

Martin JIRÁNEK

# IZOLACE PROTI RADONU

NÁVRH A POKLÁDKA IZOLACÍ V NOVÝCH STAVBÁCH



## Předmluva

Předkládaná publikace je první ze série příruček, které Státní úřad pro jadernou bezpečnost bude postupně vydávat. Zaměřeny budou na navrhování a provádění jednotlivých typů protiradonových opatření. Důvodem tohoto počínu je snaha dosáhnout vyšší efektivity a optimalizace technických opatření zaměřených na ochranu vnitřního prostředí budov proti radonu. Publikace budou psány tak, aby našly široké uplatnění nejen v projekčních kancelářích a v dodavatelských firmách, ale i u drobných stavebníků.

První příručka pojednává o ochraně nových staveb prostřednictvím protiradonové izolace. Tomuto tématu byla dána přednost proto, neboť protiradonová izolace je opatřením nejčastějším a tvoří i základní díl opatření kombinovaných. Vytvořit dokonalou a trvanlivou protiradonovou izolaci však patří mezi nejobtížnější úkoly. Stačí totiž jediné vadné místo v izolačním systému a ochrana proti radonu končí absolutním nezdarem.

Předložená publikace vyjmenovává požadavky na protiradonové izolace s důrazem na odlišnosti od běžné hydroizolace. Podrobně je popsán výpočet tloušťky izolace, který je pro názornost doplněn dvěma řešenými příklady. Kromě obecných zásad pojednávajících o provádění izolace jsou v příručce uvedeny i jednotlivé materiálové varianty včetně typických detailů izolačního povlaku.

Rád bych poděkoval ing. Marku Novotnému z firmy Siplast s.a., vyrábějící a dodávající vodotěsné izolace, který ve spolupráci s expertní a projektovou kanceláří AWAL s.r.o. vypracoval ucelenou řadu typických detailů izolačních povlaků jak z asfaltových pásů tak syntetických fólií. Jedině s touto pomocí bylo možné vydat předkládanou publikaci v tak krátkém časovém intervalu. Jím zpracované detaily jsou v textu označeny logem firmy AWAL. Poděkování patří též ing. Martině Zapletalové, která pořídila fotografie pro obrázky 22 až 24.

# Obsah

**Které stavby je nutno chránit proti radonu**

**Požadavky na protiradonovou izolaci**

**Vztah protiradonové izolace a hydroizolace**

**Použití protiradonové izolace**

**Výpočet tloušťky protiradonové izolace**

**Příklady na výpočet tloušťky protiradonové izolace**

Příklad 1 - Výpočet protiradonové izolace v nepodsklepeném domě

Příklad 2 - Výpočet protiradonové izolace v podsklepeném domě

**Obecné zásady provádění protiradonové izolace**

**Materiálové varianty protiradonové izolace**

Asfaltové izolační pásy

*Realizace izolačních povlaků z asfaltových pásů*

Fóliové izolační materiály

*Fólie z měkčeného polyvinylchloridu (PVC-P)*

*Realizace izolačních povlaků z PVC-P fólií*

*Polyetylenové fólie*

*Realizace izolačních povlaků z polyetylenových fólií*

*Fólie z modifikovaných polyolefinů*

*Fólie ECB (Etylén-kopolymer-bitumen)*

*Pryžové fólie EPDM*

Stěrkové izolace

**Kontrola a přejímání protiradonové izolace**

**Literatura**

**Příloha 1** - Výpočtové hodnoty součinitele difúze radonu  $D$  a difúzní délky radonu  $l$  v izolačních materiálech

## Které stavby je nutno chránit proti radonu

O nutnosti a způsobu ochrany konkrétního stavebního objektu proti radonu z podloží rozhoduje jednak charakter tohoto objektu a jednak radonové riziko podloží.

Proti radonu musí být chráněny objekty s tzv. pobytovými prostory, které mají být postaveny na podloží se středním nebo vysokým radonovým rizikem. Za pobytový prostor považujeme v souladu s vyhláškou Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 184/1997 Sb. obytné místnosti a kuchyně ve stavbách pro bydlení a v ostatních stavbách místnosti nebo uzavřené prostory, v kterých může součet doby pobytu všech osob za kalendářní rok překročit 1000 hodin.

Základové půdy se v závislosti na koncentraci radonu v půdním vzduchu a propustnosti podloží zařídují do tří kategorií radonového rizika (tab.1), [2]. Čím vyšší je koncentrace radonu v podloží a čím jsou půdní vrstvy propustnější, tím vyšší je pravděpodobnost, že bude do objektu pronikat významné množství radonu. Kategorie radonového rizika tedy vyjadřují jakousi míru rizika pronikání radonu z podloží do stavby.

**Tab.1. Kategorie radonového rizika základových půd podle [2]**

Radonové riziko	Koncentrace radonu v podloží (kBq/m <sup>3</sup> )		
	vysoké	> 100	> 70
střední	30 - 100	20 - 70	10 - 30
nízké	< 30	< 20	< 10
Propustnost podloží	nízká	střední	vysoká

Propustnost pro plyny se pro účely kategorizace určuje na základě zrnitostní analýzy nebo přímým měřením in situ (tab. 2). U vícevrstevných profilů základových půd je rozhodující propustnost zjištěná na úrovni projektované hloubky založení budovy. Koncentrace radonu se stanovuje v hloubce 0,8 m a to minimálně v 15 bodech rovnoměrně rozmístěných po ploše projektovaného půdorysu stavby. Pro začlenění plochy do příslušné kategorie radonového rizika podle tab. 1 se používá hodnota třetího kvartilu statistického souboru hodnot koncentrace radonu.

**Tab. 2 Kategorie propustnosti podloží podle [2, 32]**

Parametr	Propustnost		
	nízká	střední	vysoká
Permeabilita $k$ [m <sup>2</sup> ]	$k < 3 \cdot 10^{-13}$	$3 \cdot 10^{-13} < k < 5 \cdot 10^{-12}$	$k > 5 \cdot 10^{-12}$
Obsah jemnozrné frakce $f$ [%]	$f > 65$	$15 < f < 65$	$f < 15$
Třídy dle ČSN 73 1001	F5, F6, F7, F8	F1, F2, F3, F4, S4, S5, G4, G5	S1, S2, S3, G1, G2, G3

Podle kategorií radonového rizika a v závislosti na typu a dispozici domu se navrhuje jednotlivá protiradonová opatření.

Dostatečnou ochranu objektu na nízkém radonovém riziku může vytvořit běžná hydroizolace provedená celistvě a spojitě po celé kontaktní ploše objektu. Na středním radonovém riziku musí být již objekty chráněny protiradonovou izolací. Tu je možné použít jako jediné opatření i v dolní oblasti vysokého rizika při hranici s rizikem středním. Protiradonová izolace je tedy základním prostředkem ochrany stavby proti radonu z podloží.

## Požadavky na protiradonovou izolaci

Za protiradonovou izolaci považujeme v souladu s ČSN 730601 každou hydroizolaci, která splňuje následující požadavky:

1. izolace musí mít stanoven součinitel difúze radonu a to včetně spoje. Znalost součinitele difúze je totiž nezbytná pro výpočtové posouzení potřebné tloušťky protiradonové izolace v závislosti na typu objektu a radonovém riziku pozemku. Hodnota součinitele difúze v místě spoje izolačních materiálů ukazuje na to, zda je propracována technologie spojování, neboť těsnost spojů hraje klíčovou roli v zajištění bariérové funkce izolace. Investor musí od dodavatele vyžadovat takový druh spoje, na který byla izolace testována. Tuto skutečnost je třeba mít na paměti zvláště u fóliových izolací, u nichž byl součinitel difúze stanoven až na výjimky jen pro spoje vytvořené horkovzdušným svařováním. Ve snaze zlevnit izolační práce však někteří dodavatelé nahrazují svařované spoje neotestovanými spoji na bázi samolepících pásků, což je nepřipustné, neboť těsnost těchto spojů je ve většině případů v reálných podmínkách problematická.
2. tažnost izolace musí být taková, aby pro daný typ založení a dané konstrukční provedení spodní stavby přenesla mezní deformace podle ČSN 73 1001. Tento požadavek je důležitý zejména při používání izolačních materiálů s kovovými výztužnými vložkami. V těchto případech musí být přenos napětí do izolace omezen vhodnou aplikací dilatačních vrstev.
3. trvanlivost izolace musí odpovídat předpokládané životnosti stavby, neboť izolační souvrství je po svém zabudování nepřístupné a tudíž jen velmi těžce opravitelné.
4. izolace musí dále splňovat všechny ostatní požadavky kladené na hydroizolace (ČSN 73 0600) a vyplývající z konkrétních podmínek na staveništi (např. odolnost vůči koroznímu a mechanickému namáhání atd.).

**Protiradonovou izolaci nelze nahradit žádným typem vodostavebného betonu.**

## Vztah protiradonové izolace a hydroizolace

Z definice protiradonové izolace, uvedené v předcházející kapitole, vyplývá, že ji může tvořit každá hydroizolace, která splňuje určité požadavky. Tento přístup umožňuje, aby ochranu proti vodě i radonu zajišťovala pouze jedna izolační vrstva. Nesmíme však zapomenout, že požadavky na bezpečnost a kvalitu izolačního souvrství jsou v obou případech dosti protichůdné. Zatímco na hydroizolaci jsou nejvyšší nároky kladeny tam, kde je objekt zakládán pod hladinou spodní vody, nebo kde se kolem podzemí vyskytují nepropustné zeminy, v případě protiradonové izolace je tomu zcela naopak. Nejvyšší bezpečnost a spolehlivost musí vykazovat v zeminách suchých a vysoce propustných.

Důvodem je skutečnost, že v zeminách nepropustných nebo dokonce pod hladinou spodní vody, je jen velmi malé nebo téměř žádné množství půdního vzduchu, který se navíc může šířit jen difúzí. Zato pro suché a propustné podloží je charakteristický vysoký obsah půdního vzduchu a jeho transport prouděním. V důsledku podtlaku ve spodních partiích domu je pak tento vzduch spolu s radonem nasáván netěsnou konstrukcí spodní stavby a to až ze vzdálenosti několika metrů od domu.

Z výše uvedeného vyplývá, že když se při radonovém průzkumu pozemku zjistí, že objekt bude stát na podloží o středním nebo vysokém radonovém riziku, musíme na ochranu budoucí stavby vždy použít kvalitní, trvanlivé a spolehlivé izolační materiály, byť by k tomu z hydroizolačního hlediska nebyly důvody. Praxe je však taková, že na suchých a propustných

zemínách dodavatelé izolaci značně podceňují a snaží se ji nahradit povrchovou úpravou konstrukcí nebo vodostavebnými betony, atd.

Ten, kdo ví, jak je technologicky obtížné a finančně nákladné zajistit vodotěsnost povlakové izolace pod hladinou spodní vody, si jistě položí otázku, zda je v reálných podmínkách vůbec možné vytvořit ve spodní stavbě plynotěsnou bariéru a když, tak jakým způsobem a za jakou cenu. Odpověď bude zřejmá, jakmile si uvědomíme základní rozdíly v působení tlakové vody a půdního plynu a v možnostech ochrany. Stručně je lze shrnout takto:

- Půdní plyn nepůsobí nikdy, na rozdíl od spodní vody, na konstrukci tlakem, který by mohl vést k poruše povlakové izolace. Protiradonová izolace se tedy nemusí přitěžovat.
- Transport půdního plynu z podloží do budovy lze v propustných zemínách jednoduše ovlivnit změnou tlakových poměrů mezi budovou a podložím nebo eliminací podtlaku ve spodních partiích domu. Průnik spodní vody tímto způsobem ovlivnit nelze.
- Koncentraci radonu v podloží pod domem lze snížit odvětráním podloží. Trvalé snižování hladiny spodní vody je technicky mnohem složitější, navíc bývá toto řešení problematické v důsledku možných negativních vlivů na okolí.
- Nepodaří-li se dosáhnout při realizaci povlakové izolace dostatečné těsnosti, lze koncentraci radonu v interiéru dodatečně snížit zvýšením výměny vzduchu. Dodatečné zajištění vodotěsnosti bývá technicky mnohem náročnější.

Je tedy zřejmé, že v oblasti ochrany proti radonu by bylo neekonomické a neefektivní požadovat absolutní plynotěsnost izolace. Existují totiž technicky přijatelná a cenově výhodná řešení, která dokáží zvýšit spolehlivost izolačního povlaku a jeho odolnost vůči průniku půdního plynu. Mezi tato řešení patří odvětrání podloží, vytvoření podtlaku v podloží pod budovou a nucené odvětrání vnitřního vzduchu. Do ochrany je však zařazujeme až při zvětšených nárocích na bezpečnost, tj. při vyšších hodnotách propustnosti a koncentrace radonu v podloží.

Na ochranu proti radonu tedy není nutné vytvářet finančně nákladné fóliové dvojsystémy, umožňující kontrolu těsnosti vytvořením vakua mezi fóliemi a případně i dodatečné utěsnění izolačních defektů.

Z výše uvedeného je zřejmé, že propustnost podloží hraje klíčovou roli při návrhu obou typů izolací. Zde je však nutno upozornit, že z hlediska ochrany proti radonu se propustnost podloží definuje jinak než v oboru hydroizolační techniky. Zatímco při radonovém průzkumu pozemku se zjišťuje tzv. permeabilita  $k$  [ $m^2$ ], při návrhu hydroizolace se uplatňuje tzv. součinitel propustnosti  $K$  [ $m/s$ ]. Souvislost mezi oběma veličinami uvádí následující vztah [3]:

$$k = \frac{K \cdot \mu}{g \cdot \rho} \quad [m^2] \quad (1)$$

Dosadíme-li do něj hodnoty dynamické viskozity a hustoty platné pro vzduch ( $\mu = 17,4 \cdot 10^{-6}$  kg/(m.s),  $\rho = 1,3$  kg/ $m^3$ ) nebo pro vodu ( $\mu = 1,0 \cdot 10^{-3}$  kg/(m.s),  $\rho = 1000$  kg/ $m^3$ ) a tíhové zrychlení  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>, získáme poměrně jednoduché převodní poměry:

- pro vzduch:  $k = 1,34 \cdot 10^{-6} \cdot K \quad [m^2] \quad (2)$

- pro vodu:  $k = 1,00 \cdot 10^{-7} \cdot K \quad [m^2] \quad (3)$

Odlíšná je i hranice mezi propustnými a nepropustnými zemínami. V hydroizolační technice je tvořena hodnotou součinitele propustnosti  $K = 1 \cdot 10^{-4}$  m/s (vyjádřeno permeabilitou pro

vzduch  $k = 1,34 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$  a pro vodu  $k = 1,00 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$ ). Zeminy s vyšším součinitelem propustnosti se považují za propustné a naopak. Porovnáme-li toto dělení s klasifikací v tabulce 2, zjistíme, že jednotlivé třídy propustnosti se překrývají. Je to důsledek opačných bezpečnostních rizik. Z hlediska ochrany proti vodě jsou rizikovější nepropustné zeminy, a proto je z bezpečnostních důvodů tato kategorie propustnosti vymezena značně široce. U ochrany proti radonu je tomu zcela naopak. Rizikovější jsou v tomto případě propustné zeminy, a proto je tentokrát jejich interval širší. Druhým důvodem překryvu propustností je odlišná velikost transportovaných částic (molekul vody a molekul plynu). Zeminy, které již nejsou propustné pro vodu, mohou být stále ještě propustné pro plyny.

## Použití protiradonové izolace

Samotná protiradonová izolace tvoří dostatečnou ochranu staveb s obytnými prostory v kontaktních podlažích, které jsou stavěny na pozemcích, kde třetí kvartil koncentrace radonu nepřesahuje následující hodnoty:

- 60 kBq/m<sup>3</sup> pro vysoce propustné zeminy,
- 140 kBq/m<sup>3</sup> pro středně propustné zeminy a
- 200 kBq/m<sup>3</sup> pro zeminy s nízkou propustností.

Z výše uvedeného vyplývá, že samotná protiradonová izolace může být použita nejen na pozemcích zařazených do středního radonového rizika, ale i na pozemcích s rizikem vysokým, jestliže třetí kvartil koncentrace radonu v podloží nepřesahuje dvojnásobek rozhraní mezi středním a vysokým rizikem.

Překračuje-li třetí kvartil koncentrace radonu v podloží výše uvedené limity, musí být protiradonová izolace provedena v kombinaci buď s větracím systémem podloží pod objektem nebo s ventilační vrstvou v kontaktních konstrukcích. Důvodem je zabezpečení větších nároků na spolehlivost. Podrobněji bude o těchto kombinovaných systémech pojednáno v samostatných publikacích.

Na druhé straně může být v určitých objektech protiradonová izolace nahrazena pouhou hydroizolací. Jedná se o stavby, kde jsou buď v kontaktních podlažích všechny obytné prostory nuceně větrány, nebo se v kontaktních podlažích nenachází žádné obytné prostory a platí, že:

- a) ve všech místech kontaktního podlaží je zajištěna spolehlivá výměna vzduchu během celého roku,
- b) stropní konstrukce nad kontaktním podlažím je alespoň 3. kategorie těsnosti s utěsněnými prostupy,
- c) vstupy do kontaktních podlaží z ostatních podlaží jsou opatřeny dveřmi v těsném provedení a s automatickým zavíráním.

## Výpočet tloušťky protiradonové izolace

U nových staveb vychází návrh protiradonové izolace z předpokladu, že v obytných prostorech domu musí být průměrná roční ekvivalentní koncentrace radonu menší než směrná hodnota 100 Bq/m<sup>3</sup>. S použitím faktoru nerovnováhy  $F = 0,4$  musí být koncentrace samotného radonu menší než 250 Bq/m<sup>3</sup>.

Pro zajištění výše uvedeného požadavku je nezbytně nutné, aby rychlost přísunu radonu do domu  $J$  byla menší než součin maximálně přípustné koncentrace radonu  $C_{sh}$  ( $250 \text{ Bq/m}^3$ ), objemu místnosti  $V$  a násobnosti výměny vzduchu v místnosti  $n$  podle vztahu:

$$J \leq C_{sh} \cdot V \cdot n \quad [\text{Bq/h}] \quad (4)$$

Celková rychlost přísunu je tvořena jednak prouděním radonu netěsnostmi v izolaci a jednak difúzí radonu skrz protiradonovou izolaci. V ČR odhadujeme, že se difúzní složka podílí na výsledné koncentraci radonu jen 10 %, zatímco zbylých 90 % připadá na konvektivní transport radonu.

Protiradonovou izolaci bychom tedy měli navrhovat tak, aby konvekce radonu nezpůsobila v interiéru vyšší koncentraci než  $0,9 \times 250 = 225 \text{ Bq/m}^3$  a difúze  $0,1 \times 250 = 25 \text{ Bq/m}^3$ . Bohužel se nedá dopředu určit, jak velká bude v hotovém domě konvektivní složka, protože ta závisí, kromě jiného, na celkové ploše netěsností. V praxi proto konvekci nepočítáme, ale místo toho se snažíme zajistit co možná největší těsnost všech spojů izolačních materiálů a prostupů protiradonovou izolací. Výpočet přísunu radonu prouděním by nám stejně nepomohl při návrhu tloušťky izolace, neboť konvekci dokáže zabránit všechny izolace ve svých nejmenších výrobních tloušťkách.

Klíč k výpočtu minimální tloušťky protiradonové izolace tedy nalezneme v difúzní složce transportu radonu. Budeme-li uvažovat pouze difúzi, bude rychlost  $J$  ve vztahu (4) tvořena součinem exhalace radonu z izolace  $E$  ( $\text{Bq/m}^2\text{h}$ ) a plochy izolace  $A$  ( $\text{m}^2$ ). Po záměně  $C_{sh}$  za  $C_{dif} = 0,1 \cdot C_{sh}$  přejde nerovnost (4) do následující podoby:

$$E \cdot A \leq C_{dif} \cdot V \cdot n \quad [\text{Bq/h}] \quad (5)$$

Ze vztahu (5) již můžeme vyjádřit podmínku pro mezní rychlost plošné exhalace radonu do interiéru konkrétního domu. Tloušťka protiradonové izolace se potom určí tak, aby skutečná rychlost plošné exhalace radonu z povrchu izolace byla menší než rychlost mezní.

Vlastní postup návrhu protiradonové izolace lze shrnout do čtyř bodů:

**1.** Ze skupiny pro danou stavbu vhodných hydroizolačních materiálů vybereme ten, který má stanoven součinitel difúze radonu  $D$  (Příloha 1, obr. 1), z něhož je možno vypočítat difúzní délku radonu v izolaci  $l$  (Příloha 1).

$$l = (D/\lambda)^{1/2} \quad [\text{m}] \quad (6)$$

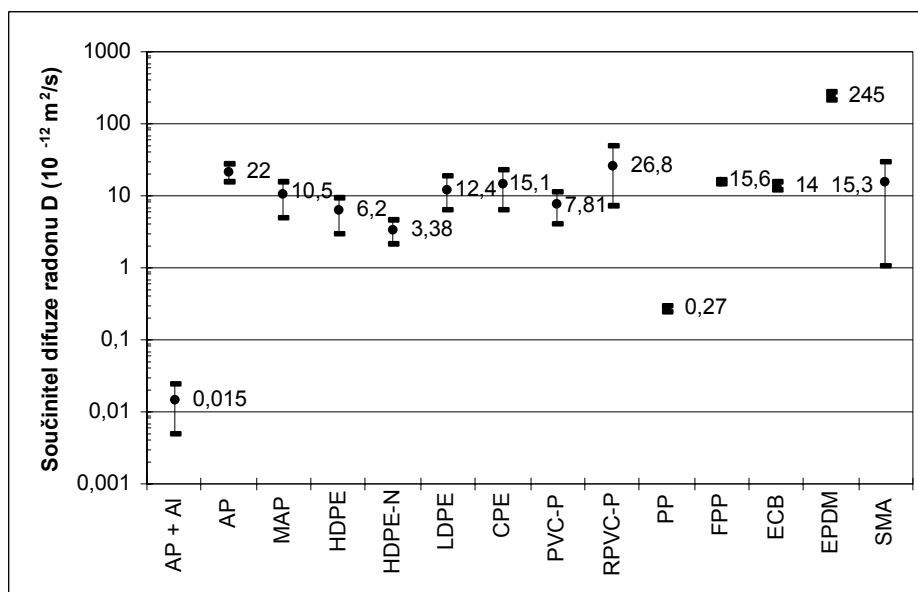
kde  $D$  je součinitel difúze radonu v izolaci [ $\text{m}^2/\text{h}$ ] a  $\lambda$  je rozpadová konstanta radonu [ $0,00756 \text{ h}^{-1}$ ].

**2.** Z charakteristik navrhované stavby se stanoví maximálně přípustná rychlost plošné exhalace radonu do objektu  $E_{mez}$ . Výpočet stačí provést pro takové místnosti v kontaktním podlaží, v kterých má  $E_{mez}$  nejnižší hodnotu. Obvykle to jsou místnosti, kde je buď nejmenší poměr  $V_k/(A_p + A_s)$  nebo nejmenší intenzita výměny vzduchu.

$$E_{mez} = \frac{C_{dif} \cdot V_k \cdot n}{A_p + A_s} \quad [\text{Bq}/(\text{m}^2\text{h})] \quad (7)$$

kde  $V_k$  je objem interiéru zvolené místnosti v kontaktním podlaží [ $\text{m}^3$ ],  $n$  je intenzita výměny vzduchu v místnosti [ $\text{h}^{-1}$ ],  $A_p$  je půdorysná plocha místnosti v kontaktu s podložím [ $\text{m}^2$ ],  $A_s$  je plocha suterénních stěn místnosti v kontaktu s podložím [ $\text{m}^2$ ] a  $C_{dif}$  je podíl difúze na směrné hodnotě koncentrace radonu, tj.  $25 \text{ Bq/m}^3$  pro novostavby nebo  $50 \text{ Bq/m}^3$  pro stávající stavby.





**Obr. 1. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky součinitele difúze radonu v závislosti na materiálu izolace. Sestaveno z výsledků měření na ČVUT fakultě stavební.**

Legenda: CPE - chlorovaný polyetylen, HDPE - vysokohustotní polyetylen, HDPE-N - nopovaná fólie z HDPE, LDPE - nízkohustotní polyetylen, PVC-P - měkčené PVC, RPVC-P - recyklované PVC-P, SMA - stěrka z modifikovaného asfaltu, ECB - ethylen kopolymer bitumenu, PP - polypropylen, FPP – flexibilní polypropylen, EPDM – pryžová fólie (ethylen propylen dien monomer), AP - asfaltový pás, MAP - asfaltový pás z modifikovaného asfaltu, AP+Al - AP s Al vložkou.

3. Z konkrétních podmínek na staveništi se určí skutečná rychlost plošné exhalace radonu do daného objektu  $E$ . Podklady pro výpočet se čerpají především z posudku o zatřídění stavebního pozemku do kategorií radonového rizika.

$$E = \alpha_1 \cdot l \cdot \lambda \cdot C_s \frac{1}{\sinh(d/l)} \quad [\text{Bq}/(\text{m}^2\text{h})] \quad (8)$$

kde  $C_s$  je koncentrace radonu v podloží rozhodná pro zatřídění do kategorií radonového rizika (dosadí se hodnota třetího kvartilu)  $[\text{Bq}/\text{m}^3]$ ,  $d$  je tloušťka izolace  $[\text{m}]$  a  $\alpha_1$  je bezpečnostní bezrozměrný součinitel, jehož hodnoty závisí na propustnosti podloží podle tabulky 3.

**Tabulka 3 - Součinitel  $\alpha_1$**

propustnost zeminy	$\alpha_1$
nízká	2,1
střední	3,0
vysoká	7,0

4. Tloušťka protiradonové izolace  $d$  se stanoví z podmínky  $E \leq E_{mez}$ . Za předpokladu, že bude materiál izolace v celé tloušťce homogenní, zjistíme minimální tloušťku izolační vrstvy ze vztahu (8), do kterého dosadíme  $E_{mez}$ :

$$d \geq l \cdot \operatorname{arcsinh} \frac{\alpha_1 \cdot l \cdot \lambda \cdot C_s}{E_{mez}} \quad [\text{m}] \quad (9)$$

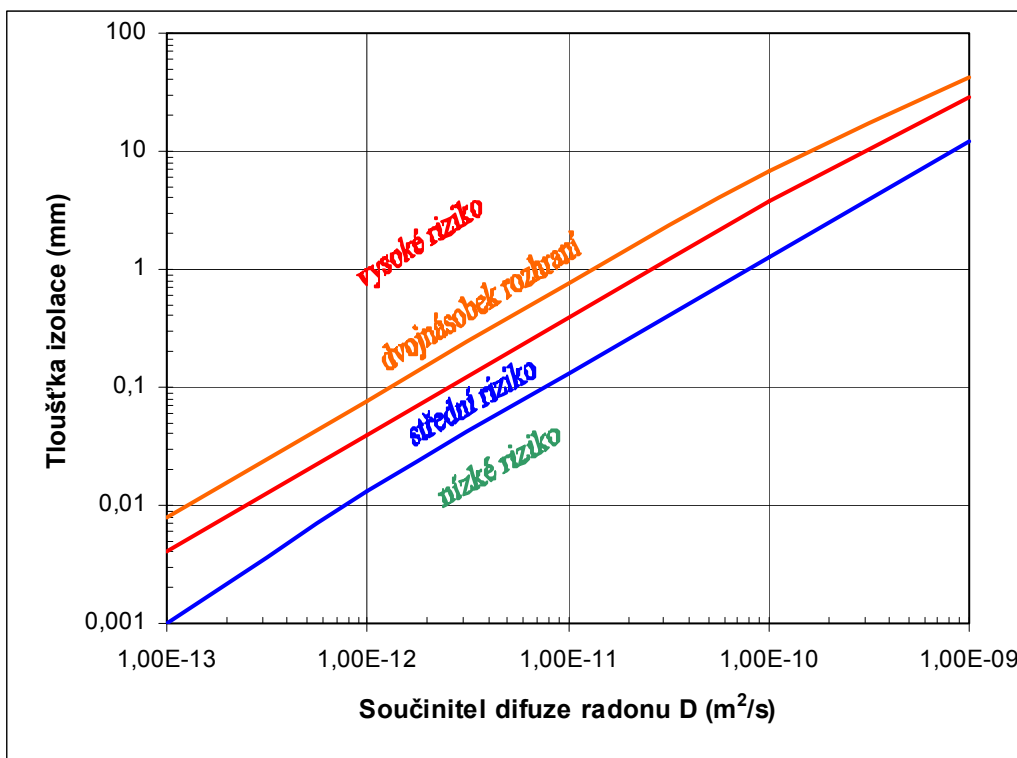
Vzhledem k tomu, že se tloušťka izolace určuje podle výše uvedeného výpočtu, není třeba, aby byl součinitel difúze limitován maximální nebo minimální hodnotou [1]. Z přílohy 1 a obr. 1, který rekapituluje výsledky měření realizovaných na ČVUT fakultě stavební pro více než 120 izolačních materiálů, je zřejmé, že hodnoty součinitele difúze radonu leží v rozmezí řádů  $10^{-15}$  -  $10^{-10}$   $\text{m}^2/\text{s}$ . Nejnižších hodnot bylo dosaženo u asfaltových pásů s hliníkovou fólií a u izolací z polypropylénu. Mezi řády  $10^{-12}$  a  $10^{-11}$   $\text{m}^2/\text{s}$  se součinitel pohybuje u izolací z HDPE, a měkčeného PVC. V rozmezí  $1 \cdot 10^{-11}$  a  $2,5 \cdot 10^{-11}$   $\text{m}^2/\text{s}$  byly změřeny součinitele difúze u asfaltových pásů (z modifikovaného i oxidovaného asfaltu) a u fólií z LDPE, ECB a recyklovaného PVC. Nejvyšší hodnota součinitele difúze byla stanovena u pryžových fólií z EPDM a to  $2,5 \cdot 10^{-10}$   $\text{m}^2/\text{s}$ .

Závislost tloušťky protiradonové izolace na radonovém riziku stavebního pozemku a součiniteli difúze radonu v izolaci je pro typický nepodsklepený rodinný dům zřejmá z obr. 2 a pro podsklepený objekt z obr. 3. Přejít mezi nízkým a středním rizikem je na obou grafech označen modrou čarou, oblast středního rizika se nachází mezi modrou a červenou čarou, nad kterou je již riziko vysoké. Dvojnásobek rozhraní mezi středním a vysokým rizikem, do kterého můžeme na ochranu stavby použít samotnou protiradonovou izolaci, je vyneseno oranžovou čarou. Grafy mohou být použity na předběžné, orientační posouzení vhodnosti konkrétní izolace. Máme například určit, zda izolace o tloušťce 1,5 mm a o  $D = 1 \cdot 10^{-11}$   $\text{m}^2/\text{s}$  bude dostatečná k ochraně stavby s pobytovými místnostmi i ve sklepě situované na středním radonovém riziku. Z obr. 3 odečteme pro průsečíky svislice v  $D = 1 \cdot 10^{-11}$   $\text{m}^2/\text{s}$  s modrou a červenou čarou, že se tloušťka izolace bude pohybovat mezi 0,25 mm a 0,7 mm, neboli uvažovaná izolace vyhoví. Kdyby byl tentýž objekt umístěn na vysokém radonovém riziku, byla by izolace opět použitelná, neboť požadovaná tloušťka by nyní ležela v intervalu mezi 0,7 mm a 1,05 mm. Přesnou tloušťku izolace z grafu neurčíme, neboť ta závisí na konkrétní kombinaci propustnosti podloží a koncentrace radonu v podloží.

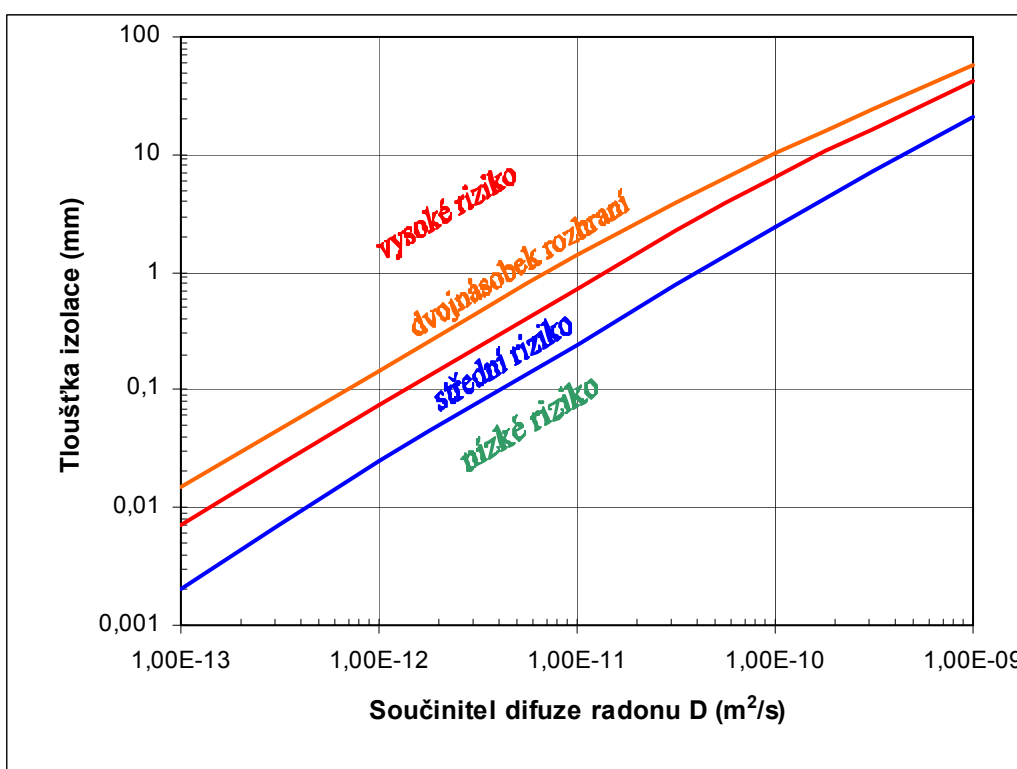
Z obrázků je zřejmé, že s rostoucí hodnotou součinitele difúze a se zvyšujícím se radonovým rizikem vzrůstá i tloušťka izolace. Součiniteli difúze blízcímu se řádu  $10^{-14}$   $\text{m}^2/\text{s}$  odpovídají tloušťky izolace několika tisícín milimetru, které jsou z technologických důvodů (výrobních i kladečských) velmi stěží realizovatelné. Důsledkem je, že výborných bariérových vlastností těchto materiálů nedokážeme efektivně využít, neboť musí být stejně aplikovány ve větších tloušťkách. Na druhé straně si součinitel difúze řádu  $10^{-10}$   $\text{m}^2/\text{s}$  vynucuje již velmi značnou tloušťku, takže použitelnost takovýchto izolací je ve velké míře závislá na koncentraci radonu v podloží, jeho propustnosti a typu objektu. Z hlediska efektivnosti návrhu jsou optimální izolace o součiniteli difúze v intervalu  $5 \cdot 10^{-12}$  až  $3 \cdot 10^{-11}$   $\text{m}^2/\text{s}$ , neboť potřebné tloušťky se v těchto případech shodují s výrobními tloušťkami nejčastěji používaných izolačních materiálů.

Na výslednou tloušťku protiradonové izolace mají tedy zásadní vliv tyto parametry:

- koncentrace radonu v podloží,
- propustnost podloží,
- hodnota součinitele difúze radonu v izolaci a
- typ objektu (podsklepený, nepodsklepený, násobnost výměny vzduchu, tj. hodnota  $E_{mez}$ ).



Obr. 2. Tloušťka protiradonové izolace v závislosti na součiniteli difúze radonu v izolaci a na kategorii radonového rizika (platí pro nový nepodsklepený objekt se světlou výškou místností 2,6 m a s intenzitou výměny vzduchu  $0,3 \text{ h}^{-1}$ , tj. pro  $E_{mez} = 19,5 \text{ Bq/m}^2\text{h}$ ).

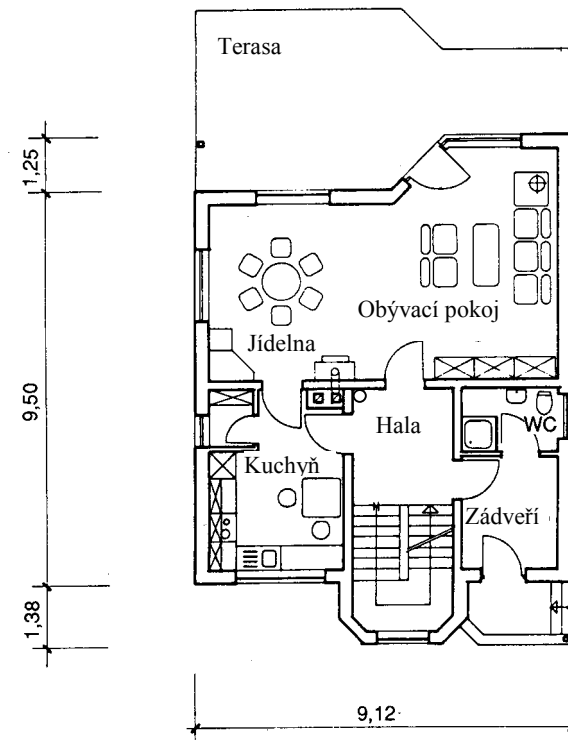


Obr. 3. Tloušťka protiradonové izolace v závislosti na součiniteli difúze radonu v izolaci a na kategorii radonového rizika (platí pro nový podsklepený objekt s terénem 2 m nad podlahou sklepa, se světlou výškou místností 2,6 m a s intenzitou výměny vzduchu  $0,3 \text{ h}^{-1}$ , tj. pro  $E_{mez} = 10,3 \text{ Bq/m}^2\text{h}$ ).

## Příklady na výpočet tloušťky protiradonové izolace

### Příklad 1 - Výpočet protiradonové izolace v nepodsklepeném domě

Uvažujme novostavbu nepodsklepeného rodinného domku s půdorysem přízemí podle obr. 4, který má být postaven uprostřed vilové čtvrti v Hradci Králové. Všechny místnosti mají stejnou světlou výšku, a to 2,6 m. Větrání domu je přirozené. Radonový průzkum stavebního pozemku zatřídil podloží do vysokého radonového rizika. Propustnost podloží byla stanovena jako vysoká a hodnota třetího kvartilu koncentrace radonu v podloží je rovna  $55 \text{ kBq/m}^3$ .



**Obr. 4. Půdorys přízemí RD k výpočtu protiradonové izolace (výpočtová místnost je kuchyň)**

Nejprve je třeba zvolit výpočtovou místnost. Obecně by to měla být taková místnost, kde se očekává nejnižší hodnota  $E_{mez}$ . Protože se jedná o nepodsklepený dům, kde  $E_{mez}$  závisí jen na násobnosti výměny vzduchu a na světlé výšce místností, zvolme za výpočtovou místnost kuchyň, neboť zde můžeme předpokládat nižší výměnu vzduchu než v obývacím pokoji (digestoř nad sporákem je cirkulační, v obývacím pokoji jsou venkovní dveře na terasu, okna ve dvou stěnách a je zde i otevřený krb). Z půdorysu přízemí určíme půdorysnou plochu kuchyně ( $A_p = 11,9 \text{ m}^2$ ) a objem vzduchu v kuchyni ( $V_k = 30,9 \text{ m}^3$ ).

Násobnost výměny vzduchu v kuchyni stanovíme výpočtem podle ČSN 06 0210 z následujícího vztahu:

$$n = \frac{3600 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_k} = \frac{3600 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 4 \cdot 0,7}{30,9} = 0,37 \text{ h}^{-1}$$

Kuchyňské okno o šířce 2 m a výšce 1,5 m s dvěma vodorovnými a třemi svislými těsnými spárami je charakterizováno součinitelem spárové průvzdušnosti  $i_{LV} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} / \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67}$ . Uvážíme-li průměrnou tloušťku rámu po obvodě okna 50 mm, bude celková délka

otvíratelných spár  $L$  rovna 8,0 m. Pro osaměle stojící dům s chráněnou expozicí v lokalitě Hradce Králové (240 m.n.m.) je charakteristické číslo budovy  $B = 4 \text{ Pa}^{0,67}$  a charakteristické číslo místnosti pro kuchyň s třemi vnitřními dveřmi  $M = 0,7$ . Výsledná násobnost výměny vzduchu je  $0,37 \text{ h}^{-1}$ .

Nyní můžeme přistoupit k výpočtu  $E_{mez}$ :

$$E_{mez} = \frac{C_{dif} \cdot V_k \cdot n}{A_p + A_s} = \frac{25 \cdot 30,9 \cdot 0,37}{11,9 + 0} = 24,02 \text{ Bq/m}^2\text{h}$$

V závislosti na hydrofyzikálním, korozním a mechanickém namáhání a na požadované trvanlivosti a spolehlivosti a s přihlédnutím k technologickým možnostem dodavatele stavby vybereme druh protiradonové izolace. Zvolme polyetylenovou fólii PEFOL ISO, jejíž součinitel difúze radonu  $D = 8,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$  a difúzní délka radonu  $l = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ . Minimální tloušťku této izolace vypočítáme z níže uvedeného vztahu, do kterého za koncentraci  $C_s$  dosadíme hodnotu třetího kvartilu a  $\alpha_1$  položíme rovno 7,0 (vysoká propustnost podloží).

$$d \geq l \cdot \operatorname{arcsinh} \frac{\alpha_1 \cdot l \cdot \lambda \cdot C_s}{E_{mez}} = 1,95 \cdot 10^{-3} \operatorname{arcsinh} \frac{7,0 \cdot 1,95 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00756 \cdot 55000}{24,02} = 0,46 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Z výpočtu je zřejmé, že k ochraně uvedeného domu proti radonu z podloží by stačila fólie PEFOL ISO v tloušťce 0,5 mm. Nejenže se takto tenké fólie nevyrábí, ale i z technologických důvodů doporučujeme používat izolace o tloušťce větší než 1 mm. V uvedeném případě se jako nejvhodnější jeví fólie o tloušťce 1,5 mm.

## Příklad 2 - Výpočet protiradonové izolace v podsklepeném domě

V části sklepa u celoplošně podsklepeného rodinného domku, určeného k výstavbě na okraji Dobříše, je navržena ordinace praktického lékaře podle obr. 5. Čekárnu i ordinaci považujeme za pobytové místnosti, ostatní prostory sklepa jsou nepobytové. Všechny sklepní místnosti mají stejnou světlou výšku, a to 2,6 m. Větrání zajišťují plastová velmi těsná sklepní okna. Okolní terén přiléhá k domu ze všech stran až do výšky 1,5 m nad podlahou sklepa. Z radonového průzkumu stavební parcely je zřejmé, že dům bude stavěn na pozemku s vysokým radonovým rizikem (propustnost podloží střední a hodnota třetího kvartilu koncentrace radonu v podloží  $96 \text{ kBq/m}^3$ ).

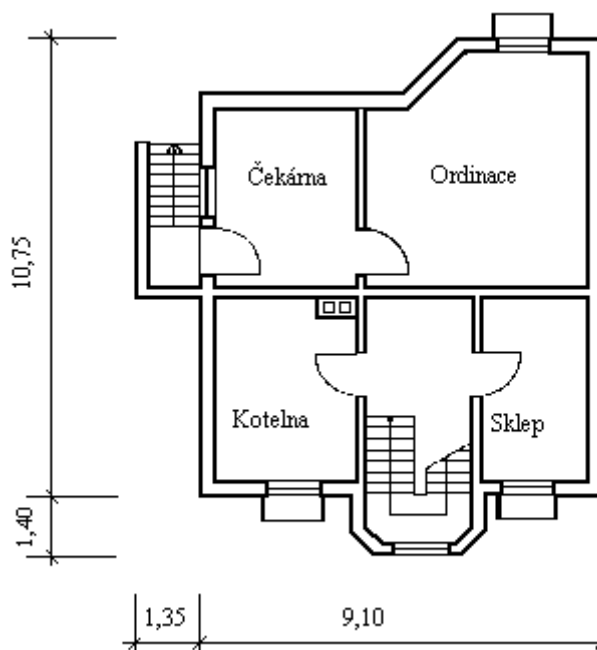
Za výpočtovou místnost zvolíme ordinaci, protože má ve srovnání s čekárnou větší kontakt s podložím, a tak můžeme předpokládat, že zde bude dosaženo nejnižší hodnoty  $E_{mez}$ . Z půdorysu podzemí určíme půdorysnou plochu ordinace ( $A_p = 23,8 \text{ m}^2$ ), plochu suterénních stěn v kontaktu s podložím ( $A_s = [5,4 + 2,6 + 2,0 + 0,8] \times 1,5 = 16,2 \text{ m}^2$ ), a objem vzduchu v ordinaci ( $V_k = 23,8 \times 2,6 = 61,9 \text{ m}^3$ ).

Násobnost výměny vzduchu v kuchyni stanovíme výpočtem podle ČSN 06 0210 z následujícího vztahu:

$$n = \frac{3600 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_k} = \frac{3600 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 4,8 \cdot 8 \cdot 0,7}{61,9} = 0,22 \text{ h}^{-1}$$

Okno v ordinaci o šířce 1,2 m a výšce 1,4 m s dvěma vodorovnými a dvěma svislými těsnými spárami je charakterizováno součinitelem spárové průvzdušnosti  $i_{LV} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} / \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67}$ . Uvážíme-li průměrnou tloušťku rámu po obvodě okna 50 mm, bude celková délka otvíratelných spár  $L$  rovna 4,8 m. Pro osaměle stojící dům s nechráněnou expozicí na okraji Dobříše (437 m.n.m.) je charakteristické číslo budovy  $B = 8 \text{ Pa}^{0,67}$  a charakteristické číslo

místnosti pro ordinaci, v které jsou pouze jedny vnitřní dveře  $M = 0,7$ . Výsledná násobnost výměny vzduchu je  $0,22 \text{ h}^{-1}$ .



**Obr. 5. Půdorys suterénu rodinného domku**

Nyní můžeme přistoupit k výpočtu  $E_{mez}$ :

$$E_{mez} = \frac{C_{dif} \cdot V_k \cdot n}{A_p + A_s} = \frac{25 \cdot 61,9 \cdot 0,22}{23,8 + 16,2} = 8,5 \text{ Bq/m}^2\text{h}$$

Podle hydrofyzikálního namáhání a technologických možností dodavatele stavby vybereme druh protiradonové izolace. Protože bude stavba prováděna svépomocí, zvolme asfaltový pás např. typu Elastocene, jehož součinitel difúze radonu  $D = 27,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$  a difúzní délka radonu  $l = 3,59 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ . Minimální tloušťku této izolace vypočítáme z níže uvedeného vztahu, do kterého za koncentraci  $C_s$  dosadíme hodnotu třetího kvartilu a  $\alpha_1$  položíme rovno 3,0 (střední propustnost podloží).

$$d \geq l \cdot \operatorname{arcsinh} \frac{\alpha_1 \cdot l \cdot \lambda \cdot C_s}{E_{mez}} = 3,59 \cdot 10^{-3} \operatorname{arcsinh} \frac{3,0 \cdot 3,59 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00756 \cdot 96000}{8,5} = 2,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

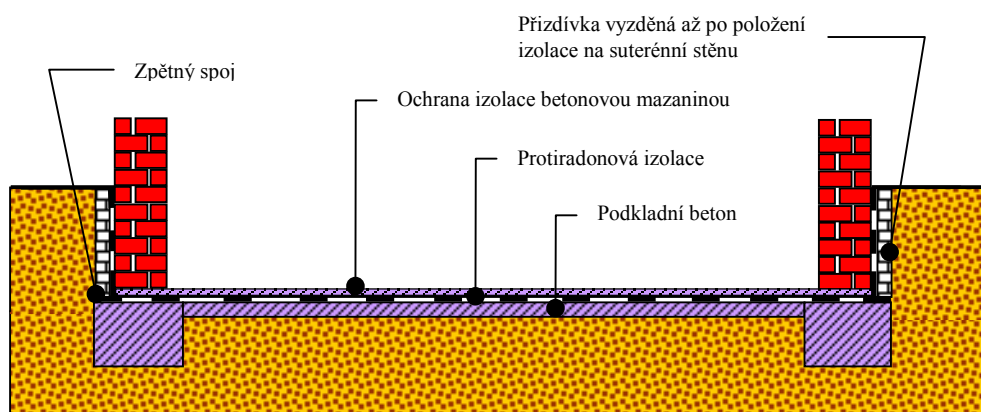
Na ochranu proti radonu postačí jeden asfaltový pás Elastocene v tloušťce 3 mm. Z technologických důvodů se provede tato izolace kolem celého suterénu, nikoliv jen v místě pobytových místností.

## Obecné zásady provádění protiradonové izolace

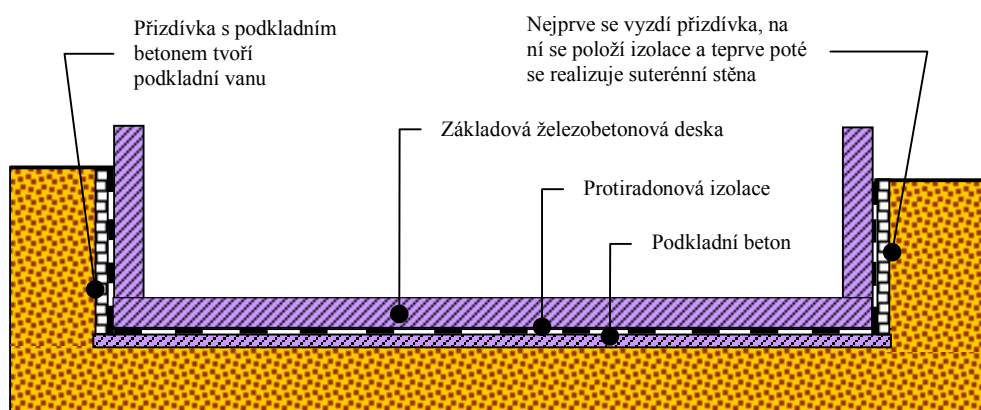
Konkrétní podoba izolační soustavy závisí na postupu realizace podzemí objektu. V principu jsou možné dva pracovní postupy. Buď se nejprve na připravenou podkladní betonovou konstrukci položí vodorovná izolace, která se zakryje vhodnou ochranou (obr. 6). Dále se pokračuje postavením obvodových suterénních stěn, na něž se z vnější strany umístí svislá izolace. Spojení svislé a vodorovné izolace se v tomto případě řeší zpětným spojem. Následně

se provede ochrana svislé izolace. Tento postup se nejčastěji uplatňuje v podmínkách zemní vlhkosti a gravitační vody.

Druhou možností je, že se nejprve vytvoří podkladní vana (obr. 7), jejíž dno je většinou betonové a stěny z plných ostře pálených cihel v tloušťce od 65 mm do 150 mm v závislosti na výšce stěn. Zdí se na cementovou maltu. Následně se na vnitřní stranu podkladní vany položí vodorovná i svislá izolace. Nosná konstrukce stavby se realizuje jako poslední. Bude-li tvořena monolitickým železobetonem, musí být ještě před kladením armatury a betonáží provedena důkladná ochrana izolačního povlaku, např. pomocí polotuhých plastových desek. Tato varianta se nejčastěji volí při zakládání objektů pod hladinou spodní vody.



**Obr. 6. Napojení vodorovné a svislé izolace pomocí zpětného spoje**



**Obr. 7. Izolace spodní stavby do podkladní vany**

Tvar izolovaných ploch má být co nejjednodušší, pokud možno bez prostupů a dilatačních spár a s co nejmenším počtem rohů, koutů a takových tvarů, které vyžadují velký počet etapových spojů.

Podklad pod protiradonovou izolaci musí splňovat podmínky (např. na vlhkost, drsnost atd.) stanovené výrobcem, popř. dodavatelem izolace. Podkladní betony by měly být provedeny v nejmenší tloušťce 100 mm a s celoplošným vyztužením sítí či rozptýlenou výztuží. Je-li nutno pod podkladní betony umístit drenážní vrstvu, musí být odvětrána do exteriéru.

Podklady pro izolaci musí být dohotoveny s takovým časovým předstihem, aby byly dostatečně vyzrálé a kvalitou povrchu odpovídaly předepsaným požadavkům. Musí být osazena případná prostupující tělesa (ochranné průchodky atd.), k nimž se bude izolace

připojovat. Průchodky musí být vytvořeny z materiálů odolných korozi, aby nesnižovaly životnost izolační bariéry.

Protiradonová izolace musí být provedena v celé ploše kontaktní konstrukce. Doporučuje se její plnoplošné přilepení (přítavení) ke konstrukci, což značně redukuje možnost transportu radonu neodvětranou vzduchovou mezerou mezi podkladní konstrukcí a vlastní izolací.

Protiradonová izolace musí být celistvá a spojitá v celé ploše kontaktní konstrukce. Celistvosti se dosahuje zejména realizací vzduchotěsných spojů a prostupů. Těsnost spojů provedených prostřednictvím samolepících pásků je nedostatečná, a proto se tento způsob spojování fólií nedoporučuje na svislé protiradonové izolace z vnějších stran suterénních stěn.

Aby protiradonová izolace splňovala kromě difúze i požadavek na výrazné omezení konvekce vzduchu, nesmí dojít po celou požadovanou dobu její účinnosti k jejímu porušení. Musí být proto navržena tak, aby přenesla všechna napětí existující v konstrukci, mimo jiné i napětí od mezní deformace podkladních základových konstrukcí podle ČSN 73 1001. Přenos napětí lze omezit aplikací separačních nebo dilatačních vrstev a použitím izolací o vhodných funkčních vlastnostech (pružnost, tažnost, vyztužení atd.).

Životnost protiradonové izolace musí být shodná s předpokládanou životností stavby. Tento požadavek vyplývá ze skutečnosti, že izolace spodní stavby jsou nepřístupné a tudíž jen obtížně opravitelné. Navržená izolace musí proto odolávat předpokládané hydrofyzikální, mechanické i korozní expozici.

Před zakrytím protiradonové izolace se musí provést kontrola její celistvosti a neporušenosti a plynutěsnosti spojů a prostupů.

Vodorovná protiradonová izolace musí být před položením dalších podlahových vrstev chráněna proti poškození vhodným způsobem (např. překrytím ochrannou textilií, deskami z plastů, vrstvou prostého betonu atd.).

Rovněž svislá protiradonová izolace se chrání proti mechanickému poškození při provádění zásypu např. přízdívkou z ostře pálených mrazuvzdorných cihel, ochrannou textilií o plošné hmotnosti alespoň  $600 \text{ g/m}^2$ , ochrannými deskami, popř. fóliemi z plastů. Na vysokém radonovém riziku se doporučuje tuto ochranu řešit prostřednictvím vlnitých desek nebo plastových nopovaných fólií, které při vytažení až nad terén umožňují zároveň odvětrání radonu. V některých případech může být výhodné použití tvrzených nenasákových tepelně izolačních desek, neboť je současně s ochrannou funkcí řešena i tepelná izolace stěny.

Při ochraně izolace z tenkovrstvých materiálů (např. ochranných textilií, ochranných desek z plastů) nesmí zasypané materiály obsahovat ostrohranné příměsi. Provádění zásypu (včetně jeho zhutnění) musí být provedeno tak, aby nedošlo k poškození izolace.

Při přerušení provádění izolace (např. v místech pracovních spár, etapových napojení apod.) musí být zajištěna ochrana izolace proti provozním vlivům dočasnou (provizorní) vrstvou nebo konstrukcí.

K zajištění spojitosti protiradonové izolace v těch místech konstrukce, kde je přestupováno dovolené namáhání izolace, nebo tam, kde není možné ze statických důvodů přerušení probíhající výztuže, se navrhuje hydroizolační přepážky. Ty mohou být buď z ocelových desek nebo z nátěrových povlaků ze syntetických pryskyřic (epoxydy, polyuretany). Probíhající výztuž se v přepážce utěsní buď přivařením na ocelovou desku nebo nanesením nátěru na výztuž až do výšky 80 mm. Přepážky přesahují obrys konstrukce minimálně o 150 mm a na tento přesah se plynutěsně napojí protiradonová izolace.



## Materiálové varianty protiradonové izolace

Nabídka hydroizolačních materiálů, které je možno použít zároveň i k ochraně proti radonu, je v současné době tak široká, že se s ní jen málokterý projektant může kompletně seznámit. Ještě horší situace je mezi drobnými stavebníky, kde informovanost o nových izolačních materiálech je velmi mizivá. K přehlednosti nepřispívají ani informace výrobců, které bývají neúplné, často jednostranně vyzdvihují klady a o záporech se nezmiňují. Setkáváme se tak s návrhy, které nejen že nerespektují vlastnosti použitého materiálu, ale ani vnější vlivy, hydrofyzikální namáhání atd.

Je zřejmé, že výběr optimálního řešení bývá proto i pro zkušené a informované projektanty velmi obtížný. Při navrhování izolací spodní stavby je v první řadě nutné si uvědomit, že izolace budou po zhotovení nedostupné, což prakticky vylučuje jejich údržbu a rovněž opravy jsou zpravidla velmi komplikované. Protiradonová izolace musí být proto vyprojektována za respektování veškerých poznatků o chování izolačních hmot za všech v úvahu přicházejících okolností. Navrhování izolací pouze s ohledem na hodnotu součinitele difúze radonu je tedy nepřijatelné. Pozornost je třeba dále věnovat zpracovatelnosti, aplikačním podmínkám, spojitelnosti izolačních materiálů, jejich tažnosti a trvanlivosti, odolnosti vůči koroznímu namáhání atd.

Komplikovanost výběru spočívá v tom, že požadavky na izolace se liší od jedné stavby ke druhé a že ne všechny materiálové varianty vyhovují ve všech požadovaných parametrech. Pro lepší orientaci v současném bohatém sortimentu izolačních materiálů jsou dále uvedeny charakteristické vlastnosti nejčastěji používaných materiálů a zásady jejich pokládky.

### Asfaltové izolační pásy

Asfaltové pásy, které se vyrábějí se již od počátku 19. století, patří k vývojově nejstarším izolačním hmotám, které se i v současnosti neustále vyvíjejí s cílem zmírnit nebo odstranit některé jejich nedostatky. Moderní asfaltové materiály se ve svých mechanicko fyzikálních vlastnostech výrazně odlišují od méně kvalitních starších pásů a lepenek, které však bohužel neustále zůstávají v paměti projektantů a jsou jimi používány i pro účely, na které se nehodí. Z hlediska ochrany proti radonu patří mezi klady asfaltových pásů skutečnost, že je lze plnoplošně natavovat k podkladu, čímž je vyloučena existence vzduchové mezery mezi izolací a stavební konstrukcí, kterou by se mohl šířit radon.

Vlastnosti asfaltových izolačních pásů závisí převážně na druhu a materiálu nosné vložky a na typu asfaltové krycí hmoty. Podle typu krycí hmoty rozlišujeme pásy z asfaltů oxidovaných a asfaltů modifikovaných.

**Asfaltové pásy z oxidovaného asfaltu** - jedná se o tzv. klasické asfaltové pásy, jejichž mechanická odolnost bývá velmi špatná. Tepelná stálost je omezena cca 70 °C a ohebnost teplotou 0° C. V praxi se doporučuje tyto pásy zpracovávat jen při teplotách vyšších jak 5°C, jinak dochází při rozvinování pásů k praskání krycí vrstvy. Rovněž tažnost dosahuje pouhých 2 - 5 % (bez výztužné vložky). Pohyby v konstrukci vyvolané sedáním, smršťováním a teplotními změnami vedou k namáhání pásu v místě spáry a k jeho postupnému trhání. Časem nebo vlivem nižších teplot pásy křehnou, stávají se neohebnými a lámou se. V žádném případě je není možné považovat za plasticko-elastickou látku, která snadno překlene různé deformace podkladu při zachování funkčních vlastností.

**Asfaltové pásy z modifikovaného asfaltu** - cílem modifikace je zvětšit rozmezí použitelnosti, tj. odstranit nebo snížit křehkost asfaltů při teplotách pod 0° C a na druhé straně omezit stékevost při vyšších teplotách. Modifikací se rozumí taková úprava, při které se

asfalty mísí s vhodnými látkami organického polymerního původu. V současné době převládají dva způsoby modifikace asfaltů:

**1. plastický typ modifikace pomocí ataktického polypropylénu (APP)** – množství modifikační přísady se pohybuje od 15 do 30 %. Pásky tohoto typu vynikají dlouhou životností, odolností vůči vysokým teplotám (až do cca 140 °C), vůči UV záření a proti stárnutí. Ohebnost za chladu vyhovuje až do cca -20 °C. Průtažnost APP hmoty bez vložky dosahuje cca 50 %. Plastický charakter modifikace však způsobuje, že po protažení se pás nevrací do původního tvaru. Pásky tohoto typu se navrhují tam, kde rozhoduje trvanlivost a kde izolační povlak není vystaven nadměrnému mechanickému zatížení. Pásky s plastickou modifikací bývají lacinější než s elastickou modifikací, jejich vlastnosti při nízkých teplotách jsou však horší.

**2. elastický typ modifikace pomocí SBS (styren-butadien-styren) kaučuku** - tento typ pásů je elastický i při teplotách hluboko pod nulou. Až do cca -35 °C se netrhají a nelámou. Vynikají vysokou flexibilitou a tažností, která může dosahovat i několika stovek procent (bez vložky). Po protažení se vrací do původního tvaru. Zato tepelná stálost 100 °C je horší než u APP pásů a rovněž odolnost vůči UV záření je nižší. Používají se na izolace přenášejí střední až vysoká napětí (ČSN 73 0600). Je nutno však upozornit, že výsledné vlastnosti SBS pásů závisí na množství modifikační přísady. U kvalitních pásů by se měl obsah elastické modifikace pohybovat mezi 7 a 15 %. Poklesne-li pod 7 %, chová se asfalt za nižších teplot již téměř jako běžný asfalt oxidovaný. Vyšší obsah modifikační přísady dává asfaltu i samozacelující schopnosti např. při místním proražení.

Většina pásů se vyrábí s nosnou vložkou, i když některé modifikované SBS pásky se obejdou i bez ní. Výztužná vložka ovlivňuje mechanické vlastnosti pásu, především pevnost v tahu a tažnost.

Vývojově nejstarší používanou vložkou byly papírové a hadrové lepenky, později pak netkané jutové textilie. Tyto vložky jsou nasákavé a při dlouhodobém působení vlhkosti dochází k bobtnání a hnití vláken, což se projevuje objemovými změnami a destrukcí vložky. Vzhledem k nízké životnosti nesmí být na protiradonové izolace použity asfaltové pásky s těmito vložkami.

Přednost by měla být dávana pásům s nenasákavými vložkami z minerálních, skleněných nebo syntetických vláken v podobě rohoží či tkanin. Tyto materiály zajišťují, že jsou pásky měkčí, ohebnější, lépe přilnou k podkladu a nelámou se. Obecně platí, že vložky z tkanin jsou pevnější a odolnější na proražení než vložky z rohoží. Výrobky s vložkami z tkanin mají pevnost v tahu až 20 kN/m., zato pevnost pásů s vložkami z rohoží se pohybuje mezi 6 kN/m (skleněné rohože) po 16 kN/m (polyesterové rohože). Kromě menší pevnosti bývá nevýhodou některých skleněných rohoží i omezená tažnost (do 4 %), což může činit potíže při tvarování pásů v místech detailů. Tento nedostatek odstraňují v poslední době značně používané houževnaté a průtažné rohože z polyesteru (tažnost až 50 %), které poskytují pásům dobrou tvarovatelnost. I při roztavení krycí asfaltové hmoty drží takový pás dobře pohromadě. Vzhledem k vyšší ceně se polyesterové vložky používají zpravidla jen v kombinaci s modifikovanými asfalty.

Při navrhování na radon dříve velmi preferovaných pásů s vložkou z kovové fólie (nejčastěji hliníkové) je třeba pamatovat na jejich specifické chování. Používat by se přednostně měly pásky s vložkou opatřenou profilováním nebo s vložkou zvlněnou, neboť tyto úpravy jednak zlepšují adhezi krycí vrstvy, jednak zlepšují tažnost a ohebnost pásu a vyrovnávají dilatační změny, způsobené rozdílnou roztažností asfaltu a hliníku. Průtažnost ale i tak zůstává velmi

nížká, s čímž je nutno počítat zvláště v místech možných pohybů v podkladní konstrukci. Průtažnost nezvýší ani kombinace kovové fólie s modifikovaným asfaltem.

Zvláštních zásad je třeba dbát i při jejich pokládce. Vložky z hliníkové fólie mohou působením alkalických vod korodovat. Aby se předešlo porušení izolace, neměly by být pásy s těmito vložkami kladeny na vlhký čerstvý beton. Při natavování pásů je třeba postupovat opatrně, protože se vložka snadno zahřeje a může dojít k nadměrnému stékání krycí asfaltové hmoty (zvláště u pásů z klasického asfaltu). Vzhledem k tomu, že si pásy po natavení podržují vyšší teplotu, zůstávají déle měkké, čímž je pochůznost po nich na delší dobu omezena.

Některé pásy používají jako nosnou vložku přímo fólii z polyetylénu. Ta však není jen nosným prvkem, ale plní i hydroizolační funkci, popř. funkci protiradonové izolace. Někteří zástupci těchto materiálů mají na fólii nanесenu samolepicí vrstvu z modifikovaného asfaltu, která má jednak funkci izolační, jednak slouží k vzájemnému spojování pásů a k plnoplošnému připevnění k podkladu. Aplikace izolace se tak ve srovnání s procesem natavování zrychlí.

Zavedení modifikovaných pásů a kvalitnějších výztužných vložek umožnilo pokládat asfaltové pásy volně (bez plnoplošného natavení). Mechanické kotvení se provádí pouze na svislých konstrukcích, obdobně jako u fóliových izolací. Z hlediska zamezení transportu radonu však představuje volné kladení asfaltových pásů rizikovější variantu ve srovnání s plnoplošným připevněním k podkladu. U volného kladení závisí totiž výsledná těsnost izolačního povlaku převážně na kvalitě spojů, prostupů a přítomnosti defektů v izolaci.

Při výběru asfaltových pásů je třeba vždy pro konkrétní případ posoudit následující hlediska:

- **mechanickou odolnost** (v základních vlastnostech mezi něž patří ohebnost, tažnost, tepelná stálost, bod měknutí, atd. vykazují modifikované pásy lepší hodnoty),
- **životnost** (trvanlivost modifikovaných pásů zvláště při vystavení nepříznivým vlivům může být až desetkrát větší oproti klasickým pásům),
- **ekonomická kritéria** (pořizovací cena modifikovaných pásů je dvojnásobná až trojnásobná oproti klasickým pásům s obdobnou vložkou a tloušťkou, přitom cena SBS pásů je vždy větší než APP pásů, obdobně pásy s polyesterovými vložkami jsou dražší než s vložkami skleněnými),
- **speciální vlastnosti** (povrchová úprava, samolepicí úprava, rýhování okrajů pásů umožňující natavování horkým vzduchem, odolnost proti prorůstání kořenů a biologické korozi, tržné zatížení atd.).

### **Realizace izolačních povlaků z asfaltových pásů**

Izolační povlak z asfaltových pásů smí být vystaven pouze silám kolmým k jeho povrchu, navíc mají být rozloženy rovnoměrně. Napětí v tlaku nemá překročit 0,5 MPa.

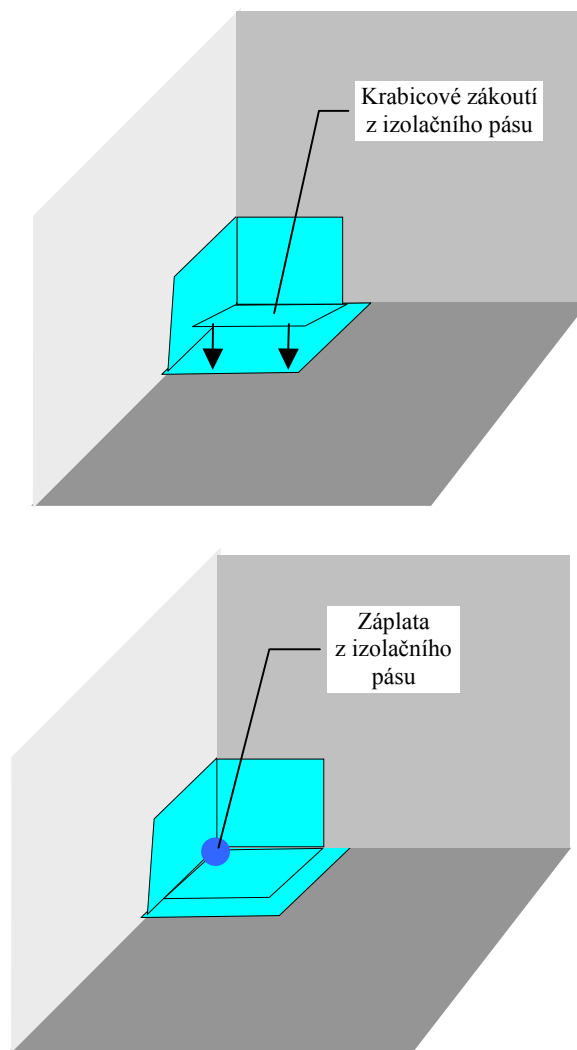
Nosný podklad musí být rovný, pevný a stejnoměrně jemně drsný. Nesmí být porušen zlomy, prasklinami nebo smršťovacími trhlinami. Svislé podklady se musí zpravidla vyrovnat cementovou omítkou v tloušťce 10 až 20 mm. Všechny kouty, hrany a rohy musí být opatřeny zaoblením z cementového potěru nebo omítky o poloměru 40 až 50 mm.

Asfaltové pásy lze plnoplošně připojovat pouze k takovému podkladu, v němž se po realizaci izolace nebudou tvořit trhliny větší než 0,3 mm. V opačném případě musí být izolační povlak od podkladu oddělen – volí se volné kladení asfaltových pásů mezi ochranné textilie (jednotlivé pásy jsou však mezi sebou svařeny). Podrobnosti jsou uvedeny na obr. 9.

Pokud má být izolace k podkladu plnoplošně připojena (podrobnosti na obr. 8), je potřeba podklad zbavený prachu a nečistot opatřit na celé ploše nátěrem nebo nástřikem penetračního laku nebo ředěné asfaltové suspenze. Penetrační lak se smí použít pouze na suchý podklad. Podklad pod asfaltovou suspenzí může být vlhký, ale nesmí být zmrzlý.

Čelní a boční přesahy mezi sousedními pásy v jedné vrstvě musí být široké nejméně 100 mm. Všechny okraje musí být ihned zastěrkovány. U vícevrstevných povlaků je směr kladení asfaltových pásů obvykle shodný ve všech vrstvách. Boční přesahy mezi dvěma vrstvami nad sebou jsou obvykle posunuty o polovinu šířky. Čelní přesahy mezi sousedními pruhy v jedné a téže vrstvě se vytváří na vazbu.

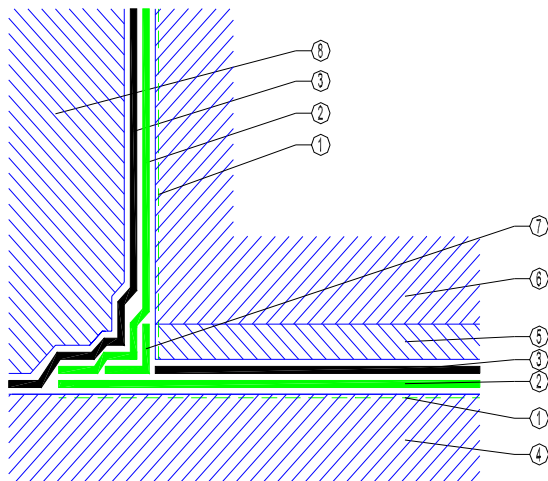
V koutech a hranách se jednotlivé pásy překrývají se vzájemným přesahem 150 mm nebo se zesilují přidavným pásem o šířce min. 300 mm tak, aby izolace byla v těchto místech zdvojená. V zaoblených rozích nebo zákoutích se v pásu prostříhne šířka přesahu a vytvoří se krabicové přeplátování, které se přelepí záplatou z téhož materiálu (obr. 10).



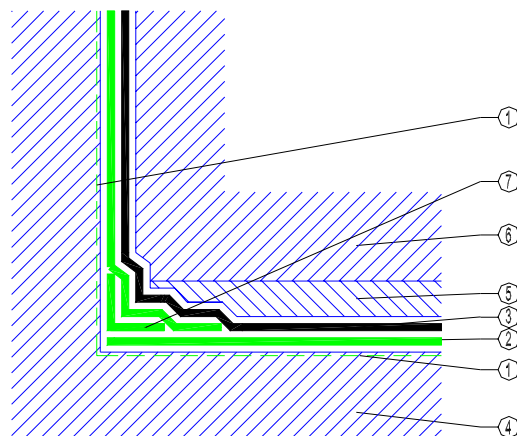
**Obr. 10. Krabicový spoj v zákoutí**

Po rozpracované a nechráněné izolaci je dovoleno přecházet jen v nejnútnejší míře. Přímé pojíždění po izolaci nebo ukládání kusových a sypkých hmot na ní je nepřijatelné.

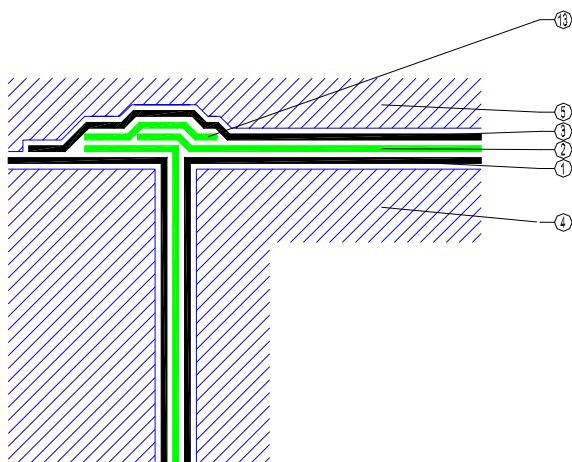
Těsné napojení asfaltových pásů na prostupující konstrukce a tělesa se provádí několika způsoby. Nedochozí-li k dilatačním pohybům mezi prostupujícími tělesy a podkladní konstrukcí, je možno izolační vrstvy přímo napojit na prostupující tělesa přetažením izolačních vrstev na jejich povrch. Manžeta z izolace se nalepí nebo nataví na těleso a na konci se stáhne plechovým páskem. Těsnicí úsek musí mít délku alespoň 120 mm. Styk se ještě doporučuje tmelit a přebandážovat.



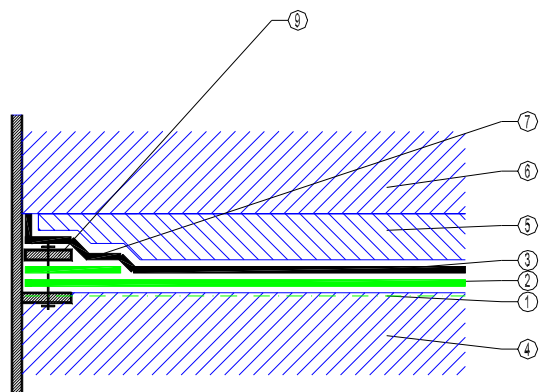
*Napojení vodorovné a svislé izolace zpětným spojem zesíleným přídavným asfaltovým pásem o minimální šířce 300 mm.*



*Izolace prováděná do podkladní vany. Zesílení koutů a hran přídavným asfaltovým pásem o šířce minimálně 300 mm.*



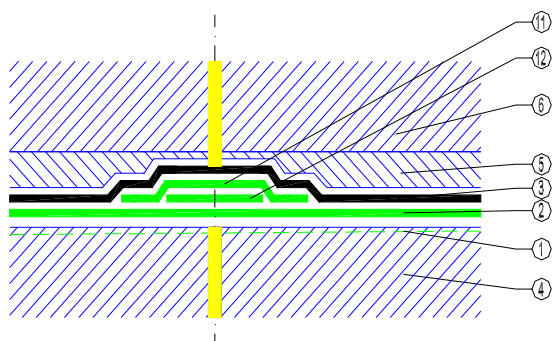
*Napojení svislé a vodorovné izolace pomocí etapového spoje zesíleného přídavným asfaltovým pásem o minimální šířce 450 mm*



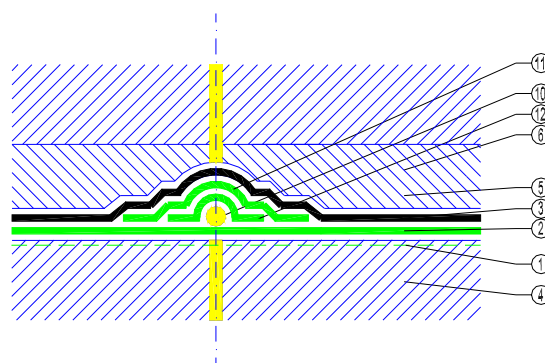
*Zesílení izolačního povlaku asfaltovým mezikružím v místě sevření mezi pevnou a volnou přírubou průchodky. Kontaktní plochy v místě přírub se vytmělí.*

*Legenda na další straně.*

## OBR. 8 - PLNOPLOŠNĚ NAVĚŘENÉ ASFALTOVÉ PÁSY



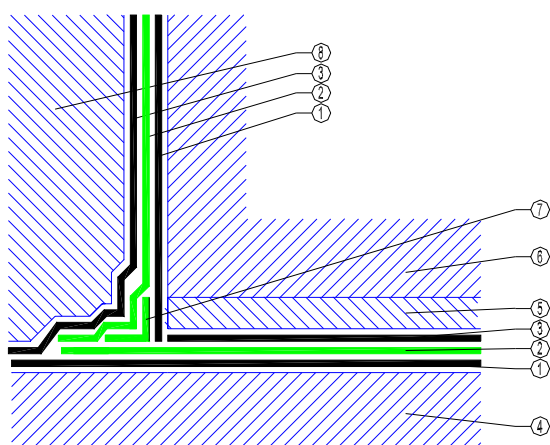
*Dilatační uzávěr se zesílením povlaku pásem o minimální šířce 300 mm*



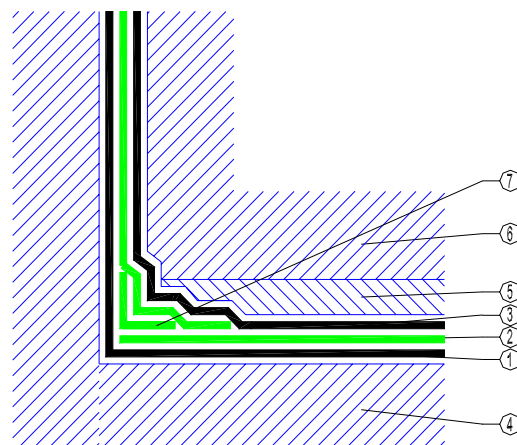
*Dilatační uzávěr se zesílením povlaku asfaltovým nebo pryžovým dilatačním pásem o minimální šířce 300 mm a dilatačním provazcem*

*Legenda: 1 – asfaltový penetrační nátěr, 2 – asfaltový izolační pás, 3 – ochranná textilie, 4 – podkladní beton, 5 – ochranný beton, 6 – základová deska, 7 – zesílení koutů a hran asfaltovým pásem o minimální šířce 300 mm, 8 – ochrana svislé izolace, 9 – sevření izolace mezi volnou a pevnou ocelovou přírubou, 10 – asfaltový dilatační provazec, 11 – ochranná vrstva dilatačního pásu o minimální šířce 600 mm, 12 – pryžový nebo asfaltový dilatační pás o šířce minimálně 300 mm 13 – zesílení etapového spoje asfaltovým pásem o minimální šířce 450 mm*

## OBR. 9 - MECHANICKY KOTVENÉ ASFALTOVÉ PÁSY

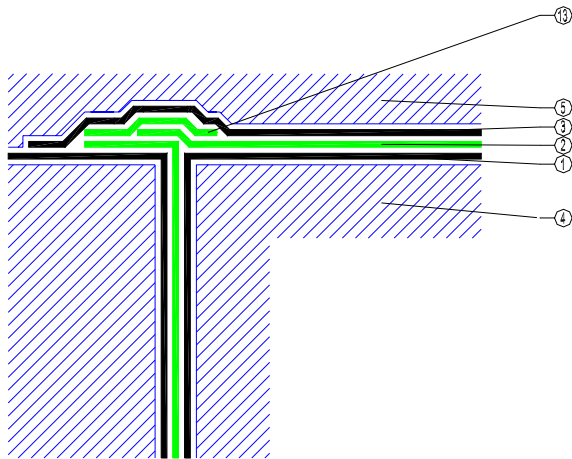


*Napojení vodorovné a svislé izolace zpětným spojem zesíleným přidavným asfaltovým pásem o minimální šířce 450 mm.*

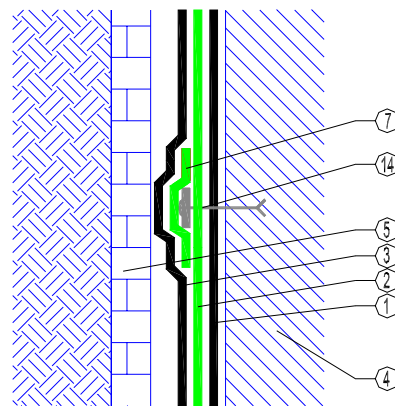


*Izolace prováděná do podkladní vany. Zesílení koutů a hran přidavným asfaltovým pásem o šířce minimálně 300 mm.*

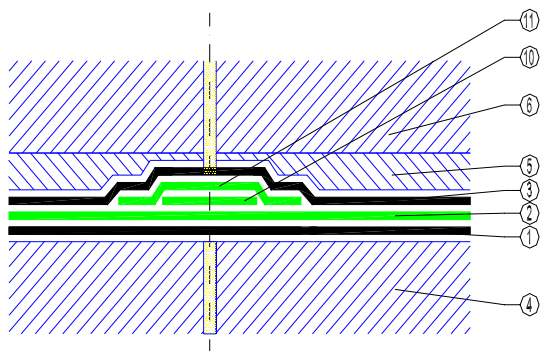
## OBR. 9 - MECHANICKY KOTVENÉ ASFALTOVÉ PÁSY



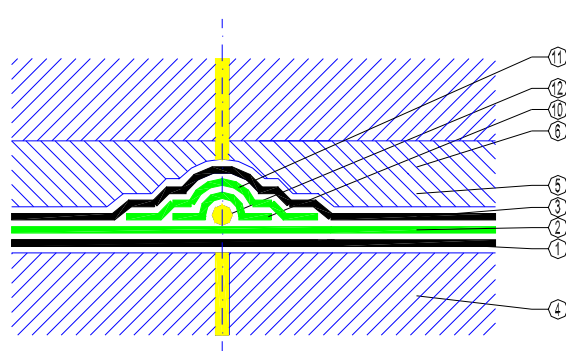
*Napojení svislé a vodorovné izolace pomocí etapového spoje zesíleného přídavným asfaltovým pásem o minimální šířce 450 mm*



*Mechanické kotvení asfaltového pásu ke svislé konstrukci pomocí pásu o minimální šíři 50 až 100 mm*

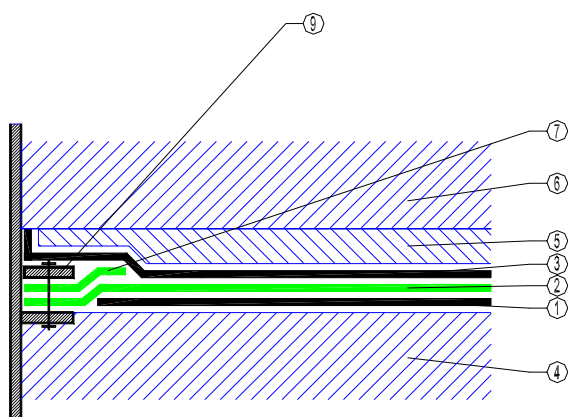


*Dilatační uzávěr se zesílením povlaku pásem o minimální šířce 300 mm*



*Dilatační uzávěr se zesílením povlaku asfaltovým nebo pryžovým dilatačním pásem o minimální šířce 300 mm a dilatačním provazcem*

Legenda: 1 – podkladní textilie, 2 – asfaltový izolační pás, 3 – ochranná textilie, 4 – podkladní beton, 5 – ochranný beton, 6 – základová deska, 7 – zesílení koutů a hran asfaltovým pásem o minimální šířce 300 mm, 8 – ochrana svislé izolace, 9 – sevření izolace mezi volnou a pevnou ocelovou přírubou, 10 – pryžový nebo asfaltový dilatační pás o šířce minimálně 300 mm, 11 – ochranná vrstva dilatačního pasu o minimální šířce 600 mm, 12 – asfaltový dilatační provazec, 13 – zesílení koutů a hran asfaltovým pásem o minimální šířce 450 mm, 14 – mechanické kotvení pomocí pásu o minimální šíři 50 (100) mm



*Zesílení izolačního povlaku asfaltovým mezikružím v místě sevření mezi pevnou a volnou přírubou průchodky. Kontaktní plochy v místě přírub se vytmelí.*

*Legenda na předcházející stránce.*

Dochází-li k dilatačním pohybům prostupujících médií, nebo nelze-li instalovat prostupující konstrukce a tělesa před prováděním izolací, použije se plášt'ová průchodka s přírubou, na kterou se izolace nataví nebo nalepí. Vnitřní průměr průchodky se volí o 10 až 40 mm větší než je rozměr prostupujícího tělesa. Mezera mezi průchodkou a prostupujícím tělesem se těsní pružnými materiály, např. pryžovými klíny, tmely, asfaltovanými provazci a bandáží, polyuretanovou pěnou atd. Nejbezpečnější řešení je však sevření zesíleného izolačního povlaku mezi volnou a pevnou přírubu ochranné průchodky.

V místě dilatačních spár se povlakové izolace z asfaltových pásů zesilují pryžovým nebo asfaltovým dilatačním pásem o šířce min. 300 mm, který se vlepuje do asfaltové hmoty a stabilizuje asfaltovým pásem o šířce minimálně 500 mm. Zesilující vložky se kladou na vnitřní stranu povlaků. Izolační povlak přechází přes dilatační spáru bez přerušení. Vtlačování izolačních povlaků do dilatačních spár brání pryžové profily vložené do spáry.

### Fóliové izolační materiály

K přednostem fóliových materiálů v porovnání s klasickými asfaltovými pásy patří lepší mechanicko fyzikální vlastnosti, delší životnost, větší tažnost a možnost zpracování i za nižších teplot a méně příznivých podmínek. Mezi další klady fólií náleží způsob provedení pouze v jedné vrstvě, která plně nahrazuje vícevrstvé soustavy z asfaltových pásů. Volné pokládání fólií, které je pro tento druh izolačních materiálů typické, může být jak přínosem, posuzujeme-li rychlost realizace a pracnost, tak sporným řešením z pohledu zajištění bezpečné funkce. Výsledná těsnost izolace totiž daleko více závisí na těsnosti detailů a přítomnosti poruch od mechanického poškození při následných pracích, než na kvalitě samotné izolace.

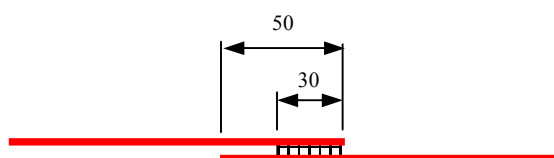
Fóliové izolace jsou proto citlivé na kvalitu prací a na zajištění ochrany položené izolace. Bezpečnost fóliových systémů lze dále zvýšit používáním transparentních fólií, které umožňují lépe identifikovat poruchy svarů a fólií signálních, které mají jasnou svítivou barvu, ale jejich povrch směrem do interiéru je pokryt tenkou tmavou vrstvou. Porušení tmavé vrstvy vede k objevení se světlé barvy, což má umožnit identifikaci případné poruchy. Nejbezpečnější variantou jsou fóliové dvojsystémy, které se však vzhledem k vysokým



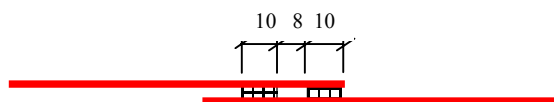
pořizovacím prostředkům na ochranu proti radonu nepoužívají (viz kapitola o vztahu protiradonové izolace a hydroizolace).

Mezi fóliové izolační materiály řadíme termoplasty a elastomery. Z nejčastěji se vyskytujících materiálů patří do první skupiny izolace z polyvinylchloridu, polyetylenu, polypropylenu a modifikovaných polyolefinů a do druhé skupiny představitelé chloroprenových a etylénpropylenových kaučuků. Základní charakteristikou termoplastů je jejich plastické chování, pro elastomery je charakteristická elastičnost a řešení spojů lepením. Každý z uvedených typů materiálů má své specifické vlastnosti, určené jeho chemickou strukturou a tím do jisté míry i vymezenou oblast použitelnosti. Podle účelu použití bývají jednotlivé polymery upravovány různými přísadami, jako např. plastifikátory, změkčovadly, antioxydanty, pigmenty, stabilizátory atd. Důsledkem bývají velké rozdíly ve vlastnostech i mezi představiteli téhož materiálového typu. Fóliové izolace musí být proto důsledně používány pouze k účelům, k nimž byly navrženy.

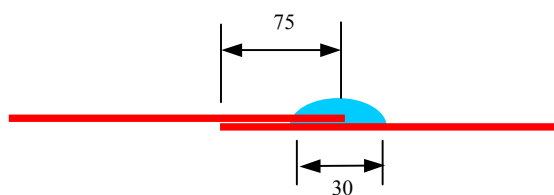
Spojování jednotlivých dílů fólií je možné lepením (pryžové fólie, PVC-P) nebo častěji svařováním. Svařuje se horkým vzduchem, horkým klínem nebo extruzně s přídavným svařovacím materiálem (obr. 11). Vzhledem k tomu, že místa spojů jsou vždy slabým místem z hlediska vzduchotěsnosti, požaduje se dnes často spojení dvojitým svárem s vytvořením zkušebního kanálku. Správnost spoje lze pak odzkoušet přetlakováním kanálku. Jednoduché spoje se zkouší obtížněji podtlakovou zkouškou.



**Přeplátovaný spoj bez zkušebního kanálku - jednoduchý svar**



**Přeplátovaný spoj se zkušebním kanálkem – dvojitý svár**



**Extruzní svár s přídavným materiálem**

**Obr.11. Příklady svařovaných spojů**

Svařování fólií horkým vzduchem spočívá v zahřátí spojovaných povrchů do plastického stavu proudem vzduchu vystupujícího z hubice horkovzdušné svářečky a v následném stlačení spoje. Šířka homogenního spoje musí být minimálně 30 mm (obr. 12).



**Obr. 12. Ruční horkovzdušné svařování fólií z PVC-P. Stlačení spoje se dosahuje převálečkováním. U větších ploch se používají svařovací automaty, které zajišťují vyšší kvalitu spoje. (Ukázka ze spojování fólií značky Wolfín).**



**Obr. 13. Pojištění okraje sváru dvou PVC-P fólií pojistnou zálivkou. (Ukázka ze spojování fólií značky Wolfín).**

Spojování fólií horkým klínem spočívá v natavení styčných ploch obou spojovaných fólií horkým (kovovým) klínem a následným stlačením obou roztavených ploch k sobě přítlačnými (poháněcími) válečky svařovacího agregátu. Tlak mezi přítlačnými válečky se musí nastavit tak, aby bylo ze svaru vytlačováno jen minimální množství horké taveniny. Teplota klínu se mění podle tloušťky fólie a počasí. Před samotným svařováním se provede zkušební svar, aby obsluha mohla správně seřídít parametry svařovacího agregátu.

Při extruzním svařování je na spoj obou fólií přitavena „housenka“ z roztaveného přídavného materiálu shodného s izolační fólií. Svar musí být široký minimálně 30 mm. Správná teplota svařování se opět nastaví podle zkušebního svaru. Tento způsob spojování se doporučuje především v nepřístupných místech pro svařování „horkým klínem“ a v místech vyžadujících zvláštní pozornost a pečlivost provedení, mezi něž patří zejména opracování koutů, rohů, prostupů, opravné svary apod.

Po kontrole kvality provedených spojů se u PVC-P fólií doporučuje zajistit jejich okraj pojistnou zálivkou (obr. 13). Zálivková hmota se na okraj spoje nanáší vytlačováním z PE lahvičky s výtokovou trubičkou ve víčku. Pro snadnou vizuální kontrolu provedení jištění může mít zálivková hmota barvu odlišnou od barvy vlastní fólie.

## **Fólie z měkčeného polyvinylchloridu (PVC-P)**

Jednou z předních vlastností fólií z PVC-P je jejich rozměrová stálost, která zajišťuje, že při horkovzdušném svařování nedochází ke zvlnění fólie. Mezi další přednosti patří přiměřená měkkost a ohebnost a to i při nižších teplotách, která podmiňuje dobrou tvarovatelnost. Rovněž vysoká pevnost a tažnost (až 250 %) dávají reálné předpoklady pro náročné aplikační záměry. Některé fólie mohou být vyztuženy vložkou ze skleněných nebo polyesterových vláken. Vyztužením se zlepšují mechanické vlastnosti (zvyšuje se pevnost, snižuje smršťování), ale zároveň klesá tažnost, a to ze stovek % na desítky %. Při teplotách pod 0°C tuhnou a křehnou, a proto vyžadují velmi opatrné zacházení. Pokládka je možná už od teplot okolního vzduchu -5°C. Při teplotách pod -20 °C fólie při ohybu praskají. Jsou odolné proti prorůstání kořenů.

Nestanoví-li výrobce jinak, nesmí přijít fólie z PVC-P do přímého kontaktu s asfaltovými výrobky, pěnovým polystyrénem, pryží a pěnovým polyuretanem, které urychlují proces uvolňování změkčovadel z fólie a tím i její stárnutí. Od těchto materiálů se PVC-P odděluje separační vrstvou. Fólie z PVC nejsou obecně odolné ultrafialové složce slunečního záření, a proto je nelze nezakryté vystavit vlivu povětrnosti (kromě střešních fólií).

## **Realizace izolačních povlaků z PVC-P fólií**

Betonový nebo omítnutý zděný podklad musí být rovný, bez dutin a ostrých zlomů. V koutech a na hranách není třeba provádět zaoblení. Před započatím izolačních prací musí být povrch podkladu pečlivě zameten a zbaven všech cizích těles (hřebíky, úlomky skla, kameny, zbytky malty apod.). Podkladní konstrukce nemusí být zcela suchá, nesmí však na ní stát kaluže vody, sníh a led. V místech mechanického kotvení musí být podklad ztvrdlý. Jinak je možno izolaci klást i na zavadlou vrstvu betonu.

Podkladní konstrukce se nejprve pokryje ochrannou netkanou textilií (např. Izochran), geotextilií nebo jiným vhodným materiálem. Ochranné textilní vrstvy se na podklad kladou volně s přesahy širokými minimálně 50 mm. Na vodorovných plochách se textilie zásadně nekotví, na svislých a šikmých plochách se textilie mechanicky připevňuje při horním okraji plochy, příp. i v jiných výškových úrovních podle pracovních etap. Přesahy jednotlivých pásů textilie se svaří pouze bodově horkým vzduchem.

Provádění izolací z PVC-P fólií je možné už od teplot okolního vzduchu -5°C. Pokud teplota okolního vzduchu poklesne pod +15°C, musí být vzájemné spojování fólií prováděno výhradně horkým vzduchem. Za chladného počasí se doporučuje izolační fólie před položením temperovat ve vyhřátých prostorách. Při dešti a sněžení je nutno práce přerušit.

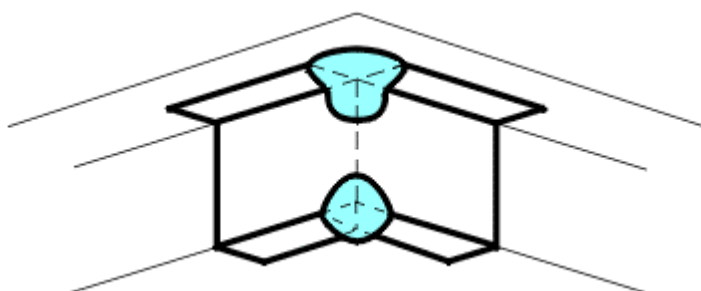
Na vodorovné plochy se fólie umísťují zcela volně bez připevnění k podkladu. Na sklonitých a svislých plochách, kde by hrozilo sesunutí, se izolace k podkladu kotví, a to v závislosti na výšce stěn buď pouze při horním okraji, nebo i v několika úrovních nad sebou. Kotvení k podkladu může mít charakter liniového kotvení (souvislé uchycení v přímce na pásy z poplastovaného plechu nebo z houževnatého PVC) nebo bodového kotvení. Volné uložení izolační fólie mezi kluznými separačními vrstvami ochranné textilie je nezbytné pro umožnění dotvarování izolace při sedání stavby, nebo při jejich dilatačních pohybech, bez nebezpečí jejího poškození místním nadměrným mechanickým namáháním.

Pásy izolační fólie se na podkladní ochrannou textilní vrstvu kladou s čelními i bočními přesahy minimálně 50 mm. Mezi sousedními pásy fólie musí být čelní přesahy vzájemně posunuty (tzv. kladení na vazbu) nejméně o 100 mm. Tento požadavek neplatí u svislých stěn a u etapového napojení izolace. Orientace fóliových pásů vůči stavbě není rozhodující. Pouze

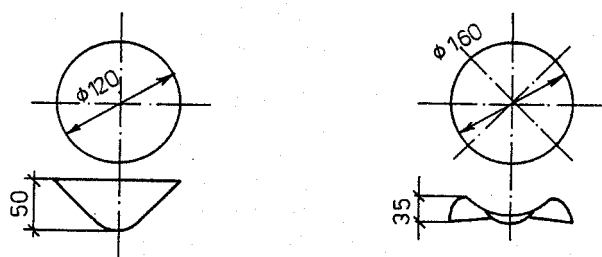
u svislých izolací se jednotlivé pásy fólie orientují zpravidla svisle. Při současném provádění vodorovné a svislé izolace se většinou nejprve izolují svislé plochy a pak vodorovné.

Spoje se svařují horkým vzduchem, horkým klínem nebo se provádí tavným spojováním za studena s pomocí rozpouštědel (např. tetrahydrofuran). Všechny spoje se poté pojistí PVC roztokem. Po dokončení pokládky musí být povlak z fólií PVC-P překryt ochranou obdobnou té, která byla použita na podklad.

V místech, kde vzniká kout nebo hrana, je nutné izolační fólii zesílit přidavným pásem téže fólie šířky minimálně 300 mm, na okrajích svařeným s průběžnou fólií. V průsečíku tří navzájem kolmých rovin podkladu (zákoutí, roh a nároží) se izolace zesiluje přivařením prostorových tvarovek, kterými se zároveň dotěsní daný detail (viz obr. 14 a 15). Tvarovky je nutno přivařit pokud možno celoplošně, nejméně však v šířce 30 mm od okraje. Tyto svary se dále pojišťují záливkovou hmotou.



**Obr. 14. Dotěsnění vnitřních koutů pomocí přřezu a prostorových tvarovek**

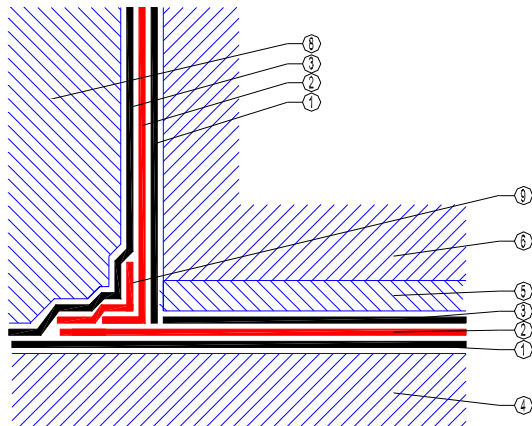


**Obr. 15. Vakuově tvarovaný kužel a vlnovec z PVC-P fólie pro utěsnění rohů, koutů a nároží. Výrobce Fatra Napajedla.**

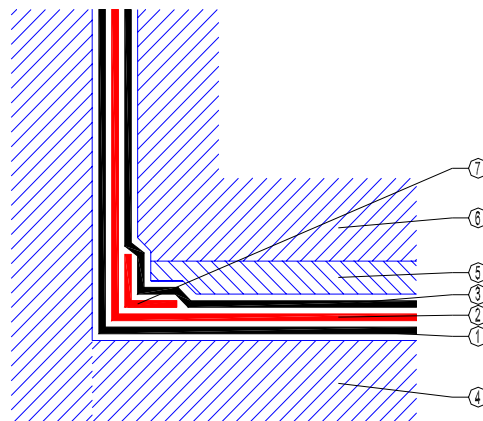
Svislá izolace se ukončí ve výšce minimálně 300 mm nad terénem přivařením okraje fólie k předem osazené stěnové ukončovací liště a přetmelením kraje fólie. Přes izolaci se natáhne pletivo nebo síťovina, která se na horním povrchu ukotví tak, aby nedošlo k poškození hydroizolace a provede se pohledová nenasákavá omítka či jiná úprava soklu.

V místě dilatační spáry se fóliový povlak zesiluje přidavným podélným pásem z téže fólie o šířce minimálně 600 mm. U dilatačních spár nevyplněných dilatační vložkou musí být fóliový povlak v místě spáry podložen tuhou podložkou. Předpokládá-li se v dilatační spáře posun větší než 10 mm namáhající izolační povlak na stříh, je nutno podkladní i ochrannou vrstvu v prostoru spáry doplnit pásem z desek z pěnového polystyrenu nebo polyetylenovým provazcem vloženým mezi fólie.

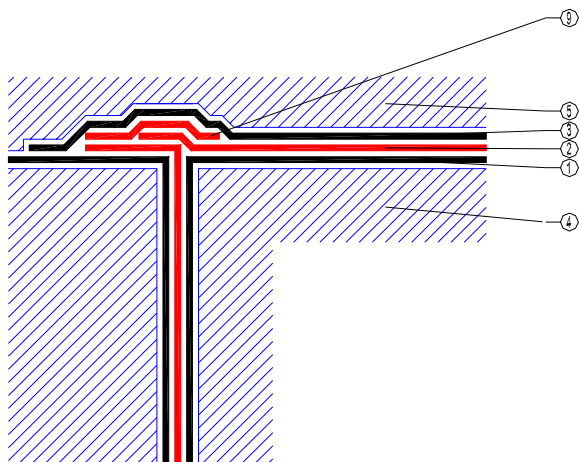
Podrobnosti kladení izolačních povlaků z fóliových materiálů jsou uvedeny na obr. 16.



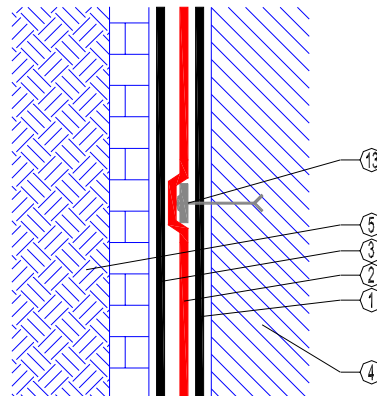
*Napojení vodorovné a svislé izolace zpětným spojem zesíleným přídavným pásem fólie o minimální šířce 450 mm.*



*Izolace prováděná do podkladní vany. Zesílení koutů a hran přídavným pásem fólie o šířce minimálně 300 mm.*

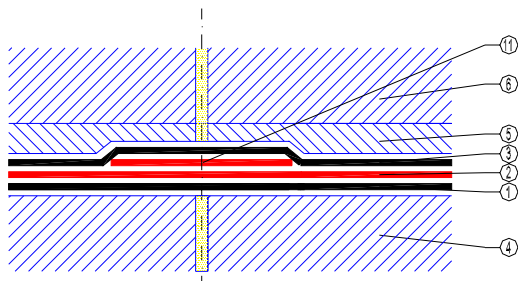


*Napojení svislé a vodorovné izolace pomocí etapového spoje zesíleného přídavným pásem fólie o minimální šířce 450 mm*

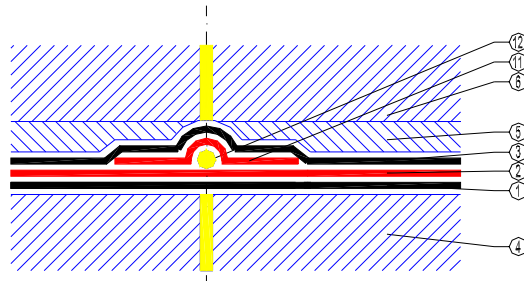


*Mechanické kotvení fóliového systému na svislé konstrukce přivařením na pásek z poplastovaného plechu nebo houževnatého PVC o šířce minimálně 50 mm*

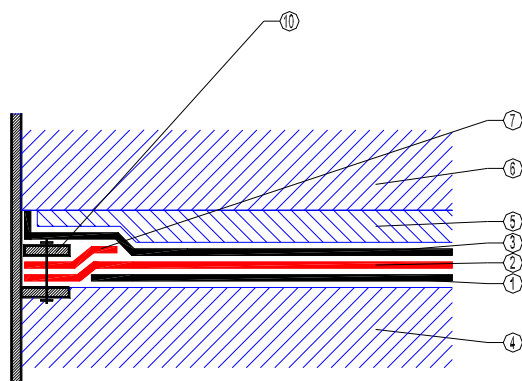
*Legenda: 1 – podkladní textilie, 2 – izolační fólie PVC-P, 3 – ochranná textilie, 4 – podkladní beton, 5 – ochranný beton, 6 – základová deska, 7 – zesílení koutů a hran pásem fólie o minimální šířce 300 mm, 8 – ochrana svislé izolace, 9 – zesílení koutů a hran pásem fólie o minimální šířce 450 mm, 10 – sevření izolace mezi volnou a pevnou ocelovou přírubu, 11 – zesílení koutů a hran pásem fólie o minimální šířce 600 mm, 12 – výplňový např. PE provazec, 13 – mechanické kotvení pomocí pásku o minimální šíři 50 až 100 mm*



*Dilatační uzávěr se zesílením pásem fólie o minimální šířce 600 mm*



*Dilatační uzávěr se zesílením pásem fólie o minimální šířce 600 mm a výplňovým PE provazcem*

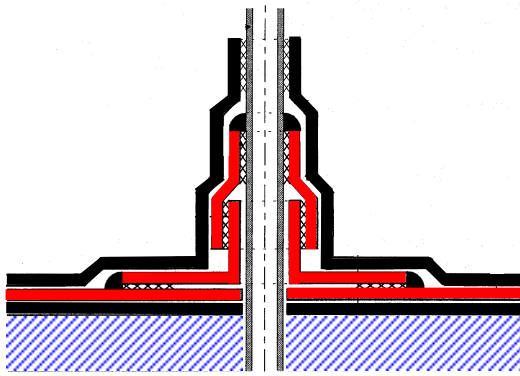


*Zesílení izolačního povlaku mezikružím z fólie v místě sevření mezi pevnou a volnou přírubou průchodky. Kontaktní plochy v místě přírub se vytmelí.*

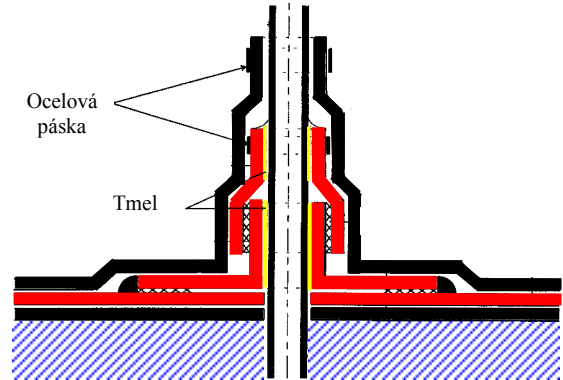
*Legenda na předcházející stránce.*

Napojení izolace na prostupující tělesa se provádí pomocí tvarovky ve tvaru mezikruží s otvorem menším než je rozměr tělesa. V místě otvoru se tvarovka nahřeje horkým vzduchem a navlékne se na těleso. Přes límeček tvarovky se ovine manžeta o šířce minimálně 100 mm. K tělesům z tvrzeného PVC se manžeta horkovzdušně přivaří (obr. 17), k ostatním tělesům se plynotěsně připojí tak, že se horní okraj manžety opatří tmelem a stáhne kovovou objímkou (obr. 18).

Nelze-li instalovat prostupující konstrukce a tělesa před prováděním izolací, použije se plášťová průchodka s přírubou, na kterou se izolace nataví nebo nalepí. Mezera mezi průchodkou a prostupujícím tělesem se těsní pružnými materiály, např. pryžovými klíny, tmely, asfaltovanými provazci a bandáží, polyuretanovou pěnou atd. Alternativně je možné zesílenou fólii sevřít mezi pevnou a volnou přírubou.



**Obr. 17. Řešení prostupu potrubí z PVC**



**Obr. 18. Řešení prostupu potrubí z jiného materiálu než z PVC**

### **Polyetylénové fólie**

Polyetylénové fólie se vyrábějí buď z nízkotlakého nebo vysokotlakého polyetylenu. Pro první skupinu je charakteristická vysoká hustota, zpravidla vyšší než  $900 \text{ kg/m}^3$ , a proto se tyto fólie označují také jako vysokohustotní, ve zkratce HDPE. Naopak jako nízkohustotní se zkratkou LDPE nazýváme fólie z vysokotlakého polyetylenu, které mívají hustotu pod  $750 \text{ kg/m}^3$ .

Polyetylénové fólie mají vysokou životnost, jsou odolné vůči plísním, mikroorganismům, agresivním podzemním vodám a zředěným roztokům běžných chemikálií. Podrží si pružnost a ohebnost i za chladu. Vyznačují se zdravotní a ekologickou nezávadností. Ve srovnání s PVC-P fóliemi neuvolňují změkčovadla a tedy nemění tolik své vlastnosti.

Polyetylénové fólie se nejčastěji spojují horkovzdušným svařováním a to buď dvoustupým svářem se středním zkušebním kanálkem nebo jednoduchým svářem. Svařovat lze i topným klínem nebo extruzní technikou s pomocí svařovacího drátu.

**Fólie z vysokohustotního polyetylenu HDPE** se od svého původního uplatnění jako skládkové fólie dostaly mezi izolace určené pro spodní stavbu díky značné trvanlivosti, mechanické odolnosti a dobrým difúzním vlastnostem. Vysoká pevnost, nižší ohebnost a značná teplotní roztažnost jsou však vlastnosti, které tento materiál činí poměrně hůře tvarovatelným. U složitějších půdorysů s mnoha zákoutími a nárožími se tak aplikace fólie stává poměrně pracnou. Vzhledem k tvrdosti fólie nemusí být při kladení podkládána žádným ochranným materiálem. Fólie se aplikuje volně přímo na stavební konstrukci, kotví se pouze na svislých nebo šikmých plochách. Při svařování fólie dochází díky velké teplotní roztažnosti polyetylenu k nevratnému zvlnění, které zpravidla výškově dosahuje 1 až 2 centimetry (obr. 19). Zvlnění fólie může být vyvoláno i lokálním ohřevem slunečním zářením. Mezi podkladem a fólií tak vzniká poměrně velká vzduchová mezera umožňující transport radonu. Bude-li navíc fólie překryta jen tenkým betonovým potěrem, mohou dutiny pod fólií způsobit popraskání potěru v důsledku následného pocházení. V projektu je tedy nutno s těmito vlivy počítat.





**Obr. 19.** Svařování HDPE fólie dvoustopým svarem se zkušebním kanálkem. Vlivem lokálního zvýšení teploty v místě sváru dochází k nevratnému zvlnění fólie.



**Obr. 20.** Pohled na položenou HDPE fólii těsně před betonáží ochranného betonu.

Všechny fólie z nízkohustotního polyetylénu LDPE jsou ohebnější a rovněž jejich tvarovatelnost je lepší než u fólií z HDPE. Přitom platí, že čím je hustota nižší, tím je fólie měkčí a lépe se s ní pracuje. Zároveň ovšem klesá pevnost fólie v tahu. Fólie o velmi nízké hustotě se vyrábějí zpravidla v tloušťkách desetin milimetru a musí se chránit zespodu a zvrchu proti poškození jako u fólií z PVC-P. Fólie o vyšších hustotách mají tloušťky obvykle do 2 mm a o nutnosti jejich ochrany se musí rozhodnout individuálně v závislosti na drsnosti podkladu a dalších okolnostech. Spojování a pokládka se provádí obdobně jako u HDPE. Větší poddajnost fólie způsobuje, že zvlnění při svařování je minimální (obr. 22).

### **Realizace izolačních povlaků z polyetylenových fólií**

Při pokládce se postupuje obdobně jako u PVC-P fólií. Jak již bylo uvedeno výše, fólie z HDPE nevyžadují ochranu z textilií, fólie z LDPE raději chráníme (obr. 21). Jednotlivé pásy fólie klademe s bočním i čelním přesahem alespoň 80 mm.

Na svislých a šikmých plochách se fólie zajišťuje proti sesunutí připevněním k podkladu buď mechanickým přibitím nebo přivařením horkým vzduchem k polyetylenovým profilům, předem zabudovaným do podkladní konstrukce (obr. 23). V místě přibití se pak horkovzdušně navaří záplata z téže fólie nebo se hřeb zajišťí extruzním přelátováním taveninou.

V místech, kde se protínají tři navzájem kolmé roviny izolačního povlaku a vytvářejí zákoutí, roh nebo nároží, zůstávají vždy při jakémkoli způsobu vyskládání izolační fólie oslabená místa spojů. Tato kritická místa se musí na závěr (po provedení spojů základní fólie) dotěsnit speciálními prostorovými tvarovkami vyrobenými z téže fólie extruzním svarem (obr. 25). Někteří výrobci dodávají již hotové prefabrikáty (obr. 26). Tyto tvarovky se pak k základní fólii připojují extruzním svařováním nebo se horkovzdušně přivařují.





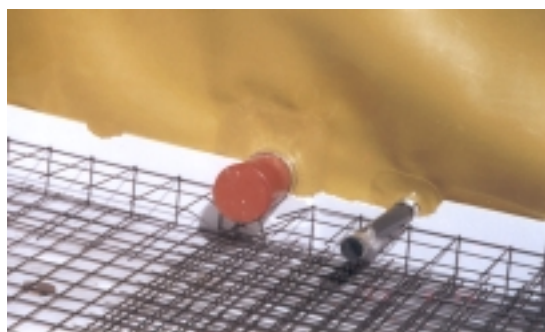
**Obr. 21.** Položení ochranné textilie na povrch podkladní vany.



**Obr. 22.** Svařování LDPE fólie jednoduchým svarem. Ke zvlnění prakticky nedochází.

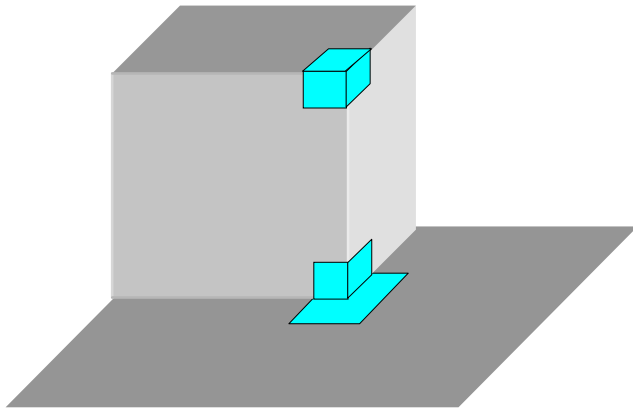


**Obr. 23.** Předem v horizontální poloze svařené pásy LDPE fólie (Penefol 750) na celou výšku suterénní stěny, se do vertikální polohy fixují horkovzdušným svarem při horním okraji k polyetylenové izolaci dodatečně vložené do řezové spáry pod stávajícím zdívem.

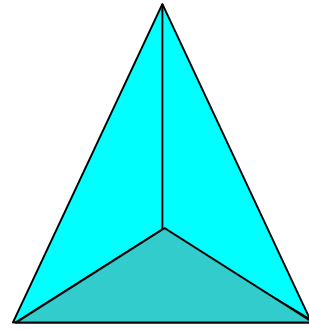


**Obr. 24.** Horizontální izolace chráněna polystyrénovými deskami před poškozením při betonáži základové desky. V tuto chvíli měla být již chráněna i svislá izolace.

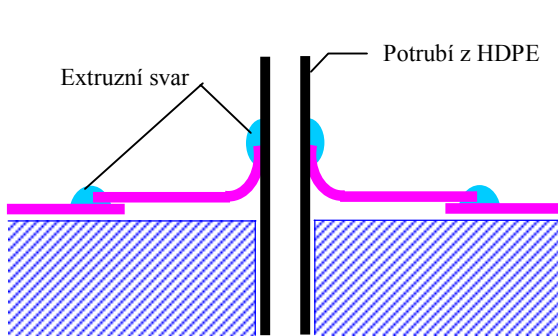
Na prostupující tělesa z polyetylénu se může fólie napojit extruzním svarem (obr. 27). U potrubí z jiných materiálů se použije průchodka z HDPE, ke které se fólie opět extruzně přivaří (obr. 28). Alternativně lze použít průchodka s přivařenou pevnou přírubou z HDPE desky o tloušťce 5 až 12 mm, ke které se izolace přivaří (obr. 29). Nejbezpečnější je ovšem použití ocelové průchodky s pevnou a volnou přírubou, neboť extruzní svary mohou prasknout vlivem houževnatosti fólie a tím i větších vnitřních pnutí ve fólii. Ze stejného důvodu je zcela nevhodné připojení HDPE fólie k potrubí pouhými butylkaučukovými pásky. U LDPE fólií se prostupy řeší obdobně jako u PVC-P fólií (viz obr. 17 a 18).



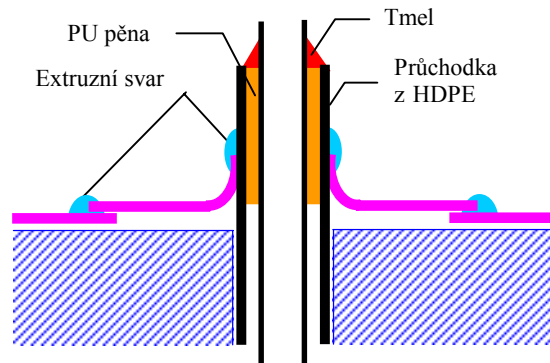
**Obr. 25. Použití prostorových tvarovek vyrobených extruzním svarem**



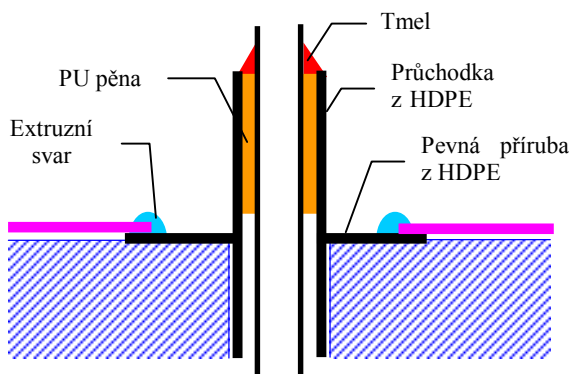
**Obr. 26. Vakuově tvarovaný dílec z HDPE pro opracování koutů a rohů. Délka základny 280 mm. Výrobce Fatra Napajedla.**



**Obr. 27. Přivaření HDPE fólie na potrubí z téhož materiálu**



**Obr. 28. Přivaření HDPE fólie na průchodku z téhož materiálu**



**Obr. 29. Přivaření HDPE fólie na pevnou přírubu průchodky**

V místě dilatační spáry se fóliový povlak zesiluje přidavným podélným pásem z téže fólie o šířce minimálně 500 mm.

### **Fólie z modifikovaných polyolefinů**

Fólie z modifikovaných typů polyolefinů jsou vyráběny obdobnou technologií jako fólie z PVC-P, to je laminací tenkých válcovaných fólií. Aplikace tohoto izolačního materiálu je jednoduchá, neboť se používají stejné postupy jako u fólií z PVC-P.

Mezi základní přednosti modifikovaných polyolefinů patří dobrá zpracovatelnost a ohebnost i při nízkých teplotách, trvalá pružnost a rozměrová stabilita. Fólie z modifikovaných PO mají vysokou životnost a dobrou chemickou odolnost. Obdobně jako PE fólie se vyznačují zdravotní a ekologickou nezávadností (neuvolňují změkčovadla). Na rozdíl od PVC-P fólií mohou přijít do styku s pěnovým polystyrenem.

Fólie z modifikovaných typů PO lze velmi dobře spojovat svařováním horkým vzduchem nebo topným klínem. Oběma způsoby je lze spojovat i s fóliemi z HDPE, čehož lze s výhodou využít při vzájemném napojování izolací z těchto materiálů.

Při provádění prostupů se postupuje stejným způsobem jako u fólií z PVC-P. Na prostupující těleso z HDPE se manžeta horkovzdušně přivaří, k ostatním tělesům se plynotěsně připojí tak, že se horní okraj manžety opatří tmelem a stáhne kovovou objímkou.

### **Fólie ECB (Etylén-kopolymer-bitumen)**

ECB fólie v sobě sice obsahují asfaltový modifikátor, ale nejsou natavitelné, a proto se kladou volně. Pokud je vyžadováno plnoplošné přilepení, lze je klást do horkého asfaltu. Spojí se svařují horkým vzduchem. Pásky tohoto typu vynikají zpravidla velkou tažností (několik stovek procent), strukturální pevností a velmi dobrou ohebností i za nízkých teplot (až do cca -40 °C).

### **Pryžové fólie EPDM**

Fólie se vyrábí z trvale elastického syntetického kaučuku EPDM (Etylen – propylen – dien – monomer) s přidávkou anorganických plniv (sazí), minerálních olejů a vulkanizačních činidel. Vynikají vysokou tažností, elasticitou (i za nízkých teplot) a dobrou tvarovatelností způsobenou měkkostí fólie. Materiál je odolný proti ozónu, UV záření, většině běžných chemikálií, může přijít do styku s asfaltem.

Fólie se kladou volně, z obou stran se chrání textiliemi. Spojování jednotlivých pásů se provádí lepením.

Vzhledem k poměrně vysokému součiniteli difúze radonu nepředstavují fólie z EPDM výraznou bariéru proti radonu. V této oblasti se tedy uplatní spíše výjimečně, na hranici nízkého a středního rizika a v domech dobře větraných.

### **Stěrkové izolace**

V současnosti je na trhu celá řada stěrkových izolací různého druhu a složení. Nejčastěji se jedná o jednosložkové nebo dvousložkové hmoty na bázi emulze z modifikovaných asfaltů s cementovou přísadou. Někteří výrobci dále přidávají jako plnivo polystyrénové kuličky, syntetická vlákna atd. Stěrkové hmoty mívají tekutou až pastovitou konzistenci a zpracovávají se za studena technologií nátěrů, nástřiků či stěrek. Neobsahují rozpouštědla a odolávají všem přírodním agresivním sloučeninám, vyskytujícím se v zeminách a základových půdách. Izolační povlak vzniklý po vytvrzení těchto materiálů bývá pružný a je většinou schopen přenést vlasové trhliny v podkladní konstrukci.

Hmoty lze aplikovat prakticky na všechny druhy podkladů jako jsou zdivo, beton, omítky, pórobeton, cementovláknité materiály atd. Zdivo postačí zaspárovat, nemusí být omítnuto.

Vyžaduje se čistý a pevný podklad bez zbytků oleje a mastnoty. Některé materiály přilnou i k vlhkému podkladu. Rohy a kouty je třeba opatřit fabionem z cementové malty. Aby se v izolační vrstvě netvořily vzduchové bubliny, musí se trhliny v podkladu ale i profilování ve stěnách některých keramických tvárnic vyrovnat speciálními cementovými stěrkami.

U dvousložkových hmot je bezpodmínečně nutné dodržet míscí poměr a dobu zpracovatelnosti namíchaného materiálu, která však může být ovlivněna okolní teplotou.

Stěrky se nanášejí na podklad opatřený penetračním nátěrem. Stěrkování se provádí vždy na straně odvrácené od slunce pomocí zednické lžice nebo hladítka z nerezové oceli odspodu nahoru. Teplota v době zpracování nesmí klesnout pod 5°C. V jednom pracovním běhu je možné nanést vrstvu o tloušťce až 6 mm. Je-li třeba do izolační vrstvy vložit armovací tkaninu, provede se nejprve poloviční vrstva izolace, do ní se tkanina lehce vmáčkne a nakonec se nanese zbývající materiál. Ochranné systémy a zásyp provádíme až po zaschnutí stěrkové hmoty. Doba schnutí činí 1 až 3 dny v závislosti na teplotě a vlhkosti vzduchu. Při chladném a vlhkém počasí se doba schnutí prodlužuje.

Většina stěrkových hmot není bezprostředně po aplikaci odolná proti vodě (jedná se vesměs o vodou ředitelné prostředky), a proto musí být z nich vyrobené izolační povlaky chráněny po určitou dobu před deštěm. Odolnými proti dešti se stávají v závislosti na materiálovém složení za 2 až 24 hodin od aplikace.

Nespornou výhodou stěrkových materiálů je, že umožňují dokonale utěsnit i tvarově velmi složité detaily a prostupy. Nevýhodou je velká pracnost, zvýšené nároky na povrch podkladní konstrukce, problematické zajištění požadované tloušťky stěrky a značná závislost na klimatických podmínkách. Kvalita a těsnost výsledné povlakové izolace zde mnohem více závisí na pracovní kázni a na dodržování technologických postupů. Zejména dvousložkové hmoty jsou z tohoto pohledu v našich zemích stále ještě problematické.



*Obr. 30. Stěrkové hmoty umožňují kvalitní utěsnění prostupů a tvarově komplikovaných detailů*

## **Kontrola a přejímání protiradonové izolace**

Dodavatel před zahájením izolačních prací ověří, zda navržená skladba izolace vyhovuje podmínkám a požadavkům výstavby. Dále kontroluje kvalitu dodaného izolačního materiálu, zejména z hlediska zjevných vad. Současně zabezpečí odborné uskladnění izolačních hmot. Na vlastním pracovišti prověří připravenost podkladních konstrukcí a přístup k nim.

V průběhu izolačních prací je dodavatel povinen zabezpečit dodržování předepsaných technologických postupů. Dodavatel dále musí vyzvat odběratele k prověření kvality izolací,

které v dalším pracovním postupu budou zakryty. O výsledku prověrky se pořídí zápis, který je nedílnou součástí protokolu o odevzdání a převzetí prací provedených dodavatelem.

Stavební dozor sleduje, zda jsou práce prováděny podle schválené projektové dokumentace a technických norem či předpisů, na jejichž dodržení se odběratel s dodavatelem předem dohodl. U vícevrstevných izolací je povinností odběratele, resp. stavebního dozoru prověřovat kvalitu a úplnost provedení každé vrstvy izolace. Před položením další vrstvy musí být dosud realizované práce odsouhlaseny zápisem ve stavebním deníku.

## Literatura

- [1] Jiránek M.: Izolace proti radonu. Požadavky, zkoušení, navrhování, materiálové varianty. In: Izolace proti radonu. Technické katalogy a publikace, Pardubice, 1998
- [2] Jiránek M.: Konstrukce pozemních staveb. Ochrana proti radonu. Skriptum. ČVUT, Praha, 2000
- [3] Kutnar Z., Kutnar V.: Kutnar – katalog. Hydroizolační systémy staveb z asfaltových pásů. Expertní a znalecká kancelář Kutnar – Izolace staveb. Praha, 1997
- [4] Kutnar Z., Kutnar V.: Kutnar – katalog. Hydroizolační systémy staveb z fólií z měkčeného PVC. Expertní a znalecká kancelář Kutnar – Izolace staveb. Praha, 1997
- [5] Svoboda L., Tobolka Z.: Stavební izolace. Technická knihnice autorizovaného inženýra a technika. ČSSI, Praha, 1997
- [6] ČSN 73 0600 Hydroizolace staveb – Základní ustanovení. ČNI, Praha
- [7] ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží. ČNI, Praha, 1995
- [8] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost 184/1997 Sb. O požadavcích na zajištění radiační ochrany
- [9] Informační materiály a aplikační příručky izolací: Fatrafol, Pefol a Wolfín
- [10] Konstrukční detaily firmy Siplast s.a. a AWAL

## Příloha 1

Výpočtové hodnoty součinitele difúze radonu  $D$  a difúzní délky radonu  $l$  v izolačních materiálech stanovené na Stavební fakultě ČVUT v Praze podle metodiky akreditované ČIA a schválené Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (výpočtová hodnota = součet průměrné hodnoty a pravděpodobné chyby, použita vyšší hodnota z hodnot stanovených pro materiál a pro spoj).

IZOLACE			Souč. difúze $D$ ( $10^{-12}$ m <sup>2</sup> /s)	Difúzní délka $l$ (mm)
NÁZEV	VÝROBCE-DODAVATEL	TYP		
<b>ASFALTOVÉ PÁSY</b>				
ALV4 RAD	Büsscher & Hoffmann s.r.o. Brno	AP-AI	0,063	0,17
ALV2 RAD	Büsscher & Hoffmann s.r.o. Brno	AP-AI	0,011	0,07
ARFLEX	Nord Bitumi s.r.o. Uherské Hradiště	MAP	4,6	1,48
ARGO-P 3kg/m <sup>2</sup>	AKCEPT s.r.o. Praha	MAP	12,5	2,44
AWA PYE G 200 S 4	Stavební izolace-sawa s.r.o. Praha	MAP	14,5	2,63
AWA PYE PV 200 S 5	Stavební izolace-sawa s.r.o. Praha	MAP	9,5	2,13
BÄRENHAUT V60 AL S4	Mogat-Werke, Mainz	AP-AI	7,6	1,90
BITAGIT 40 AL MINERÁL	Krkonošské papírny a.s. Dehtochema Svoboda/Úpou	AP-AI	2,1	1,00
BITALBIT	BITUMAT s.r.o. Brno	AP-AI	0,049	0,15
BITUTHENE 1000X	IZOMEX s.r.o. Brno	MA-PE	16,7	2,82
BITUTHENE MR	IZOMEX s.r.o. Brno	MA-PE-AI	0,36	0,41
ELASTEK 40	Dektrade s.r.o. Praha	MAP	19,0	3,01
ELASTOCENE P 3 mm	AKCEPT CZ a.s. České Budějovice	AP	27,0	3,59
ENROBE ALUMINIUM	Isotop s.r.o. Praha	AP-AI	0,012	0,08
ISOVAP 3mm	KLAHOS s.r.o. Česká Třebová	MAP-AI	0,14	0,26
PARAFOR SOLO	SIPLAST s.a. Praha	MAP	3,9	1,36
PARAALBIT AI S 40-PM	Paramo-Bitumen Zbuzany	MAP-AI	0,005	0,05
PARAALBIT AI S 40	PARAMOBIT s.r.o. Hroznětín	AP-AI	0,052	0,16
PARAMOELAST AI S40-25	Paramo-Bitumen Zbuzany	MAP-AI	0,0028	0,04
PLUVITEC TECH P4	Bohemia FR systems s.r.o., Hradec Králové	MAP	20,0	3,09
PLUVITEC BARRIERA VAPORE 3-4	Bohemia FR systems s.r.o., Hradec Králové	AP-AI	0,022	0,10
PLUVITEC STANDARDTEC P4	Bohemia FR systems s.r.o., Hradec Králové	AP	12,0	2,39
POLIGUAINA AI 3kg/m <sup>2</sup>	Nord Bitumi s.r.o. Uherské Hradiště	MAP-AI	0,15	0,27
POLYGUM SEP 6000	Isotop s.r.o. Praha	MAP	6,7	1,79
RADONELAST	BITUMAT s.r.o. Brno	MAP-AI	0,0022	0,03
SCUDOVAPOUR	Bohemia Membrane s.r.o. Praha	MAP-AI	0,012	0,08
SIZ AL S 35	SIZ Horní Benešov a.s.	AP-AL	0,0035	0,04
SIZ AL S 40	SIZ Horní Benešov a.s.	AP-AL	0,0024	0,03
SKLOBIT	KRPA Hostinné s.r.o.	AP	17,0	2,85
V 40 E	Büsscher & Hoffmann s.r.o. Brno	AP	38,0	4,25

IZOLACE			Souč. difúze D (10 <sup>-12</sup> m <sup>2</sup> /s)	Difúzní délka l (mm)
NÁZEV	VÝROBCE-DODAVATEL	TYP		
<b>NOPOVANÉ FÓLIE</b>				
FONDALINE	Onduline stavební materiály s.r.o. Praha	HDPE-N	5,1	1,56
JUNOP 20-10	JUTA a.s. Dvůr Králové/L	HDPE-N	3,1	1,21
JUNOP 08-08	JUTA a.s. Dvůr Králové/L	HDPE-N	23,0	3,31
MABOFOL	Mabo-Velkon Systém s.r.o. Karlovy Vary	HDPE-N	3,7	1,33
MAGRUFOL	MAGE-CZ s.r.o. Hradec Králové	HDPE-N	2,3	1,05
PENEFOL - LITHOPLAST 10	Lithos s.r.o. Žďár/Sázavou	HDPE-N	7,6	1,90
PENEFOL - LITHOPLAST 20	Lithos s.r.o. Žďár/Sázavou	HDPE-N	5,7	1,65
PLATON D	Isola-Platon s.r.o. Praha	HDPE-N	3,8	1,35
TEFOND PLUS	TEGOLA BOHEMIA Praha	HDPE-N	2,8	1,15
TECHNODREN	TECHNOPLAST a.s. Chropyně	MPVC-N	1,7	0,90
<b>FÓLIE</b>				
ALKORPLAN 35041	Alkor Mnichov SRN	PVC-P	22,0	3,24
ALKORPLAN 35034	Alkor Mnichov SRN	PVC-P	18,0	2,93
AMS – F	Vest-Izol a.s. Zákupy	CPE	13,2	2,51
AMS – S	Vest-Izol a.s. Zákupy	CPE	32,0	3,90
AMS – Tescond	Vestin Group s.r.o. Česká Lípa	CPE	5,9	1,68
BUTIZOL 919	Fatra a.s. Napajedla	PVB	45,0	4,63
EKOPLAST 806	Fatra a.s. Napajedla	PVC-P	6,4	1,75
EKOTEN 915	Fatra a.s. Napajedla	HDPE	4,6	1,48
EPDM	Trelleborg Industries CS s.r.o. Praha	EPDM	225,0	10,35
EPDM BUTYL	Trelleborg Industries CS s.r.o. Praha	EPDM	27,5	3,62
FATRAFOL 801	Fatra a.s. Napajedla	PVC-P	5,9	1,68
FATRAFOL 803	Fatra a.s. Napajedla	PVC-P	12,7	2,46
FATRAFOL P331	Fatra a.s. Napajedla	FPP	16,3	2,79
FATRAFOL P793	Fatra a.s. Napajedla	PO	79,0	6,13
FLAGON A	SIMATOS s.r.o. Praha	PVC-P	12,0	2,39
GEFITAS	Thermomur Praha s.r.o.	PE	7,6	1,90
GEFITAS – AL	Thermomur Praha s.r.o.	PE-AI	0,78	0,61
HERTALAN	Stavcom s.r.o. Praha	EPDM	280,0	11,55
IZOFREX – R	TRAC s.r.o. Přerov	RPVC-P	31,0	3,84
IZOKPOL	OD-izol s.r.o. Hradec nad Moravicí	RPVC-P	130,0	7,87
IZOLEN	TECHNOLEN WF a.s. Lomnice nad Popelkou	PVC-P	21,0	3,16
JUNIFOL '98	JUTA a.s. Dvůr Králové/L	HDPE	2,1	1,00
JUNIFOL PEHD	JUTA a.s. Dvůr Králové/L	HDPE	15,0	2,67
JUNIFOL PELD	JUTA a.s. Dvůr Králové/L	LDPE	9,2	2,09
KB-Len	Izokrat s.r.o. Brno	ECB	16,0	2,76
LITHOPLAST	Lithos s.r.o. Žďár / Sázavou	HDPE-L	4,0	1,38
OLDROYD	IZOHELP s.r.o. Liberec	PP	0,29	0,37
PEFOL ISO	Spur a.s. Zlín	LDPE	8,0	1,95
PEFOL RHS - PEHD	Spur a.s. Zlín	HDPE	6,2	1,72
PENEFOL 750 bílý	GUMOTEX a.s. Břeclav	LDPE	20,9	3,15
PENEFOL 750 černý	GUMOTEX a.s. Břeclav	LDPE	17,5	2,89
PLASTIC FUTURE	Plastic Future s.r.o. Plzeň	RPVC-P	11,6	2,35

IZOLACE			Souč. difúze	Difúzní délka
NÁZEV	VÝROBCE-DODAVATEL	TYP	D ( $10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ )	l (mm)
SIKAPLAN 14,6V-T	SIKA CZ s.r.o. Brno	PVC-P	12,2	2,41
STAFOL 913	Fatra a.s. Napajedla	RPVC-P	17,6	2,89
STAFOL 914	Fatra a.s. Napajedla	RPVC-P	7,4	1,88
TONZON BODEMFOLIE	GUMER v.o.s. Havířov	PE	21,0	3,16
WOLFIN	STISY s.r.o. Čes. Budějovice	PVC-P	2,3	1,05
WOODIZOL	ZPD Hodonín a.s.	HDPE	8,7	2,04
WOODIZOL '99	ZPD Hodonín a.s.	HDPE	3,0	1,20
<b>NÁTĚROVÉ A STĚRKOVÉ HMOTY, PODLAHOVINY</b>				
AQUAFIN - 2K	Schomburg s.r.o. Praha	SPB	470,0	14,96
BOTACT MD 28	Botament Systembaustoffe Plzeň	SPB	130,0	7,87
BOTAZIT BM 92	Botament Systembaustoffe Plzeň	SMA	6,2	1,72
BRECOPLAN	Ing. HUTA Praha	LP	1740	28,78
CE-TE 50	M.S.U. a.s. Jivno	SA	4,7	1,50
COMBIFLEX C2	Schomburg s.r.o. Praha	SMA	8,4	2,00
DAKFILL-FRIGO	ABP Consulting Praha	NH	31,0	3,84
DELTA POLYMER	Dörken s.r.o. Praha	NH	0,23	0,33
DICHTFLEX	Murexin s.r.o. Brno	SPB	46,5	4,71
DYCKERHOFF DICHTSCHLÄMMEFLEX	Dyckerhoff -stavební materiály s.r.o., Praha	SPB	53,0	5,02
HD HYDROBIT	Büsscher & Hoffmann s.r.o. Brno	SMA	0,86	0,64
HDP HYDROBIT	Büsscher & Hoffmann s.r.o. Brno	SMA	2,2	1,02
ISODICK 2K	MC Bauchemie s.r.o. Plzeň	SMA	4,7	1,50
MEDIATAN 360, 361, 365	Idea-Injekt s.r.o. Kunín	PUH	2,6	1,11
Nr. SICHER 529	Cement Bohemia Praha a.s.	SMA	38,0	4,25
Nr. SICHER 530	Cement Bohemia Praha a.s.	SMA	20,5	3,12
Nr. SICHER 550	Cement Bohemia Praha a.s.	SMA	74,5	5,96
PEDA-GARD	Saman servis Praha	PUH	1,9	0,95
ZOT 78	AVANTI s.r.o. Havířov	PSP	17,4	2,88
2K SPECIÁL	Murexin s.r.o. Brno	SMA	9,4	2,12
VOLCLAY	TECONS s.r.o. Praha	BEPAP	7300	59,0
VOLTEX	TECONS s.r.o. Praha	BETEX	7200	58,6

Legenda: PE - polyethylen, CPE - chlorovaný polyethylen, HDPE - vysokohustotní polyethylen, HDPE-N - nopovaná fólie z HDPE, HDPE-L - lehčené HDPE, LDPE - nízkohustotní polyethylen, PVC-P - měkčené PVC, RPVC-P - recyklované PVC-P, MPVC - modifikované PVC, PVB - polyvinylbutyral, PO - polyolefin, SMA - stěrka z modifikovaného asfaltu, SPB - stěrka z plastbetonu, SA - asfaltová stěrka, PSP - polysulfidový polymer, ECB - ethylen kopolymer bitumenu, PP - polypropylen, FPP - flexibilní polypropylén, PUH - hmota na bázi polyuretanu, NH - nátěrová hmota, AP - asfaltový pás, MA - modifikovaný asfalt, MAP - asfaltový pás z modifikovaného asfaltu, MAP-Al - MAP s Al vložkou, LP - litá podlahovina, BEPAP – bentonit sodný mezi papírovými kartony, BETEX – bentonit sodný mezi PP geotextíliemi