

OCHRANA NOVÝCH STAVEB PROTI RADONU

Doc. Ing. Martin Jiránek, CSc.
ČVUT Fakulta stavební Praha
E-mail: jiranek@fsv.cvut.cz

Normový a legislativní rámec

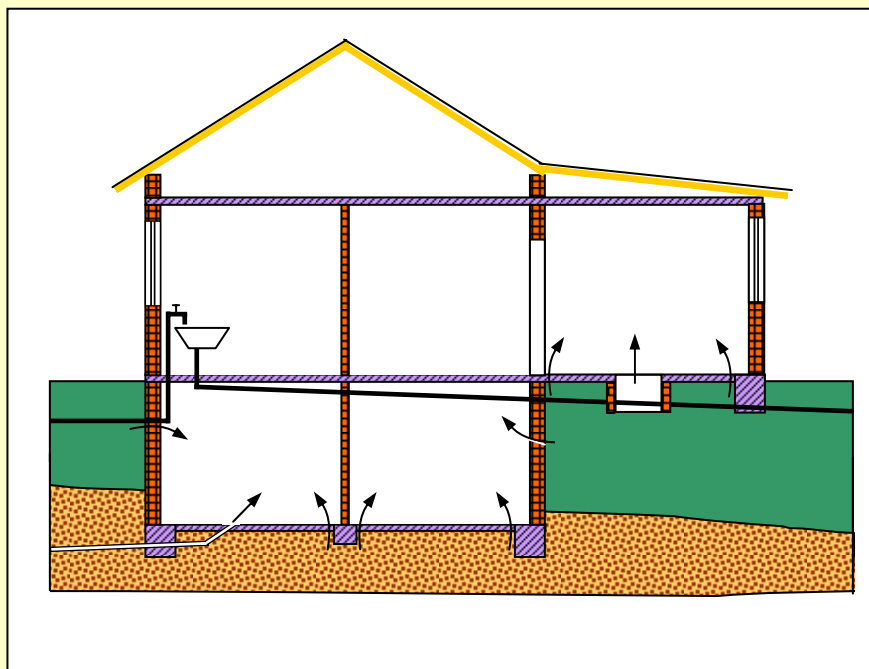
- **Zákon č. 18/1997 Sb. (Atomový zákon)**
- **Vyhláška SÚJB 307/2002 Sb. o požadavcích na zajištění radiační ochrany**

- **ČSN 73 0601 (2006) Ochrana staveb proti radonu z podloží**
- **ČSN 73 0602 (2006) Ochrana staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů**

Směrné a mezní hodnoty

- **Směrné hodnoty pro nové stavby**
 - koncentrace radonu $\leq 200 \text{ Bq/m}^3$
 - příkon fot. dávkového ekvivalentu $\leq 0,5 \text{ } \mu\text{Sv/h}$
- **Směrné hodnoty pro stávající stavby**
 - koncentrace radonu $\leq 400 \text{ Bq/m}^3$
 - příkon fot. dávkového ekvivalentu $\leq 1 \text{ } \mu\text{Sv/h}$
- **Mezní hodnoty pro stávající stavby**
 - koncentrace radonu $\leq 4\,000 \text{ Bq/m}^3$
 - příkon fot. dávkového ekvivalentu $\leq 10 \text{ } \mu\text{Sv/h}$

Zdroje radonu



- Podloží
- Stavební materiály
- Voda

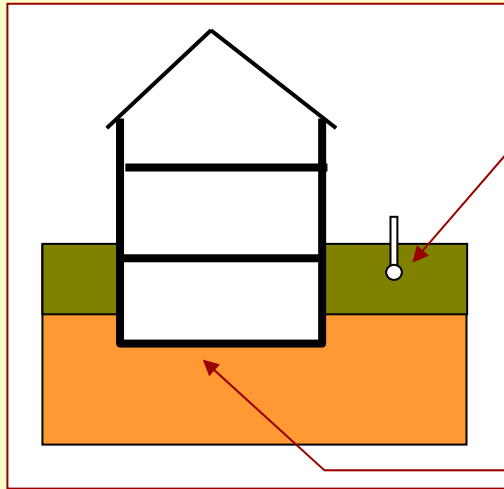
Principy protiradonových opatření

- **Odstranění zdroje** (stavební materiály a voda)
- **Přerušení transportu**
 - Úpravou podloží (odvětrání podloží, podtlak v podloží)
 - Úpravou stavební konstrukce (vytvoření plynotěsné konstrukce)
 - Úpravou vnitřního vzduchu (ventilace vzduchu)

Radonový index podloží

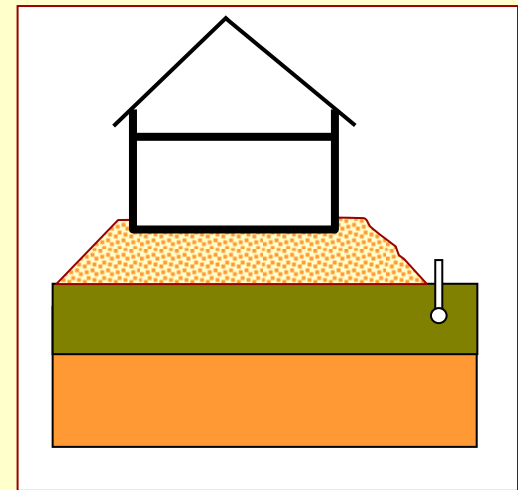
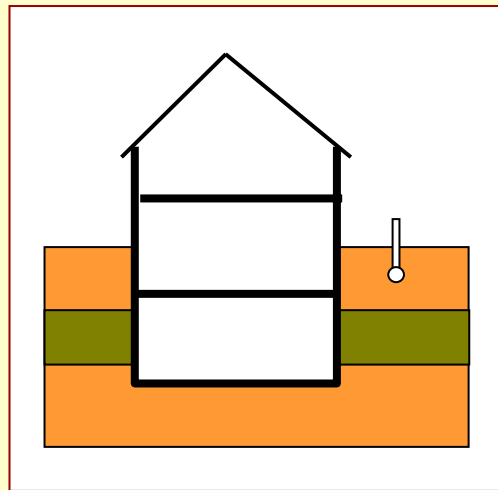
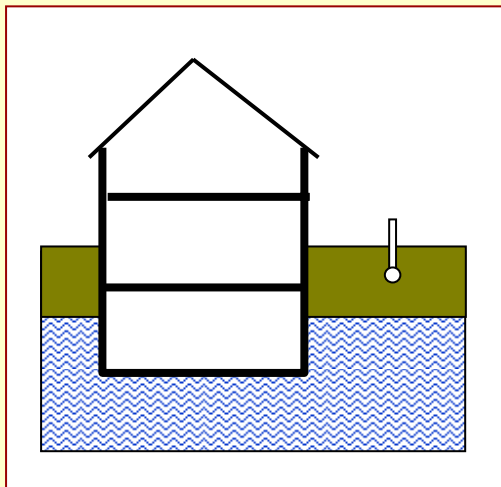
Radonový index	Třetí kvartil koncentrace radonu v podloží C_S (kBq/m ³)			Radonový potenciál pozemku RP
	$C_S \geq 100$	$C_S \geq 70$	$C_S \geq 30$	
vysoký	$C_S \geq 100$	$C_S \geq 70$	$C_S \geq 30$	$RP \geq 35$
střední	$30 \leq C_S < 100$	$20 \leq C_S < 70$	$10 \leq C_S < 30$	$10 \leq RP < 35$
nízký	$C_S < 30$	$C_S < 20$	$C_S < 10$	$RP < 10$
Propustnost podloží	nízká	střední	vysoká	

Radonový index stavby



Radonový index pozemku se určuje v hloubce 0,8 m pod terénem

Radonový index stavby se určuje na úrovni základové spáry



Radonový index stavby

- Radonový index stavby = radonový potenciál na úrovni základové spáry
- Radonový index stavby nabývá hodnot nízký, střední a vysoký

Radonový index stavby

Radonový index stavby určuje projektant na základě:

- Polohy základové spáry
- Koncentrace radonu a propustnosti podloží v hloubce založení
- Hutnění, stabilizace podloží
- Zřizování propustných štěrkových vrstev
- Přítomnosti HPV

Využívá se:

- Přímá měření in situ
- Výsledky inženýrsko geologického průzkumu
- Metody odborného posouzení

Volba opatření

Terminologie

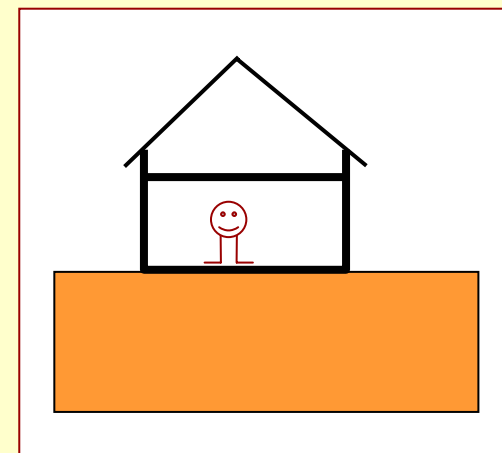
- Kontaktní konstrukce – konstrukce ve styku se zemínou
- Konstrukce **1. kategorie těsnosti** – kontaktní konstrukce s **protiradonovou izolací** a s plynotěsně provedenými prostupy
- Konstrukce **2. kategorie těsnosti** – kontaktní konstrukce s **hydroizolací** s vodotěsně provedenými spoji a prostupy nebo z vodostavebného betonu
- Konstrukce **3. kategorie těsnosti** – kontaktní konstrukce **bez izolace** s utěsněnými prostupy

Nízký radonový index stavby

- Kontaktní konstrukce opatřeny celistvou hydroizolací s vodotěsně provedenými spoji a prostupy.
- Dispoziční řešení nemá zvyšovat podtlak v kontaktních podlažích.

Objekty s obytnými místnostmi v kontaktních podlažích

Kontaktní konstrukce se provede v **1. kategorii těsnosti**, tj. s protiradonovou izolací.



Kombinované opatření se volí pokud:

- pod stavbou je drenážní vrstva o vysoké propustnosti,
- v kontaktní konstrukci je podlahové vytápění,
- třetí kvartil koncentrace radonu v podloží přesahuje:
 - ✓ 60 kBq/m³ pro vysoce propustné zeminy,
 - ✓ 140 kBq/m³ pro středně propustné zeminy a
 - ✓ 200 kBq/m³ pro zeminy s nízkou propustností.

Objekty s pobytovými místnostmi v kontaktních podlažích

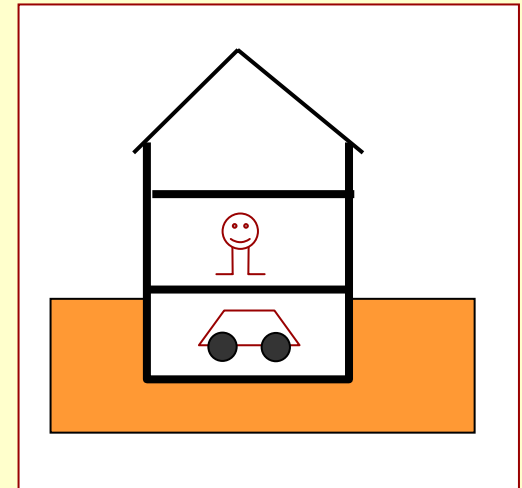
Nejsou-li splněny podmínky pro samotnou konstrukci 1. kategorie těsnosti, volí se kombinace protiradonové izolace s:

- a) větracím systémem podloží;
- b) s ventilační vrstvou.

Objekty bez pobytových místností v kontaktních podlažích


Kontaktní konstrukce se provede v **2. kategorii těsnosti**, tj. s hydroizolací pokud současně platí že:

- a) v kontaktním podlaží je dostatečná výměna vzduchu,
- b) strop nad kontaktním podlažím je min. v 3. kategorie těsnosti,
- c) dveře do kontaktních podlaží jsou těsné a s automatickým zavíráním.



Objekty s nucenou ventilací kontaktních podlaží

Kontaktní konstrukce se provede v **2. kategorii těsnosti**, pokud jsou ventilačním zařízením větrány nejméně všechny obytné místnosti v kontaktních podlažích.



PROTIRADONOVÁ IZOLACE

Požadavky na protiradonovou izolaci

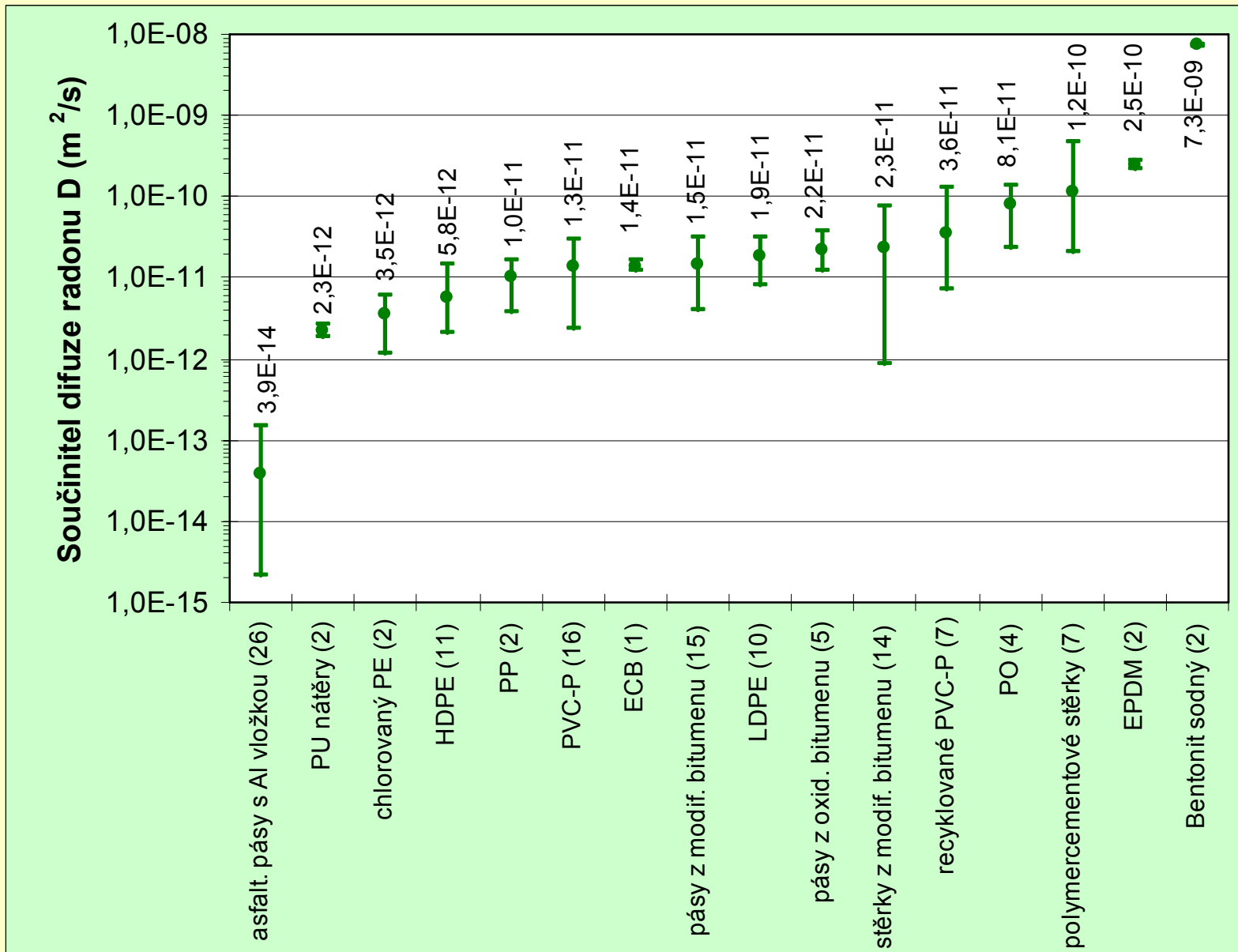
- Plní současně hydroizolační funkci
- Má stanoven součinitel difúze radonu vlastního materiálu
- Mají stanoven způsob provedení spoje s uvedeným součinitelem difúze radonu
- Trvanlivost odpovídá předpokládané životnosti stavby
- Odolávají veškerému v úvahu přicházejícímu koroznímu namáhání

Dimenzování protiradonové izolace

Minimální tloušťka izolace se vypočítá podle ČSN 73 0601 v závislosti na:

- součiniteli difúze radonu v izolaci,
- parametrech podloží (koncentraci radonu v půdním vzduchu a propustnosti podloží)
- parametrech domu (násobnost výměny vzduchu, velikost kontaktní plochy, objemu interiéru)

Součinitel difúze radonu v izolačních materiálech



Výpočet tloušťky protiradonové izolace

1. Vypočte se difúzní délka radonu v izolaci l :

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

Dsoučinitel difúze radonu v izolaci [m^2/h]

λrozpadová konstanta radonu [$0,00756 \text{ h}^{-1}$]

Výpočet tloušťky protiradonové izolace

2. Vypočte se maximálně přípustná rychlost plošné exhalace radonu do objektu E_{mez} :

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

V_kobjem interiéru zvolené místnosti [m^3]

nintenzita výměny vzduchu v místnosti [h^{-1}]

A_ppůdorysná plocha místnosti v kontaktu s podložím [m^2]

A_splocha suterénních stěn v kontaktu s podložím [m^2]

C_{dif} ...podíl difúze na směrné hodnotě koncentrace radonu, tj. 20 Bq/m^3 pro novostavby nebo 40 Bq/m^3 pro stávající stavby

Výpočet tloušťky protiradonové izolace

3. Z konkrétních podmínek na staveništi se určí skutečná rychlost plošné exhalace radonu do daného objektu E :

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

C_skoncentrace radonu v podloží rozhodná pro zařídění do kategorií radonového indexu [Bq/m^3]

dtloušťka izolace [m]

α_1bezpečnostní bezrozměrný součinitel

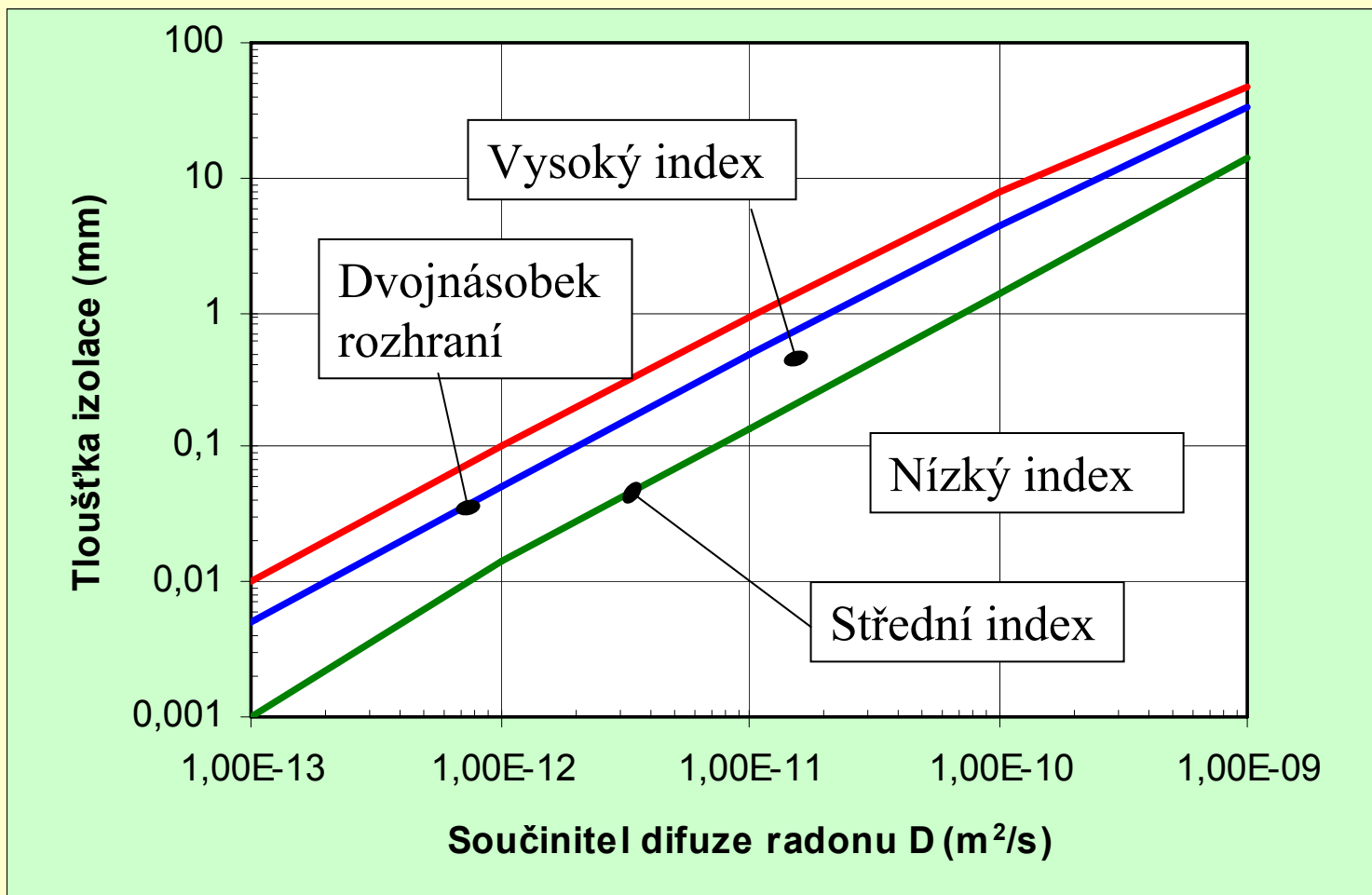
Plynopropustnost zeminy	Samotná protiradonová izolace	Protiradonová izolace v kombinaci s větracím systémem podloží nebo s ventilační vrstvou při způsobu větrání	
		aktivním	pasivním
nízká	2,1	1,0	1,5
střední	3,0	1,0	2,0
vyšoká	7,0	1,0	4,0

Výpočet tloušťky protiradonové izolace

4. Tloušťka protiradonové izolace d se stanoví z podmínky $E \leq E_{mez}$
5. V homogenních izolacích se tloušťka stanoví ze vztahu:

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

Tloušťka protiradonové izolace v závislosti na součiniteli difúze radonu v izolaci a na kategorii radonového indexu. Platí pro objekty s $E_{mez} = 15,6 \text{ Bq}/(\text{m}^2\text{h})$ – nový nepodsklepený nebo stávající podsklepený s intenzitou výměny vzduchu $0,3 \text{ h}^{-1}$



Méně vhodné materiály

- Pásy z oxidovaného asfaltu s nasákovými nosnými vložkami
- Polymercementové stěrky
- Bentonit sodný opláštěný geotextíliemi nebo papírovými lepenkami
- EPDM fólie
- Recyklované materiály
- Některé polyolefiny

Zakázané materiály

- Materiály s kovovou vložkou
- Nopované (profilované) fólie

Provádění protiradonové izolace

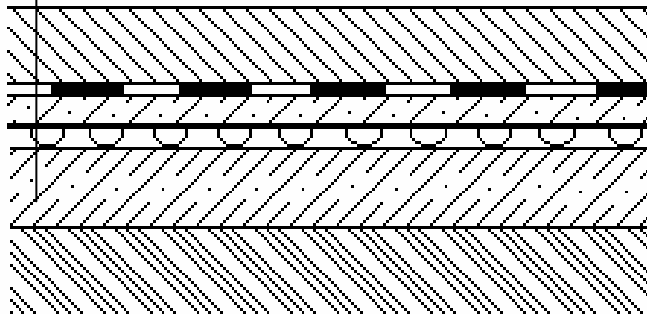
- Musí být provedena spojitě v celé ploše kontaktní konstrukce
- Prostupy musí být plynotěsné
- Před zakrytím se musí provést kontrola celistvosti a neporušenosti
- Položená a zkontrolovaná izolace musí být opatřena ochranou proti poškození
- Izolace plnoplošně přilepené (přitavené) ke konstrukci jsou bezpečnější než izolace pokládané volně



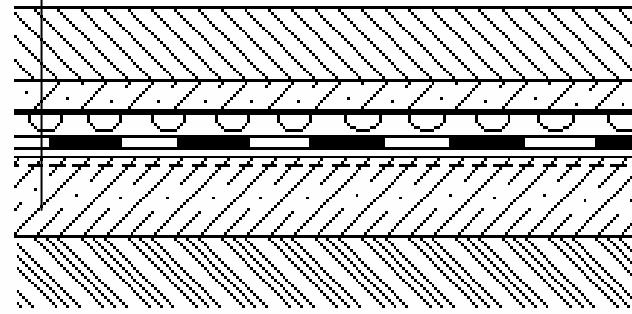
**VENTILAČNÍ VRSTVA V
KONTAKTNÍ KONSTRUKCI**

Skladby kontaktních konstrukcí s ventilační vrstvou

- podlahové vrstvy
- protiradonová izolace
- penetrační nátěr nebo podkladní textilie podle druhu protiradonové izolace
- betonová mazanina na nopované fólii
- nopovaná fólie vytvářející ventilační vrstvu
- podkladní beton
- původní terén



- podlahové vrstvy
- betonová mazanina na nopované fólii
- nopovaná fólie vytvářející ventilační vrstvu
- protiradonová izolace
- penetrační nátěr nebo podkladní textilie podle druhu protiradonové izolace
- podkladní beton
- původní terén



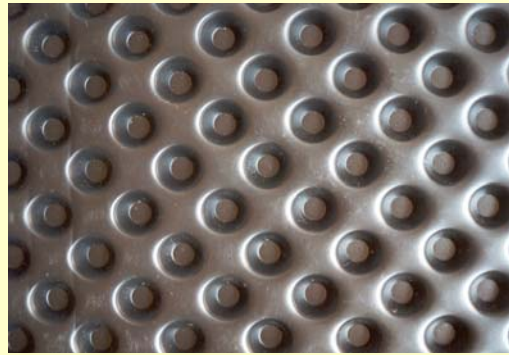
**NOPOVANÁ FÓLIE NEMŮŽE BÝT POUŽITA JAKO
PROTIRADONOVÁ IZOLACE**



**ZCELA NEPŘÍPUSTNĚ
POUŽITÁ NOPOVANÁ
FÓLIE**

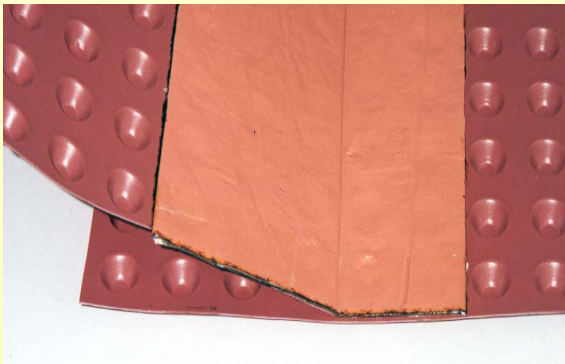
Slabé místo nopovaných fólií = spoje

- Oboustranně lepící páskou mezi fóliemi



Pro tento typ
fólií nevhodné

- Přelepením spoje jednostranně lepící páskou

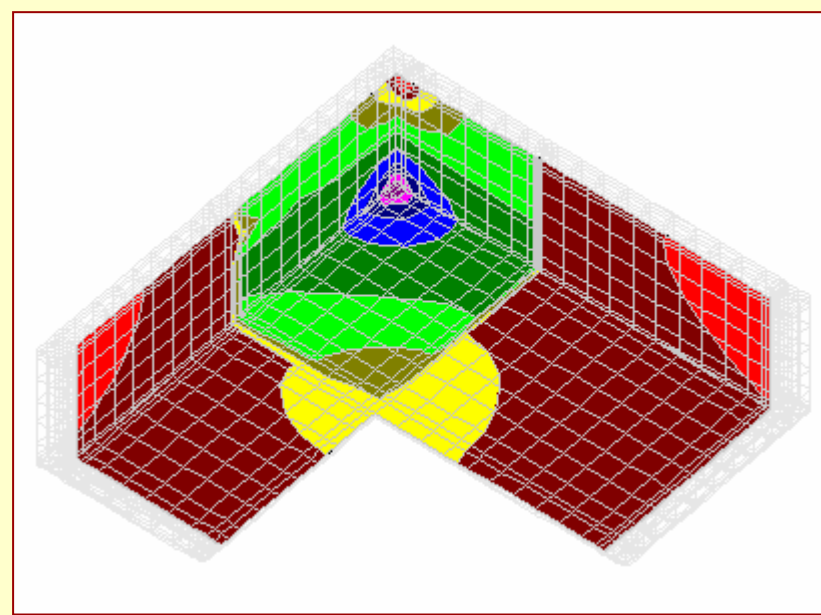
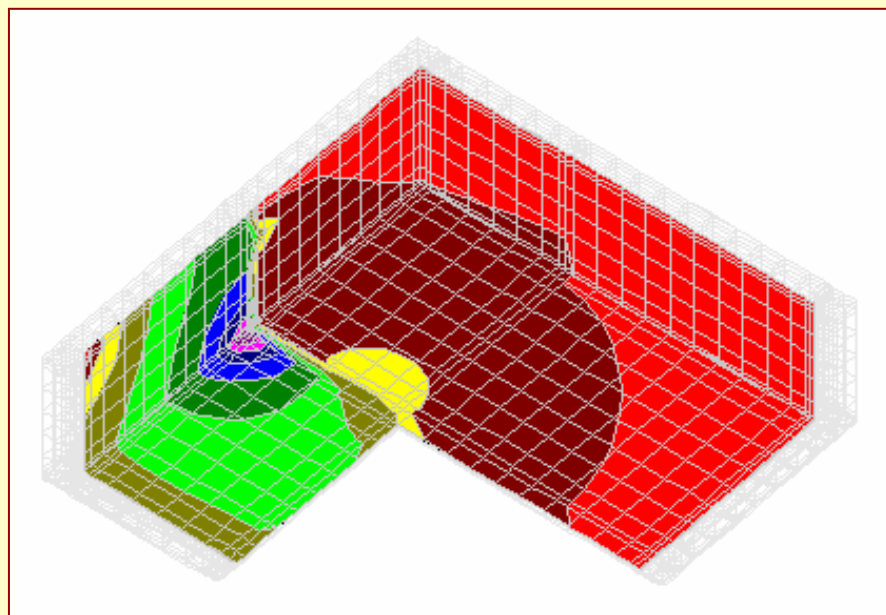
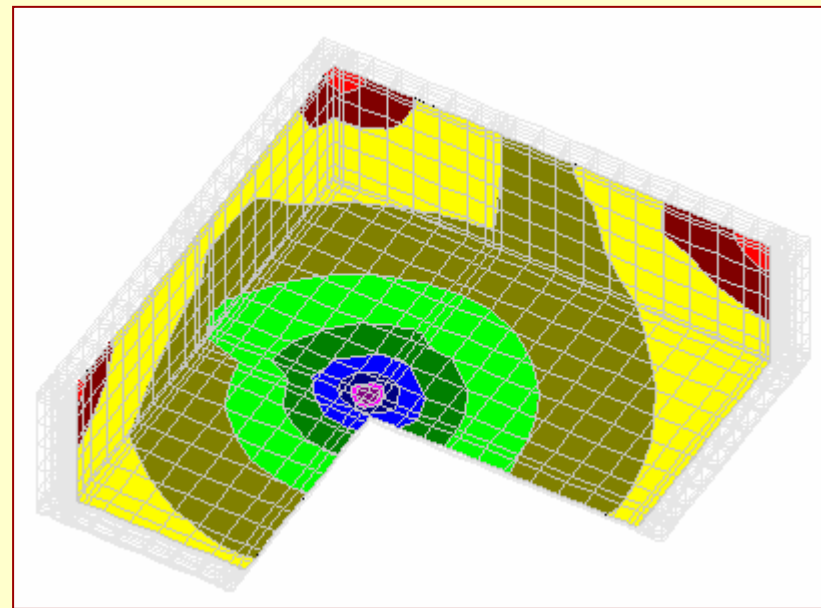
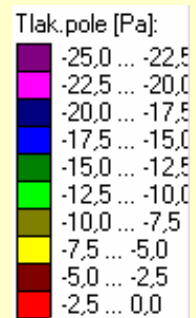
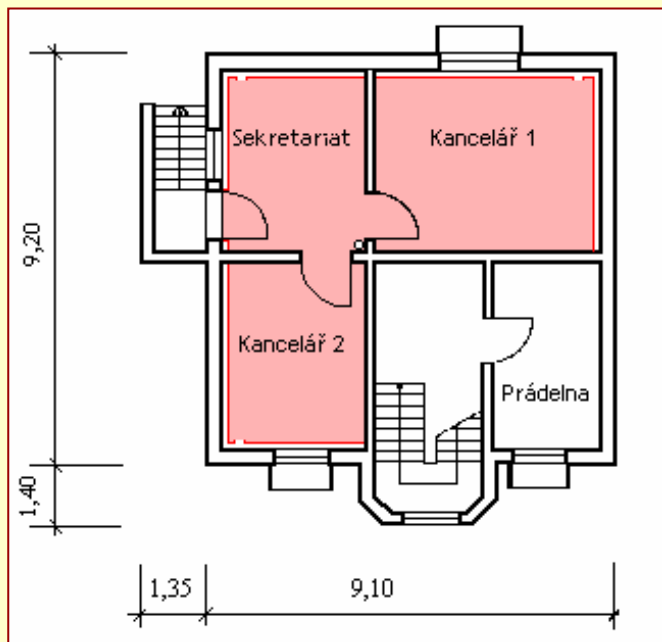


Nedostatečná
šířka pásky

Šířka pásky musí být alespoň 70 mm.

Odvětrání vzduchové mezery

- Pasivní způsob bývá málo účinný
- Doporučuje se aktivní podtlakové odvětrání
- Pasivní odvětrání musí být realizováno pomocí svislého potrubí ústícího nad střechou domu
- Při nuceném větrání se prisávací otvory volí jen výjimečně a to co nejdále od místa odsávání
- Odsávací místo volíme co nejbliže středu půdorysu
- Odsávání z rohu je nejméně účinné





VĚTRACÍ SYSTÉMY PODLOŽÍ

Funkční principy

- Vytvářejí podtlak v podloží pod domem
- Snižují koncentraci radonu v podloží pod domem

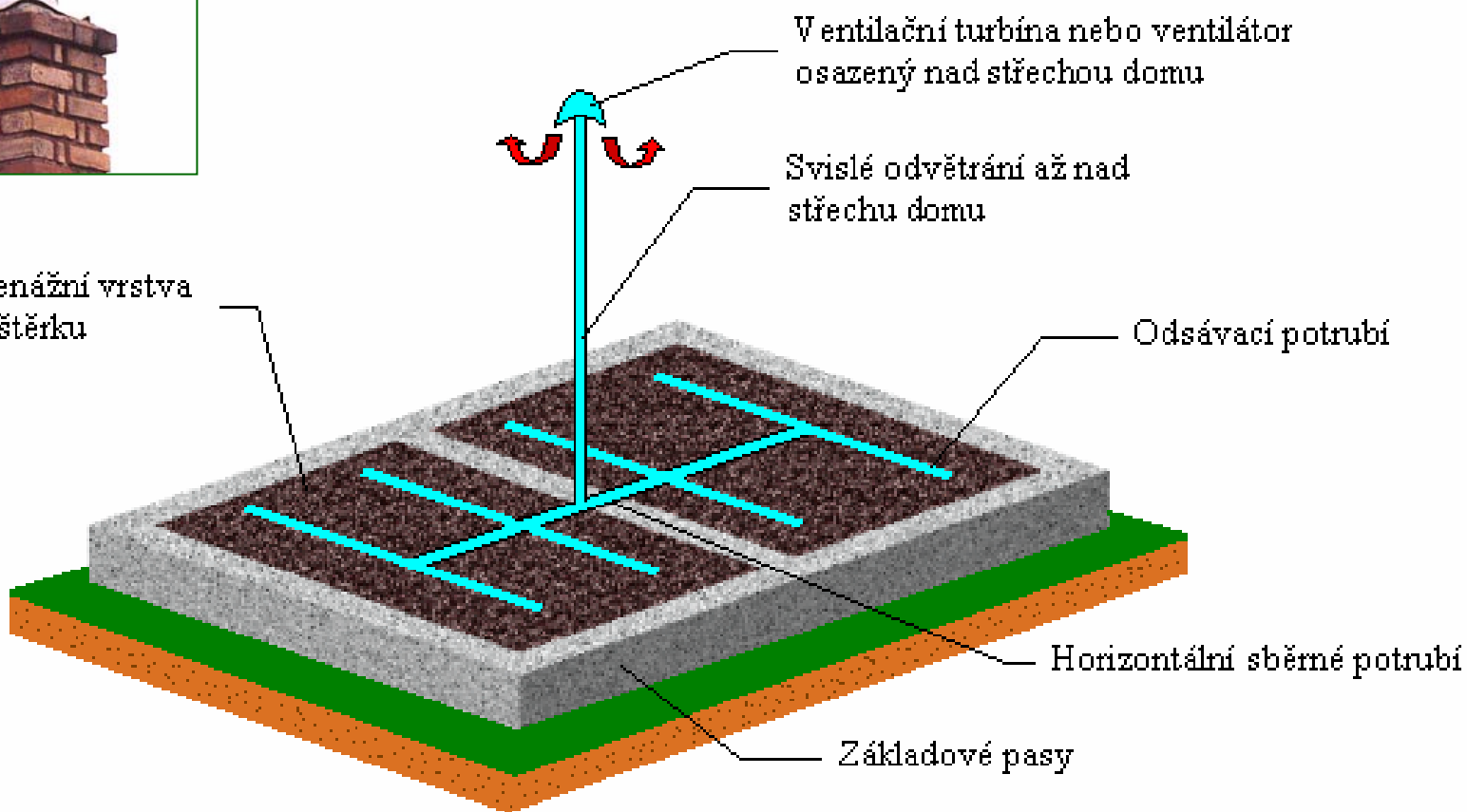
Intenzita těchto účinků závisí na:

- Propustnosti jednotlivých vrstev pod domem
- Uspořádání a hloubce základů
- Přítomnosti suterénních stěn
- Těsnosti podlah na terénu
- Těsnosti povrchové úpravy terénu kolem domu

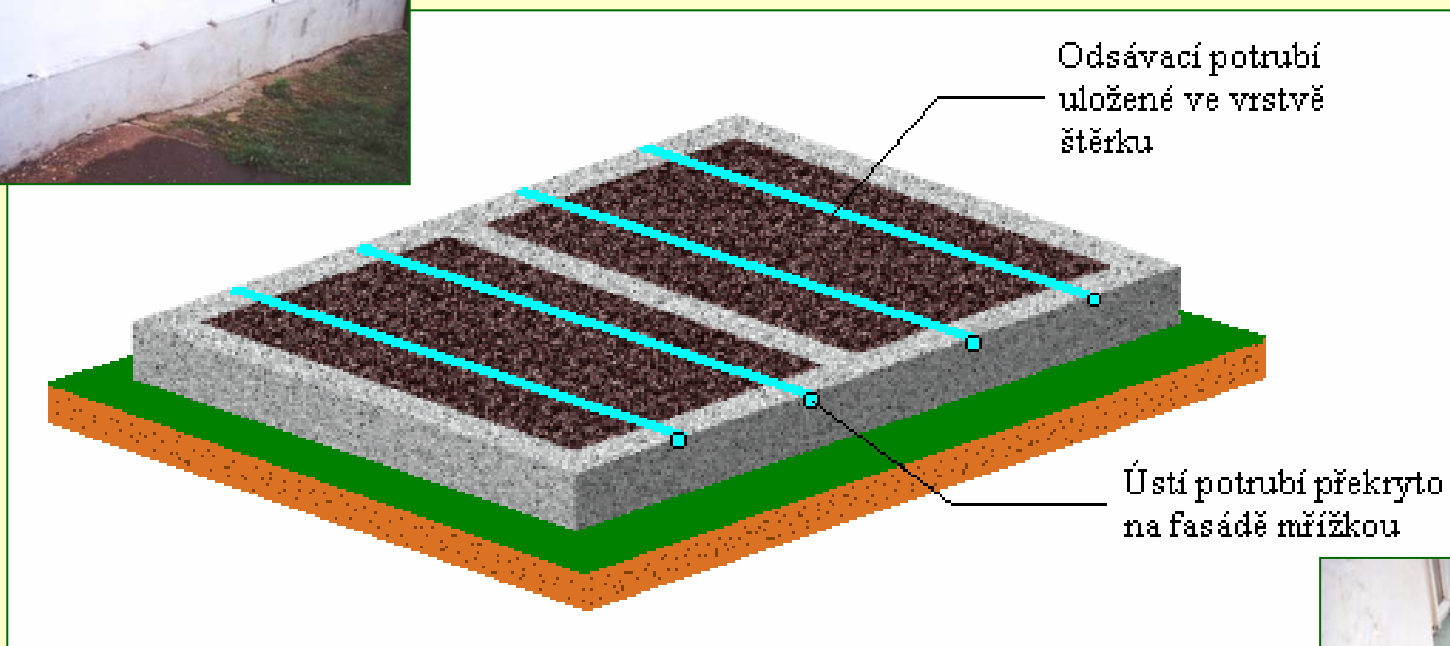
Zásady návrhu

- Základním odsávacím prostředkem je odsávací potrubí kladené do vrstvy šterku min. tl. 150 mm frakce 16/32 mm
- Odsávací potrubí musí být zavedeno do každé sekce ohraničené základovými pasy
- Průměr odsávacího potrubí:
80 – 100 mm při přirozeném odvětrání
50 – 60 mm při nuceném odvětrání
- Primárně se volí přirozené odvětrání, ovšem s možností snadné přeměny na aktivní odvětrání
- Odvětrání podloží vždy v kombinaci s protiradonovou izolací

Půdní vzduch z odsávacího potrubí odveden svislým odvětráním



Půdní vzduch odveden do protilehlých stran domu – opatření nefunkční a nepřijatelné

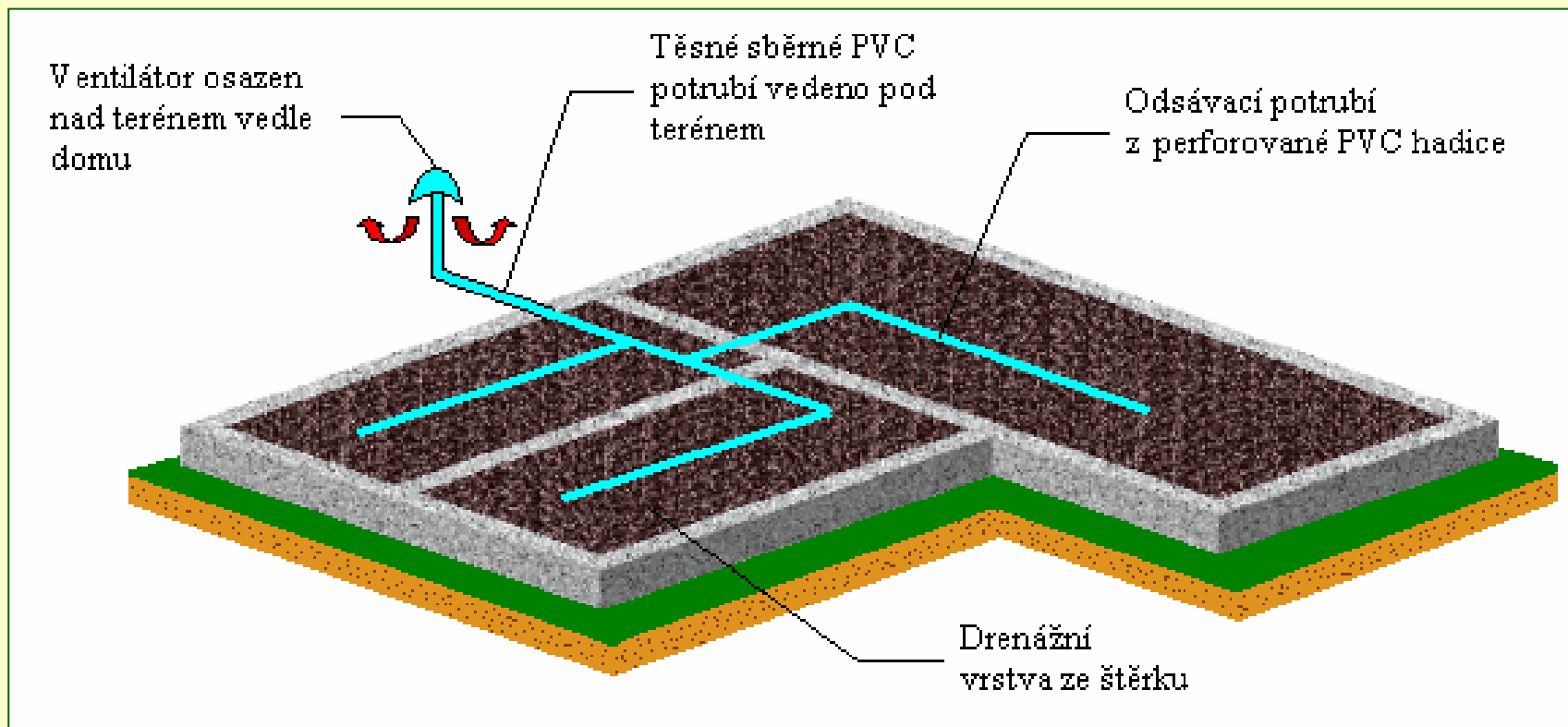


Nespolehlivá účinnost

Komplikovaná aktivace systému

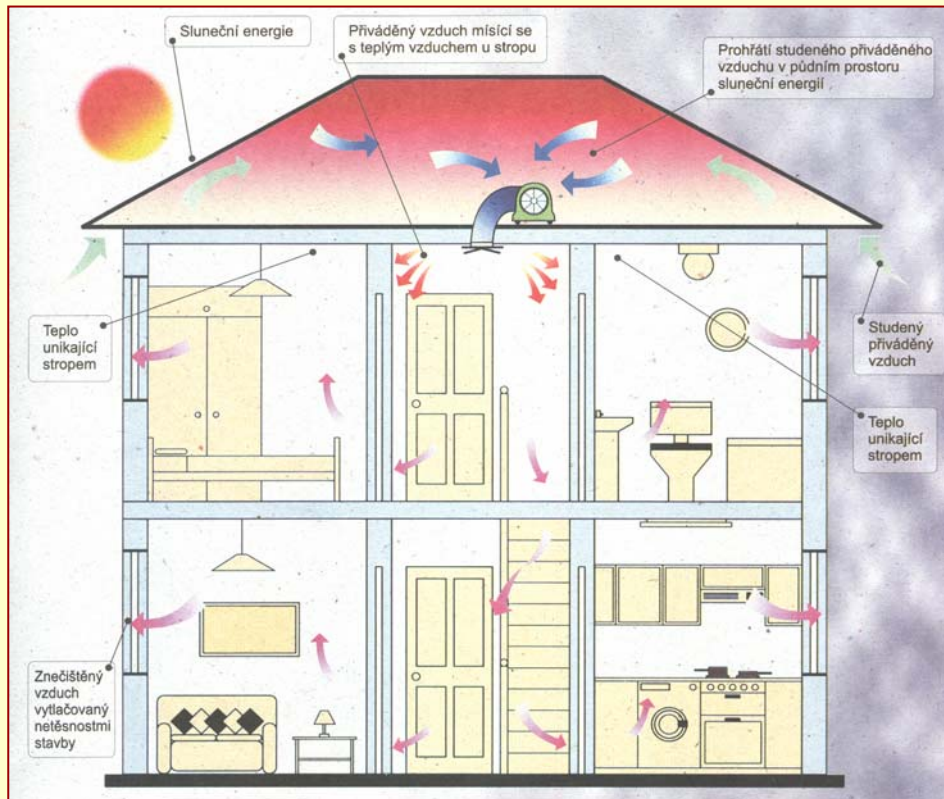


Půdní vzduch odveden ventilátorem umístěným na pozemku vedle domu





PŘETLAKOVÉ VĚTRÁNÍ INTERIÉRU



DOCTOR HOUSE

Příkon: 7 – 12 W

Výkon: 36 – 108 m³/h

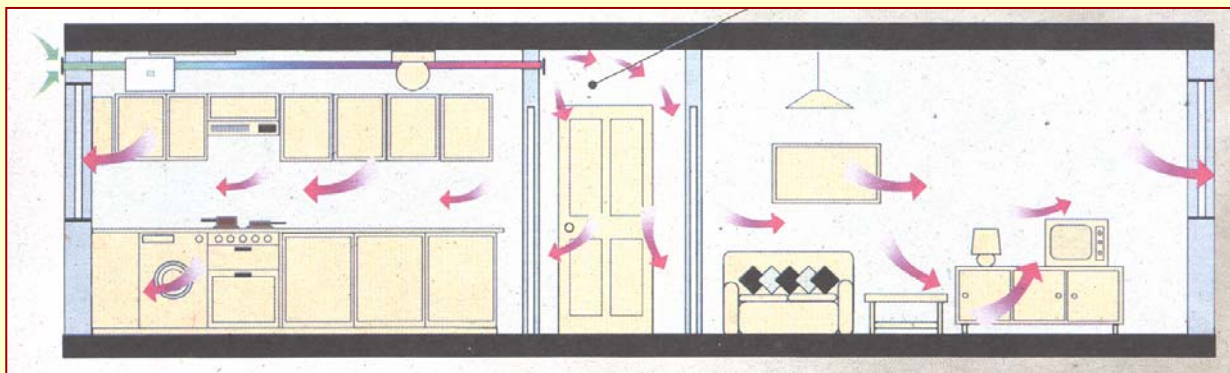
Hlučnost: 33 – 37 dB(A)

DOCTOR FLAT

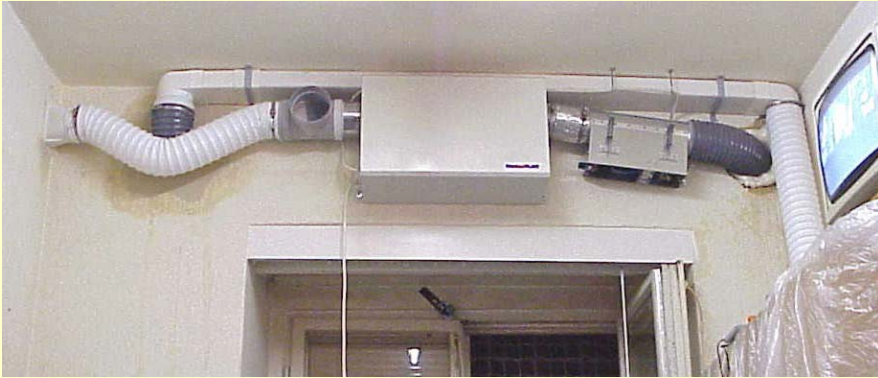
Příkon: 7 – 10 W

Výkon: 36 – 72 m³/h

Hlučnost: 35 – 38 dB(A)



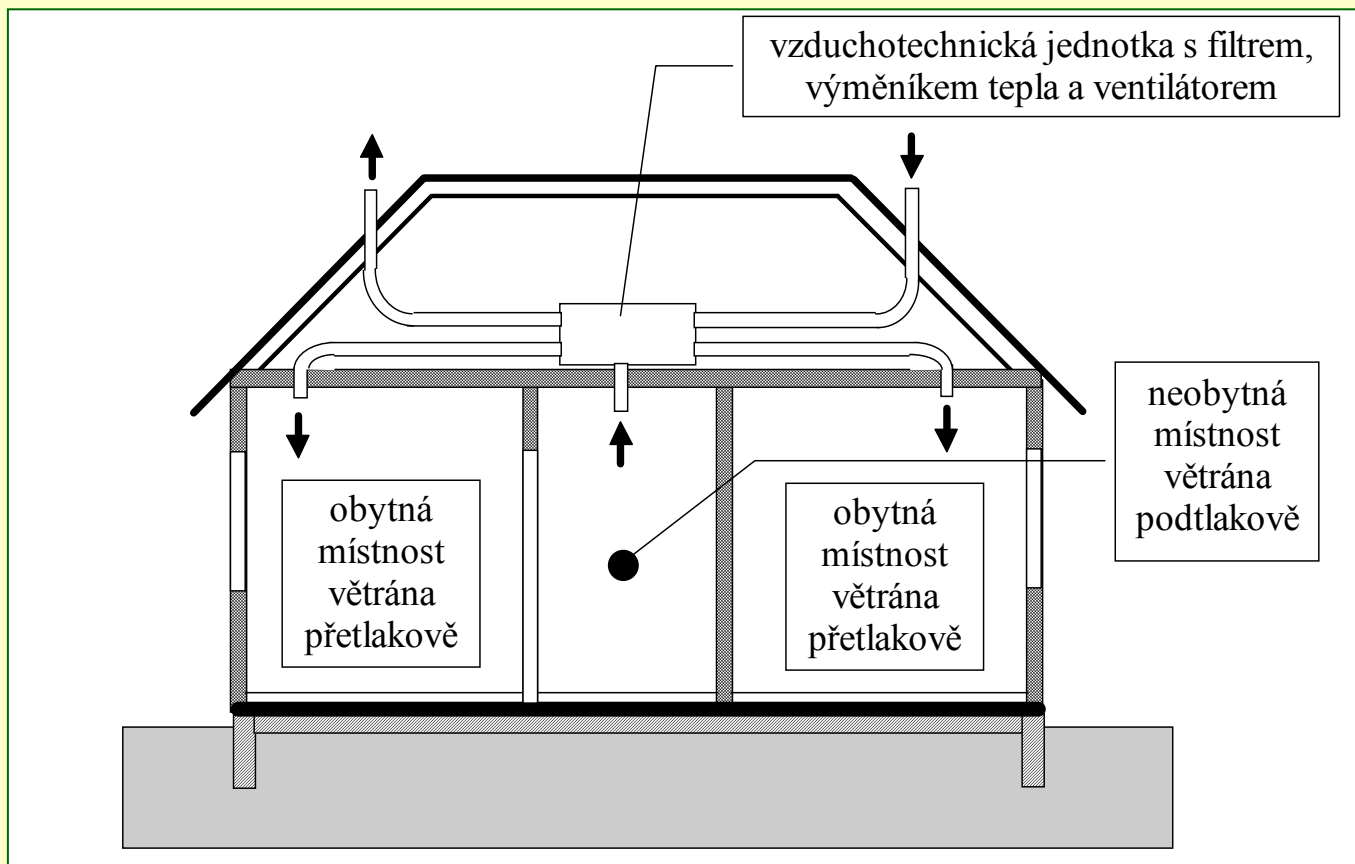
Doctor flat



CENTRÁLNÍ NUCENÁ VENTILACE



Centrální větrací systém s rekuperací tepla



Nuceně musí být větrány všechny pobytové místnosti v kontaktních podlažích