Shrnutí

Složení zdicích hmot

Cementová malta

U malt mezi nejdůležitější vlastnosti patří zpevnování, a také soudržnost (tj. míra adheze mezi maltou a zdicím prvkem v kolmém směru). Zdicí malty se využívají ke scelování konstrukce, složené z jednotlivých částí.

Na stabilitu díla, pokud není provedeno monoliticky, má podstatný vliv správné a pevné spojení ostatních prvků, kterého se dosáhne právě použitím vhodného druhu malty. Malta se tak stává nosným materiálem.

Polyuretanová pěna

Polyuretanová pěna je tekuté tuhnoucí lepidlo na organické bázi, určené výhradně pro lepení přesně broušených cihel. V aplikačních dózách je reakční směs ve formě předpolymeru. Tato reakční směs se připravuje z polyesteru nebo polyetheru a přebytku diisokyanátu.

Požadavky pro uvádění na trh

Při posuzování shody pro cementové malty se postupuje podle:

- evropského modulu shody, tj. dle NV č. 190/2002 Sb. (vydává se ES prohlášení o shodě na základě technické normy ČSN EN 998-2),

Při posuzování shody pro polyuretanové pěny se postupuje podle:

- národního systému, tj. dle NV č. 163/2002 Sb. (vydává se stavebně technické osvědčení STO. Při zpracování STO se postupuje dle technických návodů).

Navrhování zděných konstrukcí

- se provádí dle Evropské řady norem 1996 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí a navazující evropské normy pro komponenty zdiva a zděných konstrukcí.

Posouzení zdiva zděného na cementovou maltu

Statické návrhové parametry jsou tedy stanoveny na základě výsledků zkoušek výrobce nebo výpočtem dle příslušných ustanovení normy ČSN EN 1996-1-1.

Posouzení zdiva zděného na polyuretanovou pěnu

Evropské normy EN řady 1996 Eurokód 6, nezahrnují zdivo lepené v ložných spárách na pěnu a charakteristické hodnoty vlastností takového zdiva nejsou v normách pro navrhování zdiva uvedeny.

Statické návrhové parametry potřebné pro výpočtové posouzení zdiva musí být proto stanoveny samostatně na základě souboru zkoušek chování různých tloušťek nosného zdiva.

Technické a aplikační vlastnosti

1. Pevnost zdiva

Cementová malta

Zdění na cementovou maltu významně přispívá k pevnosti v tlaku zdiva. Zdivo vyzděné na celoplošnou tenkovrstvou maltu vykazuje až o 30% vyšší pevnost v porovnání se zdivem vyzděným na tenkou spáru, která pokrývá pouze žebra cihel.

Polyuretanová pěna

Výsledky zatěžovacích zkoušek ukázaly, že nezávisle na použitých tvárnících vykazují stěny zděné s polyuretanovou pěnou značně sníženou pevnost v tlaku. Je to způsobené tím, že PUR pěna nevyvažuje tlak rovnoměrně do celé plochy tak jako lůžko z cementové malty.

2. Pevnost ve smyku

Polyuretanová pěna je materiál, který má velmi nízkou pevnost. Proto nemůže odolávat smykovému namáhání a smyková pevnost je tudíž velmi nízká.

3. Trvanlivost

Cementová malta

Malta pro zdění musí být trvanlivá, aby po dobu předpokládané životnosti ve zdivu odolala mikropodmínkám, a nesmí obsahovat složky, který by mohly mít nepříznivý vliv na vlastnosti a životnost malty samotné nebo okolní stavební hmoty.

Polyuretanová pěna

Polyuretan je polymerní látka, která časem degraduje vlivem UV záření, ozonu, volných radikálů.

4. Praskliny v omítce

Cementová malta

Čím vyšší je pevnost zdiva, tím nižší je riziko tvorby prasklin v omítce. Na druhou stranu cementové malty vnášejí do zdiva vlhkost, která při vysychání riziko tvorby prasklin zvyšuje.

Polyuretanová pěna

Suchý způsob zdění představuje zvýšené riziko tvorby prasklin v omítce.

5. Klimatické podmínky

Větrné počasí znemožňuje zdění na PUR pěnu. Housenky jsou větrem strhávány.

Pomocí PUR pěny je možné zdít i v minusových teplotách.

7. Vzduchotěsnost

Při zdění na polyuretanovou pěnu je dosažení vzduchotěsnosti stavby problematické. Jednotlivé šáry od sebe nejsou oddělené, a vzduch uvnitř dutin může volně cirkulovat.

8. Časová náročnost zdění

Při zdění na polyuretanovou pěnu je úspora času až 30 % ve srovnání s tenkovrstvým zděním na cementovou maltu.

Protipožární vlastnosti

Cementová malta je klasifikována podle reakce na oheň do třídy A1. Výrobky nebudou přispívat k požáru v žádném jeho stadiu, včetně plně rozvinutého požáru.

Požární odolnost stěny je závislá na tloušťce stěny, např zdivo 500 mm je deklarovaná doba stability a únosnosti 180 minut.

Polyuretanová pěna je klasifikována podle reakce na oheň do třídy F (výrobky s neprokázanou třídou reakce na oheň).

Požární odolnost stěn vyzděných na polyuretanovou pěnu lze uvádět pouze na základě zkoušek.

Nebezpečí poškození zdraví při práci

Cementová malta představuje zdravotní riziko, pokud dojde k nadýchání prachu nebo dlouhodobému kontaktu s kůží (reaguje alkalicky a dráždí pokožku). Malta není klasifikována jako nebezpečná pro životní prostředí.

Polyuretanová pěna je klasifikována jako zdraví škodlivá a extrémně hořlavá. Při její aplikaci se uvolňují nebezpečné výpary MDI (4,4-difenylnmethandiisokyanát), který je závazně klasifikovanou látkou podle nařízení ES 1272/2008 jako karcinogen 2. třídy.

Směs je klasifikována jako extrémně hořlavá. Během práce s pěnou se uvolňují hořlavé plyny a páry a mohou se tvořit výbušné směsi se vzduchem. Nesmí se kouřit a z blízkosti je třeba odstranit všechny zápalné zdroje.

Nakládání s odpady

Cementová malta:

- nevzniká nebezpečný odpad;
- znečištěné obaly, pytle a fólie se ukládají na místo určené obcí k ukládání odpadu.

Polyuretanová pěna:

- nevytvrzený materiál je klasifikován jako nebezpečný odpad;
- znečištěné obaly musí být ukládány ve sběrně nebezpečného odpadu.

Vliv na životní prostředí

Cementová malta:

- přípravek není klasifikován jako nebezpečný pro životní prostředí

Polyuretanová pěna:

- obsahuje cca. 15 až 20 % těkavých organických sloučenin VOC, které se během aplikace uvolňují do ovzduší. VOC tvoří reakcí s oxidy dusíku za přítomnosti slunečního záření nebezpečný přízemní ozón.
- při havárii či přepravě hrozí nebezpečí úniku monomerů izokyanátu, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.

Orientační porovnání pozitivních a negativních vlastností zdicích cementových malt
a polyuretanových pěn

Cementová malta		Polyuretanová pěna	
VÝHODY	NEVÝHODY	VÝHODY	NEVÝHODY
Označení CE - ověření vlastností	Větší pracnost	Snadná příprava	Nelze získat označení CE
Dlouholeté zkušenosti	Do zdiva se vnáší vlhkost	Nevnáší se vlhkost	Použití vhodné pouze pro nízkopodlažní budovy
Vyšší pevnost zdiva vzhledem k rozložení zatížení do cementového lůžka	Vyšší součinitel tepelné vodivosti	Nižší režijní náklady	Nelze používat při větrném počasí
Nehořlavost, třída reakce na oheň A1		Zdění při teplotách do - 5 °C. V takových případech je ale nutno uchovávat na staveništi dózy s pěnou při teplotě 20 °C!	Třída reakce na oheň F (bez zkoušení)
Nepředstavuje riziko pro uživatele ani prostředí			Nižší pevnost zdiva
			Nízká pevnost ve smyku
			Není známá životnost a trvanlivost
			Ochrana zdraví a ekologie
			Degradace působením UV záření
			Netěsnost obálky budovy
			Záměna s PUR pěnamí, které nemají osvědčení a jsou podstatně levnější

9 Závěr

Asi 80 procent našeho života trávíme jako Středoevropané v uzavřených prostorách. Proto, dobré bydlení a zdravý životní styl má vysokou prioritu. O kvalitě bydlení rozhodují především druh a kvalita konstrukčního řešení stavby a použité materiály.

Minerální stavební materiály mají dlouhou tradici sahající do dávné minulosti lidstva. Jejich trvanlivost a stabilita jsou důkladně prověřeny. Vyrábějí se z přírodních surovin a tudíž jen minimálně zatěžují životní prostředí. Těžba nerostných surovin probíhá často v těsné blízkosti výrobní operace. Nízké přepravní náklady a energeticky efektivní výroba tak zajistí dobrou ekologickou rovnováhu minerálních stavebních materiálů. Jejich recyklace je bezpečná a bezproblémová. Při demolici se stavební suť využije jako podkladní vrstva pro různé účely a zároveň nehrozí riziko vyluhování nebezpečných látek do okolního prostředí. Minerální stavební materiály splňují podmínky na výrobky, které přispívají k udržitelnému rozvoji ve stavebnictví. Tyto výrobky se vyznačují funkčností, vysokou kvalitou a nezatěžují životní prostředí.

Pokud jde o zdravotní hledisko minerálních stavebních materiálů, jsou bezkonkurenční. Neobsahují žádné nežádoucí látky, které by poškozovaly lidské zdraví. Jejich zásadité pH má antibakteriální účinek, které je chrání před napadením houbami a plísněmi. Minerální stavební materiály jsou k životnímu prostředí zcela neškodné. Pro jejich výrobu se nepoužívají žádná rozpouštědla ani změkčovadla, která jsou zdrojem nebezpečných emisí.

Na stabilitu díla, pokud není provedeno monoliticky, má podstatný vliv správné a pevné spojení ostatních prvků, kterého se dosáhne právě použitím vhodného druhu malty. Pevné a stabilní stěny tvoří hlavní součást budovy. Malta ve stavbě vyrovnává nerovnosti zdících prvků a zajišťuje rozložení zatížení.

Nová technologie zdění pomocí PUR pěny je pro stavebnictví velkým přínosem, jelikož nabízí možnost zdění za nízkých teplot, kdy už není možné cementové malty používat. Této vlastnosti jistě uvítají velké firmy, které staví během celého roku. Systém lepení PUR pěnou je vhodné používat pro jednopodlažní staticky příliš nenamáhané stavby, např. technických budov jako jsou vodárny, sklady atd.

Z uvedených porovnání výše se jeví jako nejlepší varianta celoplošné zdění na tenkovrstvou cementovou maltu.