

# Vliv geologického podloží na stabilitu domů a zdraví jejich uživatelů

---

## 0. Klíčová slova

*geologické podloží ♦ rovnováha ♦ anomálie ♦ geofyzikální průzkum ♦ stavební fyzika ♦ geotechnický průzkum*

---

## 1. Úvod

---

Diskuse o životním prostředí se většinou věnují čistotě ovzduší, čistotě vody a ochraně živočichů a rostlin. Relativně menší pozornost je věnována horninovému prostředí, které nás ovlivňuje obdobnou měrou. Horninové prostředí samo může vytvářet anomální struktury jejichž charakter je pro člověka nepříznivý. Na druhé straně člověk sám může uvést horninové prostředí do nestability a tak ohrozit sebe i své obydlí. V zde předkládaném „Doporučeném standardu technickém“ je věnována pozornost hlavně problematice obytných budov, rodinných sídel a obdobných staveb. V textu proto není zdůrazňována problematika složitého hlubinného zakládání velkých objektů, ale jsou zdůrazněny hlavně prvky spojené s respektováním přirozených geologických poměrů a ochranou životního prostředí.

Následující text vychází z verze standardu vypracovaného v roce 2000 (Evžen Andres). Nová verze je doplněna o současné poznatky. Na druhé straně byla v zájmu ucelenosti a zachování kontinuity v celém rozsahu převzata původní kapitola 5: Příklady vyřešených úkolů z let 1975 až 1996, které prováděl E. Andres v rámci svých výzkumů. Tato kapitola shrnuje výsledky časově i finančně náročných měření a jako celek nejlépe dokládá, že příprava stavebního záměru i celý projekt stavby by měl být orientován zejména na objektivní i subjektivní pohodu uživatelů stavby.

Jakákoliv řešení spojená s vybudováním lidského sídla v podmínkách České republiky by měla vycházet z respektování platných předpisů, a to zejména ze zákonů níže vyjmenovaných (pořadí zákonů v seznamu je dáno podle abecedy):

*Atomový zákon (18/1997 Sb. v aktuálním znění),  
Geologický zákon (62/1988 Sb. v aktuálním znění)  
Lesní zákon (289/1995 Sb. v aktuálním znění),  
Stavební zákon (183/2006 Sb. v aktuálním znění),  
Vodní zákon (254/2001 Sb. v aktuálním znění),  
Zákon o životním prostředí (123/1998 Sb. v aktuálním znění),*

Již výčet výše uváděných zákonů naznačuje, že každý akcentuje význam vlastního oboru (stavebníka, zemědělce apod.). Od tvůrců nové stavby se pak logicky musí vyžadovat tvůrčí syntéza, komplexní pohled s respektováním místních podmínek. To mimo jiné předpokládá dokonalou znalost místa, kde bude stavba situována.

Problematiku, kterou řeší zde předkládané doporučení, je možno řešit pouze při dobré znalosti geologických a některých fyzikálních vlastností zkoumaného místa. Geologické průzkumné metody představují rozsáhlou paletu technologií (vrty, geofyzikální měření, polní geotechnické testy, laboratorní zkoušky apod.) a jejich popis přesahuje možnosti tohoto textu. Protože však zde řešená problematika významně souvisí s popisem fyzikálních polí a jejich interpretací byly pro zkoumání jevů, jejich popis a výklad přednostně zvoleny metody geofyzikální, popřípadě metody stavební fyziky. Pod pojmem geofyzikálních metod rozumíme měření na fyzikálních principech, která jsou interpretována pro potřeby popisu

geologických poměrů. Pokud jsou fyzikální měření orientována tak, že popisují vlastnosti stavebních konstrukcí, (budov) je správné použít termín stavební fyzika.

### **1.1. Účel a cíl standardu**

Účelem standardu je poukázat na skutečnost, že geologické podloží v některých místech působí na zdraví lidí a stabilitu domů, ve kterých lidé žijí a pracují, a navrhnout způsob ochrany proti negativním jevům. Cílem standardu je poskytnout informace architektům, projektantům i soukromým stavebníkům při rozhodování, kde v terénu umístit stavby bytové a občanské výstavby.

### **1.2. Předmětem standardu**

je průzkum geologického podloží v místech, na nichž se budou stavět domy či rekonstruovat starší objekty.

---

## **2. Základní pojmy**

---

### **2.1. Termíny**

*Anomálie:* za anomálii lze označit jakýkoliv jev, který překračuje průměrné hodnoty. Tak například pohybují-li se průměrné relativní hodnoty naměřeného magnetického pole kolem 0 nT, lze oblast s výskytem hodnot kolem -20 nT považovat za anomálii, v tomto případě záporného charakteru.

*Dračí žila (zóna):* v Číně již před 4 000 lety bylo pro zdraví škodlivé geologické nehomogenity ve svrchní části povrchu Země zvoleno pojmenování „dračí žila – zóna“. Státní úředník, schopný pomocí virgule zóny vyhledávat, rozhodoval o vhodnosti zástavby pozemku. Nad zónami bylo zakázáno stavět obytné domy.

*Geologické podloží:* za geologické podloží, pro potřeby tohoto textu, se považuje povrchová vrstva Země v mocnosti, která má vliv na chování stavebních objektů či na fyzikální pole na povrchu detekovatelná.

*Geologická nehomogenita:* různé druhy hornin charakteristické svými fyzikálními vlastnostmi vytvářejí na styku a v tektonických poruchách anomálně porušená fyzikální pole.

*Geopatogenní zóna:* lidové pojmenování zdraví škodlivých fyzikálních nehomogenit ve svrchní části povrchu Země.

*Minerál:* hornina se skládá z minerálů. Minerály mají svá charakteristická chemická složení.

*Petrografie:* věda zabývající se výzkumem hornin. Podle materiálu, který zkoumá, rozdělujeme ji na petrografii hornin vyvřelých, sedimentárních a přeměněných.

*Tektonické linie (poruchy):* pásma porušených hornin různé mocnosti a charakteru. Jejich vznik je podmíněn vývojem zemské kůry.

## 2.2. Stručný výklad geofyzikálních metod

*Elektromagnetické geoelektrické metody* velmi dobře detekují zejména umělé vodiče (inženýrské sítě) nebo tektonické linie (tj. přirozené vodivé struktury), popřípadě odporová rozhraní. Charakter aparatur vesměs umožňuje rychlé měření s malými nároky na počet pracovníků. Takovou typickou metodou je metoda velmi dlouhých vln (VDV). Při této metodě sledujeme deformaci pole dlouhovlnných vysílacích stanic (vesměs vojenských). V poslední době se začíná používat dipólový systém měření (ve variantě GEM-2 viz obr. 1), který je opět možno obsluhovat jednou osobou. Zápis dat je automatický, tj. do paměti přístroje. Orientace aparatury v terénu je možná pomocí GPS.



Obr. 1: Přístroj GEM-2 při měření

*Gravimetrie* je založena na sledování tíhového pole. Po odečtení regionálních vlivů získáme residuální anomálie. Záporné anomálie indikují přítomnost nedostatku hmot (zvýšená pórovitost, vyšší puklinatost, dutiny). Kladné anomálie odpovídají nárůstu objemové hmotnosti hornin (např. indicie elevace skalního podloží). Příklad měření viz obr. 2.



Obr. 2: Gravimetr CG-3M při měření uvnitř obývaného prostoru

*Seismické metody* jsou založeny na sledování cest seismických vln a jejich rychlostí šíření. Seismické vlny se v horninovém prostředí odrážejí, lámou či difragují. Čím větší je rychlost šíření seismické vlny, tím pevnější prostředí můžeme očekávat. Rychlost šíření seismické vlny lze převést na modul pružnosti či odvodit jiné fyzikální vlastnosti horniny. Příklad aparatury a měření, viz obr. 3.



Obr. 3: Digitální seismická aparatura McSeis 1600 s dvaceti čtyřmi seismickými přijímači při měření v obtížných podmínkách s městskou zástavbou.

*Radarová metoda* je založena na sledování odrazů radarových vln na rozhraních, která se liší svou permitivitou. Metoda detekuje umělé objekty uložené v zemi, sleduje geologická rozhraní či vyhledává místa s kontaminovaným prostředím. Reálný hloubkový dosah bývá v našich podmínkách do osmi metrů. V České republice je značně rozvinuto použití radarové metody pro železniční a silniční stavitelství. Vyjímkou nejsou ani úkoly pro kriminalistické účely a archeologii. Příklad radarové aparatury a anténního systému, viz obr. 4



Obr. 4: Radarová aparatura SIR 10 s anténou v pozadí.

*Stejnoseměrné geoelektrické metody.* Měření odporů hornin patří mezi efektivní metody průzkumu. Čím je hornina pevnější nebo obsahuje méně vody, tím vyšší odpor můžeme očekávat. Změny odporů s hloubkou jsou sledovány metodou vertikálního elektrického sondování (VES). Odpory v horizontálním směru sledují metody odporového profilování (SOP, KOP, dipolová uspořádání). V poslední době se používají při odporových měřeních multielektrodivá uspořádání řízená počítačem (tak zvaná odporová tomografie). Výsledky multielektrodivých uspořádání lze prezentovat jako odporové řezy. Na obr. 5 je uveden příklad geoelektrické aparatury při měření v terénu.



Obr. 5: Multielektrodivá aparatura ARS-200 E. V detailu jedna ze 48 elektrod umístěných na profilu.

*Stavební fyzika.* Velmi často se použití geofyzikálních metod překrývá s klasickým testováním stavebních konstrukcí. Jedním z takových případů je například korozní průzkum, který na základě zjištěných proudových hustot a velikosti měrných odporů (obr. 6) určuje nebezpečí koroze zakládaných konstrukcí.



Obr. 6: Geoelektrická aparatura fy MEAS Prog. (model Libor) při přípravě odporového měření (vlevo) a měření bludných proudů (vpravo).

---

### 3. Vlivy působící na stavební konstrukci

---

Na každou stavební konstrukci působí v příznivém i nepříznivém smyslu geomechanické vlastnosti geologického podloží stavby a fyzikální pole (resp. jiná pole), která jsou s podložím spojená či jím do značné míry ovlivněná. Jedná se z pohledu potřeb lidských obydlí zejména o následující jevy.

**a) Geotechnické vlastnosti podloží.** Aniž bychom zabíhali hlouběji do oboru inženýrské geologie, je nutno zdůraznit zejména:

- nestejnorodost geologické stavby v podzákladí stavby,
- přítomnost tektonických linií,
- nebezpečí svahových pohybů,
- kolísání hladiny podzemní vody,
- přítomnost kořenových systémů stromů zasahujících pod stavební konstrukci.

**b) Fyzikální pole objektivně detekovatelná, z toho zejména:**

- bludné proudy,
- elektrická statická pole,
- magnetická a elektromagnetická pole přirozená či uměle vyvolaná
- nukleární záření,
- gravitační (tíhové pole),

**c) Pole jejichž vlastnosti nejsou dosud zcela prozkoumány:**

- projevy biotronického charakteru (činnost proutkařů, virgule)

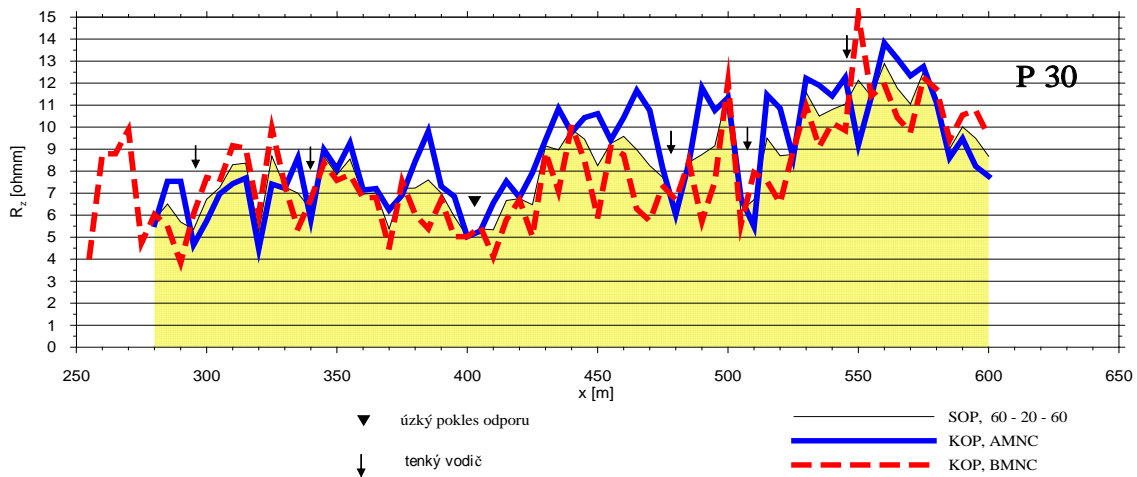
---

### 4. Příklady problémů způsobených nepříznivými vlivy geologického podloží a jejich řešení

---

#### 4.1. Nestejnorodost geologické stavby, tektonické linie a zóny

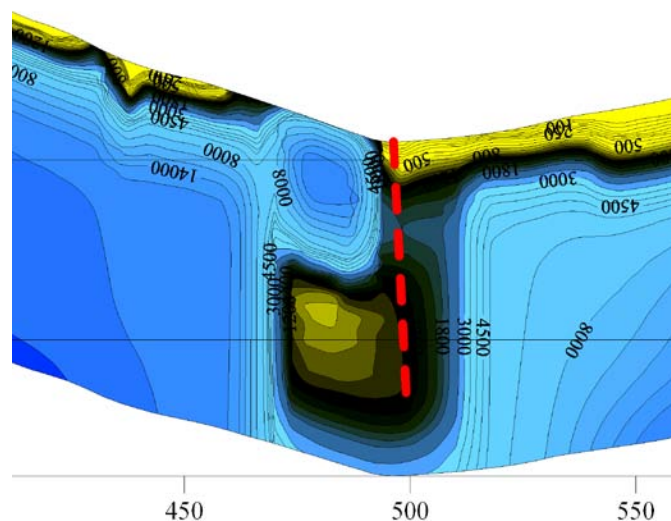
Jako příklad problémů spojených s nestejnorodým charakterem geologického podloží lze uvést výstavbu sídliště v Příbrami – Zdaboři (1979). V ploše staveniště se vyskytují žíly diabasu, které jsou náchylnější k větrání, než jak je tomu u okolních proterozoických hornin. Cílem zadání bylo vysledovat diabasové žíly a navrhnout umístění základů domů tak, aby nezasahovaly do míst s diabasem. Pokud by část domu byla umístěna na pevnější hornině a část na navětralém diabasem, mohlo by docházet k mírnému naklánění objektů či jejich poškození. Zadání bylo úspěšně řešeno metodou kombinovaného odporového profilování (KOP), tj. diabasové žíly byly detekovány jako vodiče. V současnosti je již k dispozici širší paleta průzkumných metod. Kombinované odporové profilování lze nahradit odporovou tomografií, která má názornější realizační výstupy než KOP, nebo metodou seismickou. Navětralé diabasy se projevují poklesem měrného odporu nebo sníženou seismickou rychlostí. Příklad realizačního výstupu měření metodou KOP je uveden v obr. 7. Na staničení 400 je detekována širší poruchová (diabasová) zóna. Zóna je doprovázena i tenčími poruchami v dalších částech profilu. Kromě dat KOP je v grafu uveden i přepočtený symetrický odporový profilování (SOP). Průběh křivky SOP v zásadě odpovídá průměrnému odporu sledovaného prostředí.



Obr. 7: Příklad grafu získaného metodou KOP (s následným přepočtem na SOP)

Významnou nehomogenitou pod základy stavby mohou být dutiny, způsobené jak lidským zásahem (sklepy, štoly), tak přírodní cestou. Geofyzikální měření může tyto nehomogenity efektivně zjistit. Nelze se však spoléhat pouze na použití jedné geofyzikální metody. V současnosti je často doporučováno měření radarovou metodou. Tato metoda není samospasitelná. Radarové měření zjišťuje nad klenbou dutiny vesměs intenzivní odraz, tento odraz však může vznikat i jinde než nad dutinou. Proto je potřebné doplnit radarové měření ještě další metodou, nejlépe gravimetrickou. Dutina se projevuje jako negativní tíhová anomálie. Kombinace přítomnosti negativní tíhové anomálie ve spojení s intenzivním radarovým odrazem spolehlivě indikuje přítomnost dutiny. Na obr. 8 je příklad odporové tomografie, detekující dutinu krasového původu (Barrandien, 2004). Odporová tomografie nebyla použita samostatně, ale správnost interpretace byla prověřována opět gravimetrií.

Nestejnorodost geologického podloží je častým základem pozdějších potíží se stabilitou stavební konstrukce. Doporučujeme vždy pečlivě diagnostikovat zájmové území a základy stavby situovat do míst s homogenní geotechnickou charakteristikou. Připomínáme, že výše uvedené příklady na obr. 7 a 8 jsou ukázkou detekce rozvolněných struktur, které kromě toho, že jsou prezentací zhoršených geotechnických poměrů, jsou také ideální cestou, kterou se ke stavebnímu objektu mohou šířit kontaminace plynného i kapalného charakteru.

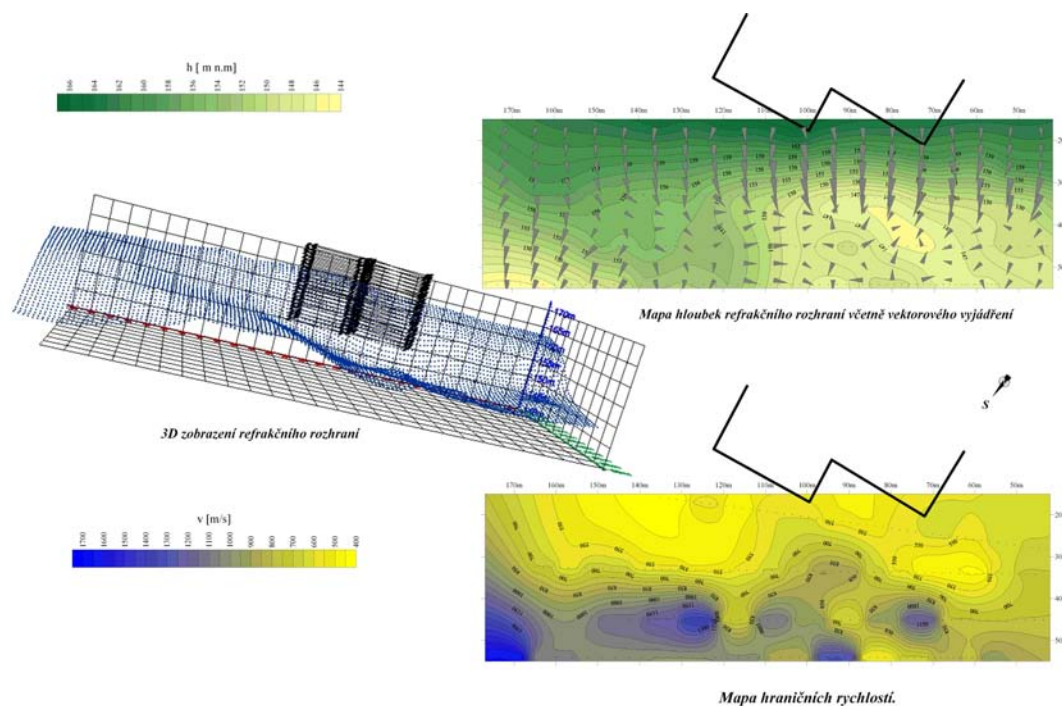


Obr. 8: Příklad realizačního výstupu odporové tomografie. Oblast snížených odporů (kapkovitý útvar v centru obrázku kolem staničení 500) odpovídá částečně zavalené dutině krasového původu predisponované tektonicky. Tektonika je naznačena čárkovanou linií.



## 4.2. Nebezpečí svahových pohybů

Nebezpečí sesuvů je všeobecně známo. V rámci předkládaného textu chceme zdůraznit, že nelze podcenit ani nebezpečí drobných svahových pohybů, iniciovaných často prudkými dešti. Byla i zaznamenána opomenutí inženýrsko geologického průzkumu v místech, kde bylo možno v terénu očekávat častou činnost člověka (staré důlní revíry, oblasti výsypek apod.). V těchto případech jsou někdy v současnosti drobnější svahové pohyby již zdánlivě sanovány (zavezeny) a v terénu nejsou jasně patrné. Takováto nebezpečí lze geofyzikálně prověřit. Základní metodou bývá vesměs seismika (viz obr. 9). Z enviromentálního pohledu je nutno opět zdůraznit nebezpečí transportu kontaminované vody po smykové ploše, celkové vlhnutí objektů a v některých případech zvýšené pronikání půdních plynů trhlinami v odlučné zóně sesuvu.



Obr. 9: Příklad nesprávně umístěného objektu na okraji starého malého sesuvu. Vlevo 3D zobrazení seismikou detekované smykové plochy. Vpravo nahoře totéž pomocí izolinií hloubek a vektorů sklonu smykové plochy. Vpravo dole mapa hraničních seismických rychlostí. Stavební objekt je vyznačen lomenou čarou, resp. šrafovou. Severní Čechy, 2006.

## 4.3. Kolísání hladiny podzemní vody

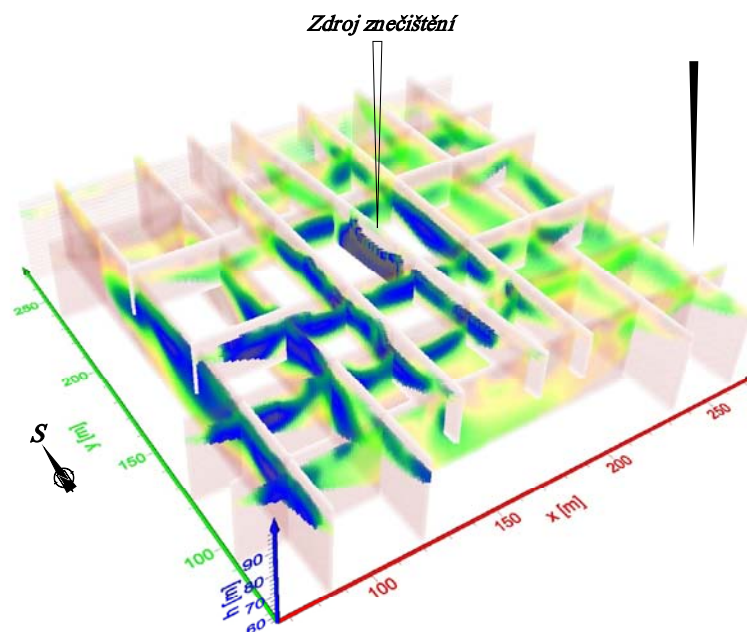
Hladina podzemní vody, jak je všeobecně známo, podstatně ovlivňuje podmínky zakládání stavby i životní pohodu osob stavbu využívajících. V zásadě je výhodné stavět budovy nad hladinou podzemní vody, což snižuje náklady na izolaci stavby. V řadě případů, zejména u mělko založených staveb, nelze zabránit kolísání hladiny. V suchém období podloží vysychá, ve vlhkých obdobích hladina stoupá výše. Tato skutečnost přináší významné efekty. Kolísání hladiny jednak způsobuje, že stavba může být v určité době částečně nadlehčována (vlhké období) a následně přitěžována (suché období). Kromě běžně dokumentovaných závad na stavebních konstrukcích, které byly již dříve popsány v učebnicích inženýrské geologie (trhliny, popraskání stavby), byl v posledním období prokázán další jev. V době průzkumů následků povodní (zejména Praha 2002) byly zjištěny pod deskovými základy (ale i jinde) vyplaveniny mezi betonovou deskou a podložím. Jedná se o dutiny asi několik desítek centimetrů mocné a plošně vesměs rozsáhlé. Vysvětlení je nasnadě, jedná se o vyplavení jemnozrnných sedimentů z podložních zemin a o gravitační účinky kolísání hladiny podzemní

vody. Tyto jevy byly jistě významně zhoršeny povodněmi. Některé důkazy však svědčí o tom, že popisované situace vznikají postupně, nejen v době povodní, ale i v důsledku sezónních změn hladiny podzemní vody.

Zvýšená hladina vody přináší problémy s vlhnutím základů domů, což může bezpochyby výrazně ovlivnit život obyvatel stavby. Kromě zvýšené vlhkosti objektu je nutno upozornit i na nebezpečí kontaminace podzemní vody, která je tak přinášena do blízkosti obyvatel. V rámci výzkumů, které měly za cíl pomoci odstranit průsaky podzemní vody do novostaveb, byly prokázáno (například Průhonice 1999), že voda prosakující do domů byla kontaminována solným posypem z blízké komunikace včetně nečistot organického původu (zřejmě výkaly).

Dosud získané poznatky vedou k názoru, že kolísání hladiny podzemní vody i sledování směru proudění vody je třeba zajišťovat a budovy před nepříznivým vlivem ochránit. Ochrana má jak význam z pohledu inženýrsko geologického, tak i z pohledu enviromentálního.

Pro průzkumy spojené se sledováním pohybu podzemní vody jsou k dispozici, mimo jiné, i vhodné geofyzikální metody. V jílovitých prostředích lze detekovat hladinu podzemní vody jako refrakční seismické prostředí (zvýšená rychlost v podloží). V písčítých a štěrkových polohách se zvodnělé prostředí projevuje poklesem měrného odporu hornin. Dutiny způsobené vyplavením jemnozrnného materiálu byly v době povodní standardně detekovány pomocí geologického radaru, popřípadě u větších dutin i gravimetrií. Na obr. 10 je zobrazen rozsah kontaminované mělké zvodně postupující od malé komunální skládky směrem na starší bytovou zástavbu. Kontaminovaná zvodněl ohrožuje pitné zdroje a hygienický stav podzemních částí budov. Průzkum kolem místní skládky byl proveden metodou odporové tomografie. Pro názornost byly v obrázku potlačeny barvy odpovídající vysokým měrným odporům. Výrazné šedé a modré odstíny odpovídají sníženým měrným odporům (1 – 400 ohmm) a reprezentují mineralizovanou (znečištěnou zvodněl) směřující na JZ. Měření bylo uskutečněno v roce 2007 na Moravě.



Obr. 10: Příklad vyhledání připovrchové zvodně metodou odporové tomografie. Trojrozměrné zobrazení dat umožňuje sledovat postup znečištěné (mineralizované) vody směrem k JZ.

#### 4.4. Přítomnost kořenových systémů stromů zasahujících pod stavební konstrukci



Přítomnost velkých kořenových systémů stromů pod stavebními konstrukcemi (domy) je diskutabilní. Nárůst kořenové hmoty zvedá stavební objekt. Kořeny jsou živé organizmy a jako takové mění své chování během roku, a tak mohou pozměňovat i množství vody, které z podloží domu odebírají. V zásadě proto není přítomnost kořenů v obvodu domu doporučována. Na druhé straně v silně zvodnělém prostředí jsou stabilní kořenové systémy v podloží zárukou, že stavba zcela neprovlhne. Jako vždy je nutno zvažovat konkrétní situaci a nezbavovat se stromů v okolí stavby za každou cenu. Pro případnou revizi rozsahu kořenových systémů lze použít detekci pomocí geologického radaru či odporové tomografie. Kořeny stromů se projevují anomálním měrným odporem, popřípadě změnou odraznosti na radarovém záznamu.

#### **4.5. Fyzikální pole objektivně detekovatelná**

##### **4.5.1. Bludné proudy**

Fyzikální pole jsou zdrojem objektivních i subjektivních potíží, které mají často i zdravotní dopad. České standardy popisují, mimo jiné, podrobně problematiku detekce a kategorizace přítomnosti bludných proudů. Tyto standardy sice řeší hlavně problematiku koroze kovových objektů uložených v zemi, tedy technickou stránku problému, ale na druhé straně si je třeba uvědomit, že koroze znehodnocuje stavbu jako takovou. Koroze základů přivádí ke stavbě vlhkost, ve stavbě se projevují trhliny a v budově se vytvářejí podmínky pro situace, kdy některé části budov vykazují extrémní polarizaci. Je zbytečné, aby k těmto situacím docházelo, a proto doporučujeme respektovat zejména následující standardy:

*ČSN 03 8375 - Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi.*

*ČSN 03 8372 - Zásady ochrany proti korozi neliniových zařízení uložených v zemi nebo ve vodě.*

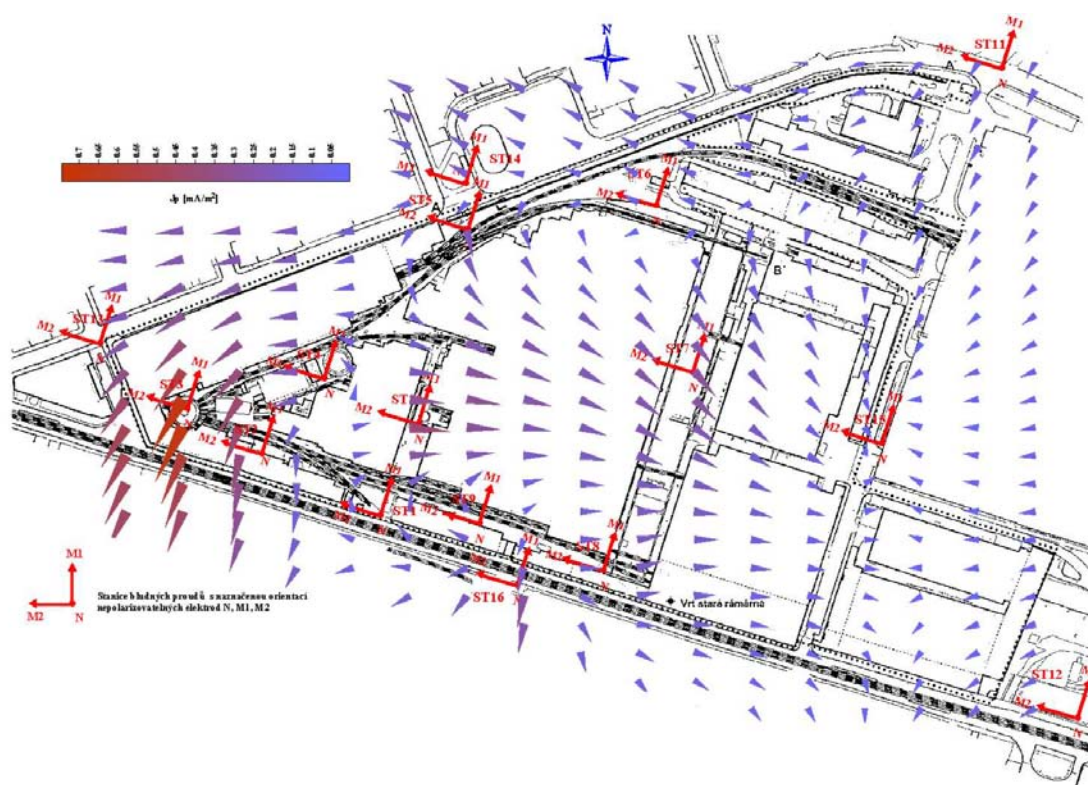
*ČSN 03 8365 - Stanovení přítomnosti bludných proudů v zemi.*

*ČSN EN 50162 – Ochrana před korozi bludnými proudy ze stejnosměrných proudových soustav.*

*ASTM C 876-91 = Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.*

Základní korozní průzkum je v zásadě rutinní záležitostí. Jeho realizaci však musí provádět (v zájmu kvality prací a právoplatnosti výsledků) osoby, které vlastní oprávnění vydané MŽP ČR pro projekci, provádění a vyhodnocování geofyzikálních měření. Pro komplikovanější úkoly jsou potřebné i certifikace a hlavně znalosti další. Konečným cílem korozního průzkumu je zařazení zjištěných dat (proudová hustota, měrný odpor) do kategorií podle agresivity. Následnou povinností projektanta je ochránit projektovanou stavbu tak, aby vliv koroze byl spolehlivě eliminován.

Posudky pro běžné bytové domy nejsou rozsáhlé. Na obr. 11 je však uveden příklad plošně většího měření zpracovaného, mimo jiné, do formy vektorového pole proudových hustot bludných proudů. Z vyobrazení je zřejmé, že v místech s městskou zástavbou je geologické prostředí zasazeno proměnlivým elektrickým polem, které je zejména modifikováno úniky elektrického proudu z elektrifikovaných železničních tratí, tramvajových linek a metra. Příklad je převzat z měření pro stavbu sportovního areálu v Praze (2000).



Obr. 11: Vektorové pole proudových hustot zjištěné na staveništi situovaném v těsném sousedství tramvajové trati (na jihu) a podzemní linky Metra (na severu). Deformace pole a jeho nárůst (viz červeně označené vektory) jsou charakteristické pro místo s dosud neodstraněnou korodovanou železnou konstrukcí, která se vyznačuje výrazným „sací efektem“.

V níže uvedené tab. 1 je pro orientaci uvedeno zařazení horninového prostředí do jednotlivých stupňů agresivity dle ČSN 03 8372.

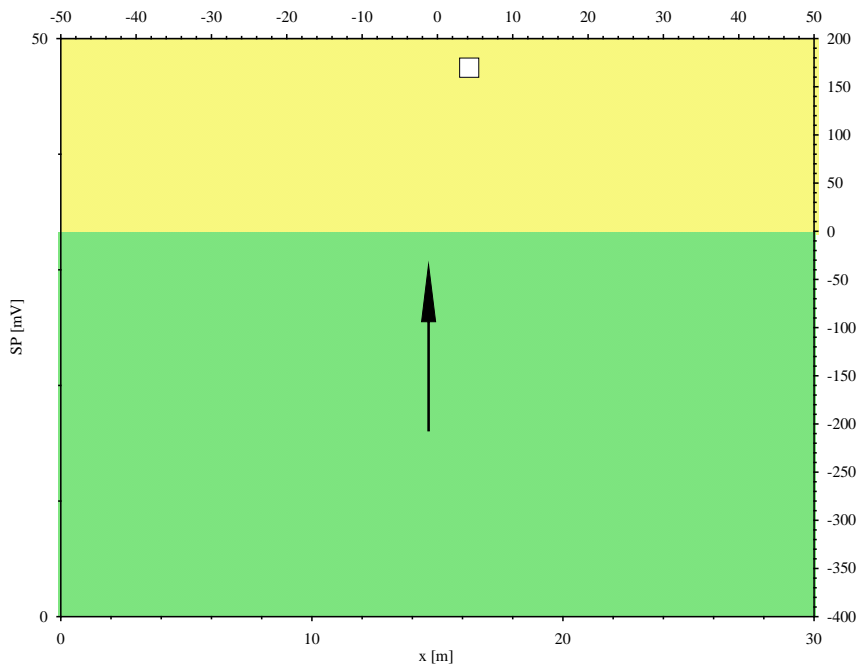
Tab. 1. : Nebezpečí koroze, převzato dle ČSN 03 8372.

| Měrný odpor [ $\Omega\text{m}$ ] | Proudová hustota $J_p$ [ $\text{mA}/\text{m}^2$ ] | Charakteristika korozivity | Stupeň korozivity |
|----------------------------------|---|----------------------------|-------------------|
| více jak 100                     | méně než 0,0001                                   | velmi nízká                | I                 |
| 50 - 100                         | 0,0001 – 0,003                                    | střední                    | II                |
| 23 - 50                          | 0,003 – 0,1                                       | zvýšená                    | III               |
| méně než 23                      | více než 0,1                                      | velmi vysoká               | IV                |

#### 4.5.2. Elektrická statická pole

Mezi odbornou veřejností panuje všeobecná shoda, že optimální prostředí je takové, kde v ovzduší existuje vyrovnaný poměr kladně nabitých částic s částicemi zápornými. Zároveň je doporučováno, aby tento počet iontů byl dostatečný. Průměrná koncentrace takzvaných lehkých iontů v nezdevastovaném ovzduší činí asi 650 kladných a 650 záporných iontů v  $\text{cm}^3$ . Naopak pokles ionizace a unipolárnost, tj. zejména převaha kladných iontů, působí nepříznivě. Jako přirozené ionizátory působí radioaktivní půdní vzduch, radioaktivní rudy a kosmické záření. Klasickým příkladem dialektického rozporu je tedy fakt, že přítomnost radonu umožňuje zvýšenou ionizaci ovzduší a zároveň považujeme radon jako takový za

nebezpečný pro lidské zdraví (otázka vlivu radioaktivního záření bude podrobněji diskutována ve 4.5.4.). Normální (tedy i statické) elektrické pole v okolí člověka je ovlivňováno, mimo jiné, i materiály, ze kterých jsou sestaveny budovy a inženýrské sítě. Jedná se o kombinaci vodivých i nevodivých prvků, které původní pole silně deformují. V současné době je nutno připomenout zejména nepříznivý vliv některých umělých hmot, které se vyznačují kladným nábojem na svém povrchu. V zásadě lze říci, že některá špatně vybavená stavba (převaha umělých hmot) spolu se špatně vyřešeným větráním (např. kouř z cigaret významně snižuje objem iontů ve vzduchu) může nepříznivě ovlivnit naše zdraví více než některé subtilnější jevy přírodního původu. Na druhé straně lze z dosud získaných poznatků učinit závěr, že budovy, ve kterých trvale žijí lidé, by neměly být situovány do oblastí, kde vzniká nebezpečí, že přirozené elektrické pole bude deformováno některými geologickými strukturami. To znamená, že stavební objekty by neměly být lokalizovány do míst, kde by při nepříznivé souhře okolností mohly vznikat zóny s převážně kladným nebo záporným elektrickým polem. V praxi to znamená nelocalizovat budovy takovým způsobem, že část objektu se bude nacházet v místech s anomálií spontánní polarizace. Tyto jevy vznikají zejména v důsledku přítomnosti sulfidických rud, grafitických poloh nebo jejichž příčinou je vznik korozních článků na podzemních kovových objektech. Od složky přírodně vznikajících elektrických polí nelze často oddělit složku, která má původ v existenci bludných proudů (viz 4.5.1.). Příklad z měření elektrického pole viz obr. 12.



Obr. 12: Výřez z profilu, na kterém byly měřeny hodnoty potenciálu elektrického pole v zemi. Měření bylo opakováno celkem čtyřikrát po 60 minutách. Změna hodnot zjištěná zejména při čtvrté fázi měření potvrzuje, že na souhrnném elektrickém poli se podílí i proměnlivá složka bludných proudů. Zdrojem bludných proudů je pravděpodobně malá vodní elektrocentrála. Zbylá část pole vzniká přirozeným způsobem v horninovém prostředí (oxydačně redukční potenciály, filtrační potenciály, difuzně adsorbční potenciály). Šipkou je označeno kritické místo přechodu mezi kladnou a zápornou částí pole. Sledované horninové prostředí je budováno rozpukanými, zvodněnými granity. Měření proběhlo v podzemí, a tedy dobře ilustruje příklad, jaká situace může nastat ve sklepních objektech pod budovou.

### 4.5.3. Magnetická a elektromagnetická pole přirozená či uměle vyvolaná

Problematika vlivu elektromagnetických polí je často diskutovaná a řešena v řadě norem, vyhlášek a zařízení. Souhrně lze říci, že názory na to, kdy elektromagnetické pole začíná být škodlivé lidskému zdraví, se liší. Důležitou roli v této otázce sehrává nejenom energetický příkon, frekvence, ale i délka expozice. V každém případě z pohledu předběžné opatrnosti lze jednoznačně doporučit příkony elektromagnetického vlnění v budovách co nejvíce snížit. Opatření takového typu, jako je vzdálení budovy od silných rozhlasových vysílačů či vojenských radarů, jsou pro občanskou výstavbu technicky možná a v zásadě nenákladná. Obdobně je možno zajistit, aby přímo v budovách, kde žijí lidé, nebyly umístěny silné transformátorové stanice, které mohou být přesunuty mimo budovu. Pro základní orientaci v problematice doporučujeme se řídit pomocí evropských standardů, které jsou následně přejímány i do českých norem. Upozorníme zejména na dokumenty:

ČSN EN 61566 (36 7080): Měření expozice vysokofrekvenčních polí - Intenzita pole v kmitočtovém pásmu 100 kHz až 1 GHz.

Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 480/2000 Sb. Požadavky pro práci a pobyt osob v elektromagnetickém poli v kmitočtovém rozsahu 0 Hz – 300 GHz, případně pro optické a laserové záření i do vyšších kmitočtů.

Návrhy a standardy CENELEC (European Committee for Electrical Standardization). Součástí tohoto sdružení je i ČR a závěry komitétu jsou pro náš stát závazné.

Silná anomální magnetická pole vznikají nad rudními žilami s obsahem feromagnetických materiálů. Z pohledu předběžné opatrnosti je správné nad přírodními anomálními zdroji magnetického pole budovy nestavět. Jednak rudní žíly jsou situovány do tektonických linií, které samy o sobě jsou ze zdravotního pohledu problematickými strukturami, jednak rudní žíly jsou vodiče, do kterých se v nepříznivých případech mohou koncentrovat bludné proudy i rušivá umělá elektromagnetická pole.

V tab. 2 jsou uvedeny základní informace z vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 480/2000 Sb. Měření sledovaných hodnot se provádí specializovanými přístroji. Pro orientační detekci přítomnosti elektromagnetických polí lze použít i některé geofyzikální přístroje (magnetometr, indukce pole do seismického kabelu, moderní geoelektrické soupravy). Tímto způsobem lze upozornit na nebezpečí rušivého pole i v rámci standardního geofyzikálního průzkumu.

Tab. 2: Nejvyšší přípustné hodnoty indukovaných proudů, absorbovaných výkonů a hustoty ozáření podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR č. 480/2000 Sb.

| Veličina   | Zaměstnanci                           |                  |                     |                                   | Ostatní osoby                         |                   |                     |                                   |
|--|---------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|
|  | Kmitočet $f$ [Hz]                     |                  |                     |                                   | Kmitočet $f$ [Hz]                     |                   |                     |                                   |
| Indukovaná proudová hustota [A/m <sup>2</sup> ]  | < 1                                   | 1 ÷ 4            | 4 ÷ 10 <sup>3</sup> | 10 <sup>3</sup> ÷ 10 <sup>7</sup> | < 1                                   | 1 ÷ 4             | 4 ÷ 10 <sup>3</sup> | 10 <sup>3</sup> ÷ 10 <sup>7</sup> |
|  | 0,057                                 | $\frac{0,04}{f}$ | 0,01                | $\frac{f}{10^5}$                  | 0,011                                 | $\frac{0,008}{f}$ | 0,002               | $\frac{f}{5 \cdot 10^5}$          |
| Měrný absorbovaný výkon [W/kg]                   | 10 <sup>5</sup> ÷ 10 <sup>10</sup>    |                  |                     |                                   | 10 <sup>5</sup> ÷ 10 <sup>10</sup>    |                   |                     |                                   |
|  | 0,4                                   |                  |                     |                                   | 0,08                                  |                   |                     |                                   |
| Plošná hustota zářivého toku [W/m <sup>2</sup> ] | 10 <sup>10</sup> ÷ 3·10 <sup>11</sup> |                  |                     |                                   | 10 <sup>10</sup> ÷ 3·10 <sup>11</sup> |                   |                     |                                   |
|  | 50                                    |                  |                     |                                   | 10                                    |                   |                     |                                   |

#### 4.5.4. Nukleární záření

Nukleární záření představuje v některých případech významné nebezpečí. Rozsah problematiky však překračuje možnosti stručného vysvětlení, jaké lze sestavit pro účely tohoto textu. V souvislosti s běžnou praxí při občanské výstavbě je nutno upozornit zejména na následující fakta:

a) z informačních materiálů a archivů České geologické služby lze získat základní poznatky o riziku spojeném s jednotlivými lokalitami v České republice.

b) většina stavebních materiálů se má vykazovat atestací, že materiál nepřekračuje povolené normy pro radioaktivní záření. Pokud bude použit pro stavbu nestandardní stavební materiál, například stavební kámen odtěžený z necertifikované lokality, může dojít k překročení povolených hodnot.

c) v České republice se nacházejí lokality, kde nelze vyloučit existenci rudních poloh obsahujících radioaktivní minerály. V lokalitách se zvýšeným rizikem radioaktivity je vždy účelné nechat proměřit budoucí stanoviště odbornou firmou. Tato měření by měla být provedena zejména v lokalitách starých rudních revírů. Pozornost musí být věnována eventuálním výchozům rudních žil blízko k povrchu a také nebezpečí spojenému s ukládáním hlusiny na odklízové haldy či s použitím hlusiny jako stavebního materiálu.

d) nebezpečí nedbale odložených radioaktivních předmětů narůstá na skládkách komunálních odpadů. Jsou zaznamenány případy, kdy s komunálním odpadem byly odhozeny i špatně evidované radioaktivní materiály určené pro lékařství, chemické laboratoře apod.

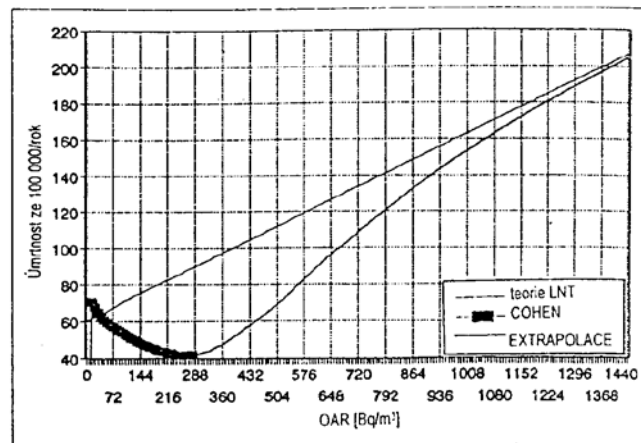
e) veřejnost i projektanti staveb jsou nevíce seznámeni s problematikou nebezpečí radonu v půdním vzduchu. Podle Vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. ze dne 12. 7. 2002 o radiační ochraně je kategorizace radonového indexu pozemku v prostředí s nízkou až vysokou propustností pro plyny následující (viz Tab. 3):

**Tab. 3: Kategorizace radonového nebezpečí**

| <b>Kategorizace radonového indexu pozemku</b> | <b>Objemová aktivita Rn v půdním vzduchu [kBq.m<sup>-3</sup>]</b> |         |         |
|---|---|---------|---------|
| <b>nízká</b>                                  | <30   | <20     | <10     |
| <b>střední</b>                                | 30 - 100  | 20 - 70 | 10 - 30 |
| <b>vysoká</b>                                 | >100  | >70     | >30     |
| <b>Propustnost</b>                            | nízká   | střední | vysoká  |

Výše uvedený standard je nutno respektovat. Na druhé straně je potřebné si uvědomit, že standard používaný v České republice se do určité míry neshoduje s některými vědeckými výzkumy. Jednak již kapitole 4.5.2. bylo upozorněno na skutečnost, že radon je velmi dobrým ionizátorem vzduchu a ionizace vzduchu je zdraví prospěšná. Dále existují výzkumy, které tvrdí, že úmrtnost na karcinom plic je zvýšená při nulové objemové aktivitě radonu. Následně v oblasti nízkých objemů (kolem 200 až 300 Bq/m<sup>3</sup>) úmrtnost významně klesá a teprve později při růstu objemové aktivity nepochybně úmrtnost také narůstá. Výzkum byl prováděn na rozsáhlém vzorku občanů USA (ve 1729), kteří nebyli profesně totožní (tj. ve vzorku nebyli pouze horníci pracující v radioaktivním prostředí dolů). Klíčový graf je uveden níže na obr. 13 (převzato z lit. Cohen B.L. 1999).





Obr. 13: Porovnání úmrtnosti na karcinom plic s průměrnými hodnotami objemové aktivity radonu v bytech (Cohen B.L. 1999).

Problematika spojená s úlohou radonu byla studována i České republice (viz například lit. Dohnal, Gruntorád). Z výsledků výzkumů nelze zatím činit převratné závěry. Je však pravděpodobné, že vývoj hygienických norem není ještě ukončen. Zároveň již dnes vyplývá poučení, že dobrý projektant nemůže považovat úkol za splněný, pokud pouze formálně splní několik předpisů. Vždy je nutné dodržení zásad předběžné opatrnosti, komplexní interpretace místa a citlivého zvážení výhod i nevýhod určitých řešení.

#### 4.5.5. Gravitační pole

Nejsou zaznamenány případy, že by změny tíhového pole v mezích, které způsobují geologické útvary, mohly být lidskému zdraví nebezpečné.

#### 4.6. Pole, jejichž vlastnosti nejsou dosud zcela prozkoumány

Jevy, které nejsou zatím dobře prozkoumány, patří v našem případě do oblasti tak zvané biotroniky. Téměř každý geolog byl přítomen činnosti proutkařů, kteří pomocí virgule určují místo, kde se nachází voda. Výsledky měření jsou často pozitivní, a tedy práci s proutkem nelze totálně odmítnout a tvrdit, že tento jev neexistuje. Velký problém s touto metodou průzkumu je ten, že v činnosti proutkaře nelze oddělit subjektivní pocity, starší znalosti o terénu apod. od objektivního působení proutku. Z tohoto důvodu například řada geofyziků proutek nezavrhují, ale považují tento postup za pomocný, doplňkový. Dosud nebylo také uspokojivě vysvětleno, na jakém principu metoda práce s virgule pracuje.

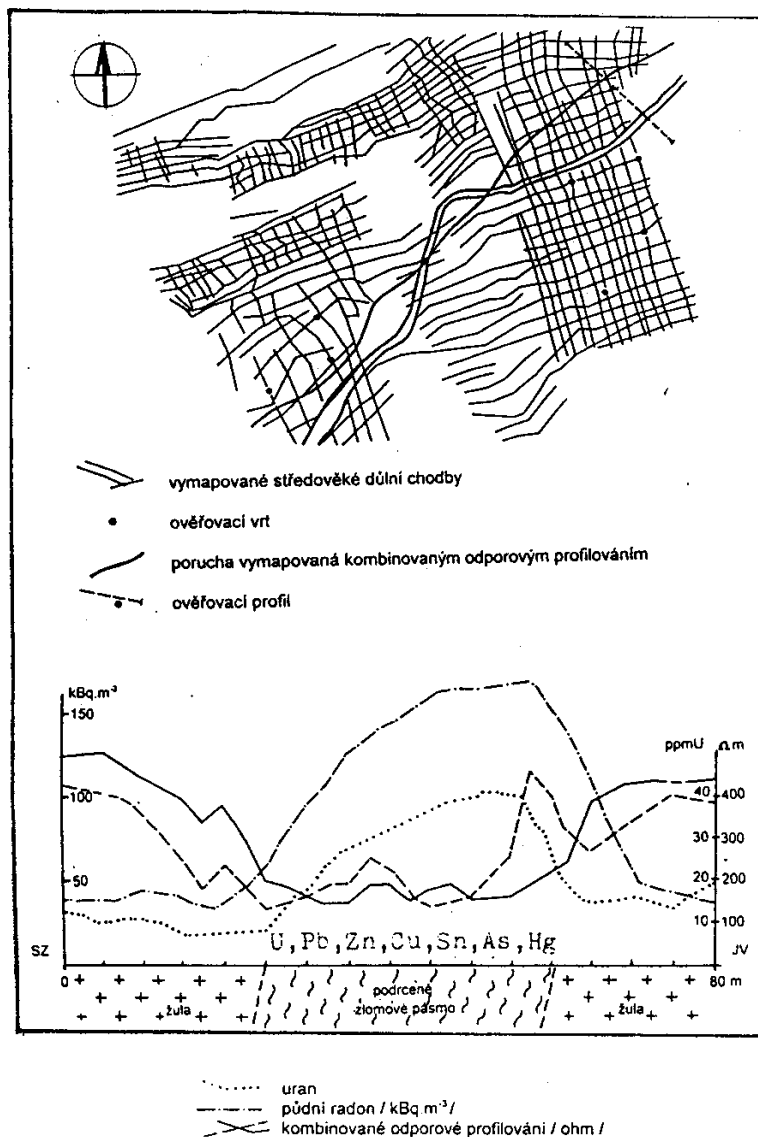
I když otázka virgule bude i v budoucnu předmětem zájmu výzkumníků, je nutno z principu předběžné opatrnosti doporučit nestavět budovy v místech se silnými odezvami virgule. Někteří citliví jedinci obývající daný objekt by mohli trpět dlouhodobým pobytem v místech takovýchto zón. Obdobná zkušenost je známa již po celá staletí. Např. již ve staré Číně byly vytyčovány základy domů mimo místa, kde vyměřovací úředník zjistil zvýšenou aktivitu své virgule.

## 5. Příklady úkolů realizovaných s cílem zlepšit zdravotní úroveň obyvatel (soubor prací, E. Andres 1975 až 1996)

### 5.1. Horní Slavkov

Při interpretaci inženýrsko-geologického průzkumu staveniště obytných domů v Horním Slavkově v roce 1986 byl zjištěn možný negativní účinek geologického podloží na zdraví budoucích uživatelů domů. Přes staveniště prochází tektonická porucha. Při její geofyzikální lokalizaci byl použit soubor geofyzikálních a geochemických metod: geoelektrické kombinované odporové profilování, gamaspektrometrie, půdní metalometrie a měření obsahu radonu v půdě (viz obr. 14).

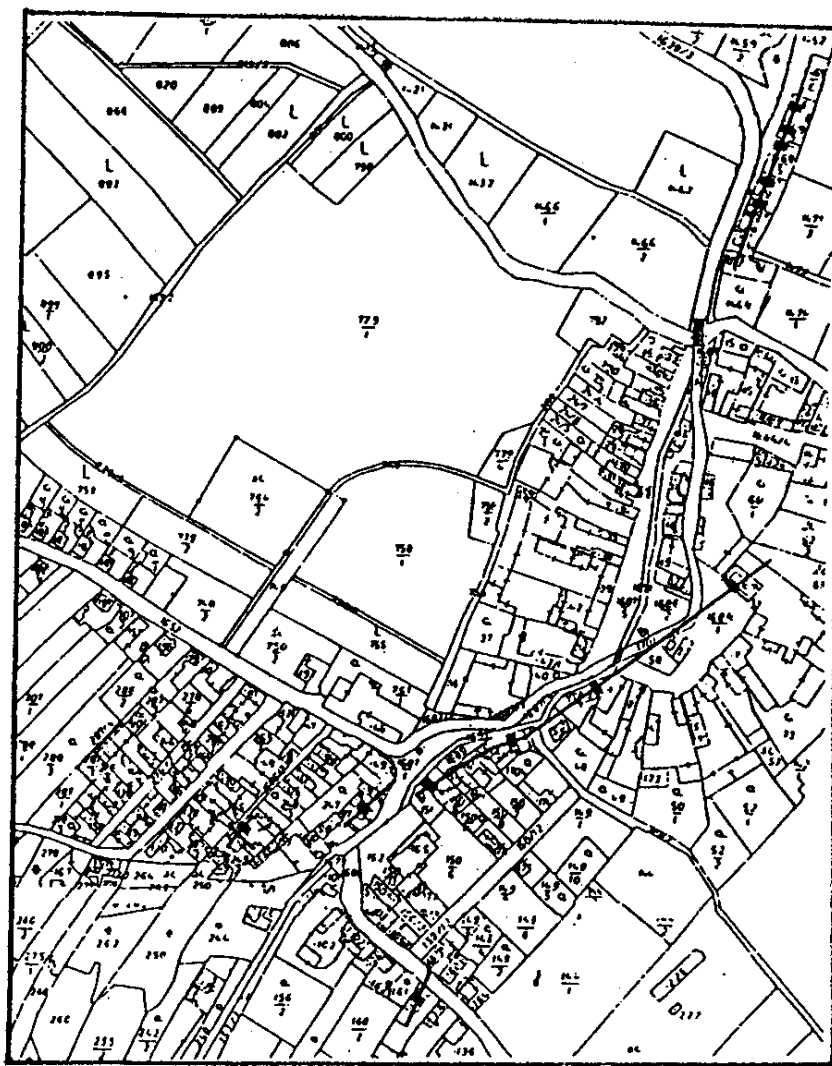
V geoelektrickém odporovém obraze se tektonická porucha projevila jako výrazné vodivé pásmo podrcených hornin. V poruše byl naměřen vysoký obsah radonu a uranu. Laboratorní analýzou metalometrických vzorků byly v poruše zjištěny zvýšené obsahy rudních prvků: Sn, Pb, Zn, Cu, Ag, As, U a Hg. Protože v poruše byl naměřen zvýšený obsah uranu, arzenu a rtuti, bylo doporučeno vedoucím pracovníkům stavebního odboru ONV v Sokolově, aby z hygienických důvodů nepovolili stavbu domů nad tektonickou poruchou.



Obr. 14: Horní Slavkov. Mapa důlních chodeb a výsledky měření na jednom z průzkumných profilů

## 5.2. Rakovník

V okrese Rakovník od roku 1987 do roku 1990 řešil Výzkumný ústav výstavby a architektury v Praze výzkumný úkol „Hodnocení obytného životního prostředí měst, vesnic a volné krajiny na území okresu Rakovník“. Úkolem výzkumného týmu bylo řešit úkol, proč je okres postižen anomálním výskytem onkologických onemocnění obyvatel, jedním z nejvyšších v České republice. Úkolem geofyzika bylo sledovat, jaký vliv má geologické podloží na zdraví lidí. V roce 1990 výzkumný ústav zanikl. Se souhlasem a podporou vedoucích pracovníků OÚ v Rakovníku dílčí geofyzikální úkol pokračoval a byl v roce 1994 úspěšně dokončen.



tektonická porucha  
dům ve kterém někdo onemocněl

Obr. 15: Obec na Rakovnicku. Průběh tektonické linie v místech se zvýšenou úmrtností.

### 5.2.1. Geologická charakteristika okresu Rakovník

Rakovnická kotlina je tektonicko-strukturní deprese geomorfologicky ostře oddělena od okolního vyššího reliéfu. Geologicky jsou zde zastoupeny kvartérní a terciérní sedimenty, perm, karbon, horniny přeměněné a vyvřelé. Všechny vyjmenované geologické útvary jsou postiženy tektonikou sv. a jz. směru. Některé horniny, zejména karbonského stáří a žuly, vykazují zvýšenou radioaktivitu.

### 5.2.2. Způsob řešení úkolu

V 19 obcích zvolených ve všech geologických útvarech, které se v okrese vyskytují, určila lékařka – okresní onkoložka 398 domů, ve kterých se vyskytla onkologická onemocnění. Tyto domy jsou označeny pracovně jako podezřelé.

Při sledování závadných i kontrolních domů byly sledovány 2 ukazatele:

1. zda dům nebyl postaven na tektonické poruše,
2. zda dům nebyl postaven z radioaktivně závadných stavebních materiálů.

Tektonika byla ověřována měřením půdního radonu metodou ztraceného hrotu v okolí domů. Radioaktivita stavebních hmot byla měřena gamaspektrometrem GS 256.

Bylo zjištěno, že 72 % – 287 domů stojí na tektonických poruchách a 49 %, tj. 194 domů je radioaktivně závadných. Při stavbě nebo rekonstrukcích domů byla použita radioaktivně závadná rynholecká škvára.

V obcích Jesenice, Hředle a Krušovice na požádání starostů obcí byly výzkumu podrobeny všechny domy. Tak vznikl věrohodný vzorek z hlediska matematické statistiky.

Při sledování tektoniky pod podezřelými i kontrolními domy mohly nastat 4 varianty:

- a) dům je podezřelý a leží na poruše – někdo v něm onemocněl,
- b) dům není podezřelý a leží na poruše,
- c) dům je podezřelý a neleží na poruše,
- d) dům není podezřelý a neleží na poruše.

Obdobné 4 varianty mohly nastat i při sledování radioaktivity stavebních hmot, z nichž byly domy postaveny.

Tříděním výsledků vznikla čtyřpolní tabulka (2x2), na jejímž základě byl vypočítán  $X^2$  test. V daném případě je kritická hodnota  $X^2_{0,05}$  ( $p=0,05$ ) pro jeden stupeň volnosti rovna  $X^2_{0,05}=3,8$ . To znamená, že hodnoty  $X^2$  menší než 3.9 jsou statisticky nevěrohodné.

### 5.2.3. Závěr

Z vypočtených hodnot  $X^2$  vyplývá, že ve všech třech případech sledované závislosti závadnosti domů na tektonice je kritická hodnota  $X^2$  testu vysoce překročena. Proto je možno zamítnout nulovou hypotézu o nezávislosti geofyzikálně geologických a zdravotních souborů a konstatovat, že domy ležící na tektonických poruchách jsou statisticky významně podezřelejší než domy situované mimo tektonické poruchy (viz *obr. 15*). Na obrázku je jedna z 19 obcí na Rakovníku, kde byla zjištěna přímá závislost onemocnění rakovinou na umístění domů nad tektonickými poruchami.

Závislost mezi podezřelými domy a radioaktivitou stavebních hmot nebyla statistickým zpracováním prokázána.

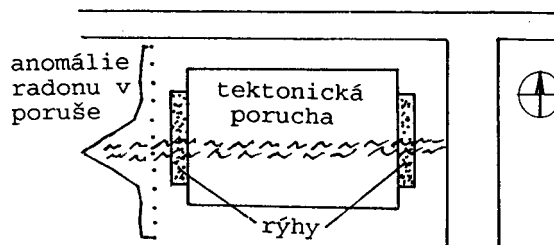
### 5.3. Diagnostika domu před rekonstrukcí

Před rekonstrukcí domu v Rakovníku, ve kterém zemřelo několik lidí na onkologická onemocnění, se mělo zjistit, zda při stavbě nebyly použity radioaktivně závadné stavební hmoty a zda nebyl postaven na geologicky nevhodném místě.

Dům nebyl izolován od podloží, podezdívka žulová, první a druhé nadzemní podlaží cihlové, v podlahách i podkroví byla na podsypy použita silně radioaktivní rynholecká škvára. Východní a západní venkovní stěny domu byly až do výše druhého nadzemního podlaží vlhké a omítky opadané. Mapováním bylo zjištěno a měřením půdního radonu prokázáno, že dům

byl postaven na tektonické poruše vz. směru.

Bylo doporučeno na v. a z. straně u domu vyhloubit rýhy do hloubky základů a zaplnit je drobným šterkem do úrovně terénu, aby půdní radon a vlhkost z tektonické poruchy mohly unikat do ovzduší, izolovat suterén od podloží, odstranit škváru z podlah i podkroví, ve všech podlažích situovat lůžka, sedací soupravy a židle u stolů do míst mimo průběh tektonické poruchy (viz obr. 16).



Obr. 16: Dům postavený na tektonické poruše a nedostatečně izolovaný od půdní vlhkosti.

#### 5.4. Odvětrávání radonu a vysušování vlhkých zdí

Vlhké domy jsou z technického hlediska nemocné a v takových domech jsou zpravidla nemocní i lidé.

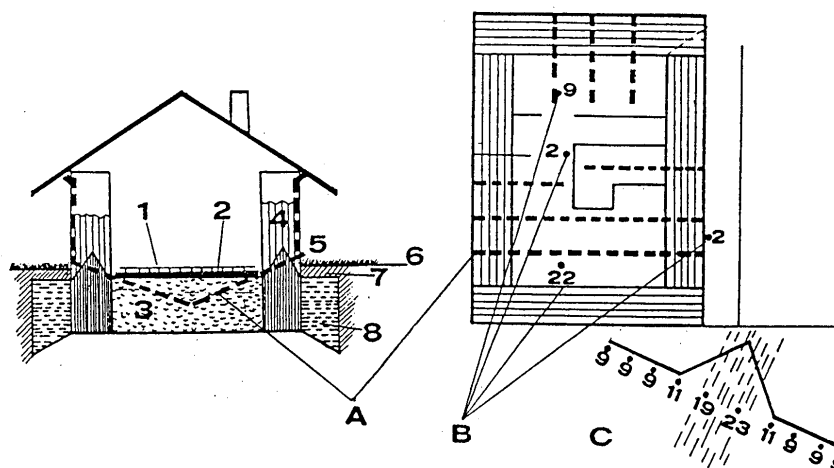
Vlhké domy jsou postaveny většinou na geologicky nevhodných místech. Příroda uživatele tímto způsobem varuje, že by měli něco dělat pro své zdraví, přinejmenším svůj dům zbavit vlhkostí. Při stavbě domů si stavař umí s vlhkostí poradit. Nebezpečí plynoucí z nevhodně umístěných domů nad tektonickými poruchami nebylo vyřešeno. Naopak uživatel domu se ještě více vzdálil od řešení zdravotních potíží, které vyvolává nehomogenní geologické podloží.

V regionu Třeboňské pánve si majitel originálním způsobem vysušil chalupu, současně si vytvořil nádrž na radon. Geologicky se dům nachází v křídových sedimentech Třeboňské pánve. Petrograficky jsou na lokalitě zastoupeny světle šedé pískovce, rudohnědé a tmavošedé jílovité pískovce a jílovce.

Dům stojí na jílovcích zvětralých do hloubky 1 až 2 m, vyznačujících se nepropustností pro dešťovou vodu. Při vysoušení byly vytvořeny optimální podmínky pro intenzivní odpařování v okolí domu. Měření radonu pod podlahou obývacího pokoje bylo zjištěno, že v pokoji pod neodvětranou podlahou si majitel vytvořil nádrž na radon.

Bylo navrženo odvětrání, aniž by bylo nutno zasahovat do podlah v interiéru. Návrh odvětrání je patrný z obr. 17.





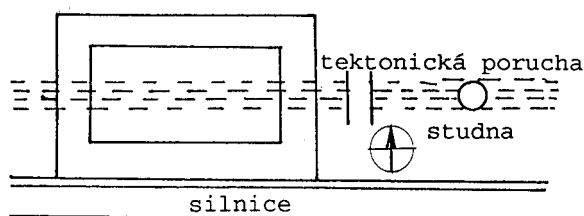
Obr. 17: Příklad odvětrání podloží rodinného domu.

A – navržené odvětrání domu: 1- dlažba, 2 - písek, 3 - křemen, 4 – vlhkost, 5 – stažená vlhkost, 6 – výše terénu, 7 – zem, 8 – silniční štěrk. B – hodnoty půdního radonu měřené pod podlahou v domě a ve štěrkové vrstvě u domu. C – vymapovaná tektonická porucha, ověřená měřením půdního radonu s krokem měření 3 m v hloubce 0,8 m metodou ztraceného hrotu.

### 5.5. Žďár nad Sázavou

Ve Žďáru nad Sázavou byl řešen úkol, proč se v novém domě po 10 letech vyskytlo 5 případů vážných onemocnění. Při diagnostice bylo zjištěno, že dům byl podle územního plánu postaven 5 m od silnice na tektonické poruše 3 až 5 m široké, na níž 100 m od domu pod svahem je vyhloubená studna, zásobující vodou přilehlou část městské čtvrti. Fyzikální účinek tektonické poruchy byl pravděpodobně zesílen trvalým klesáním a stoupáním hladiny vody v poruše při jejím odběru (viz obr. 18).

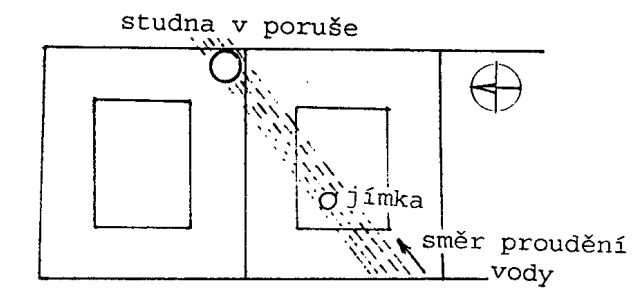
V daném případě by stačilo dům postavit o několik metrů dále od silnice za tektonickou poruchou.



Obr. 18: Negativní fyzikální účinek tektonické poruchy pod domem je zesílen pravidelným denním odčerpáváním vody ze studny na tektonické poruše

### 5.6. Tábor

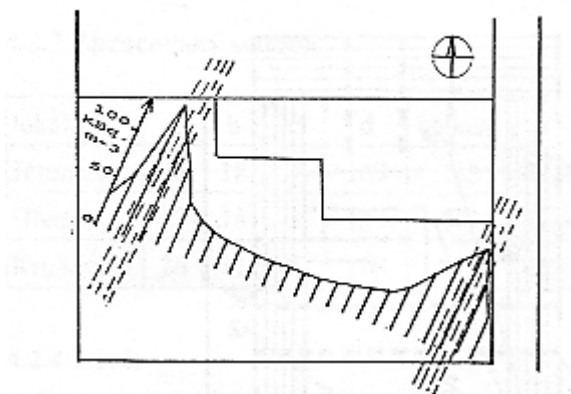
Při diagnostice rozestavěného domu v Táboře bylo zjištěno, že přes parcelu prochází tektonická porucha na sousední parcelu, kde byly již vyhloubeny základy pro nový dům. Základy pro druhý dům byly vyhloubeny v tektonické poruše, která se po zahloubení základů do 2 m začala chovat jako artézská studna. Ve sklepě musel stavebník vyhloubit jímku a z ní trvale odčerpávat vodu do kanalizace. Odčerpávanou vodou při promyšleném využití by bylo možno zásobovat všechny okolní domy v městské čtvrti. Při rozhodování, kam umístit dům, by stačilo jej umístit 3 m na jv. od poruchy a na rozhraní pozemků vyhloubit jednu společnou studnu. Na doporučení si 1. majitel v rohu své parcely vyhloubil normální studnu. Pominemeli vzniklé náklady na trvalé odčerpávání vody, nejzávažnější závada spočívá v tom, že plocha nad tektonickou poruchou nebude využitelná pro ložnice a také v místech poruchy může dům praskat při nedostatečném zpevnění základů (viz obr. 19).



Obr. 19: Zvodnělá tektonická linie jdoucí pod základy domu

## 5.7. Praha

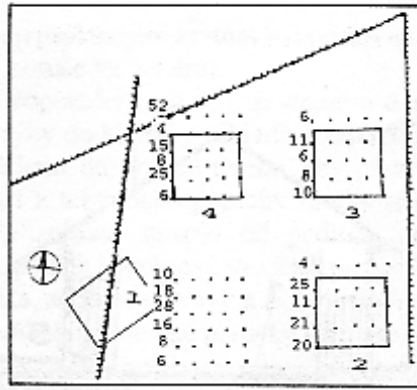
Při diagnostice domu v Praze bylo zjištěno, že v minulosti byly při rekonstrukci použity radioaktivně závadné stavební hmoty. V okolí domu byly mapováním zjištěny 2 tektonické poruchy sv. směru. V poruchách byl naměřen vysoký obsah půdního radonu. Starý dům byl odstraněn, na jeho místě byl postaven nový s respektováním tektonických poruch (viz obr. 20). Má-li architekt k dispozici vyřešenou tektonickou stavbu pozemku, může navrhovat domy tak, aby byly situovány mimo riziková pásma.



Obr. 20: Dům neodizolovaný od podloží, postavený mezi tektonickými poruchami, byl vlhký se zvýšeným obsahem radonu z podloží

## 5.8. Lipence

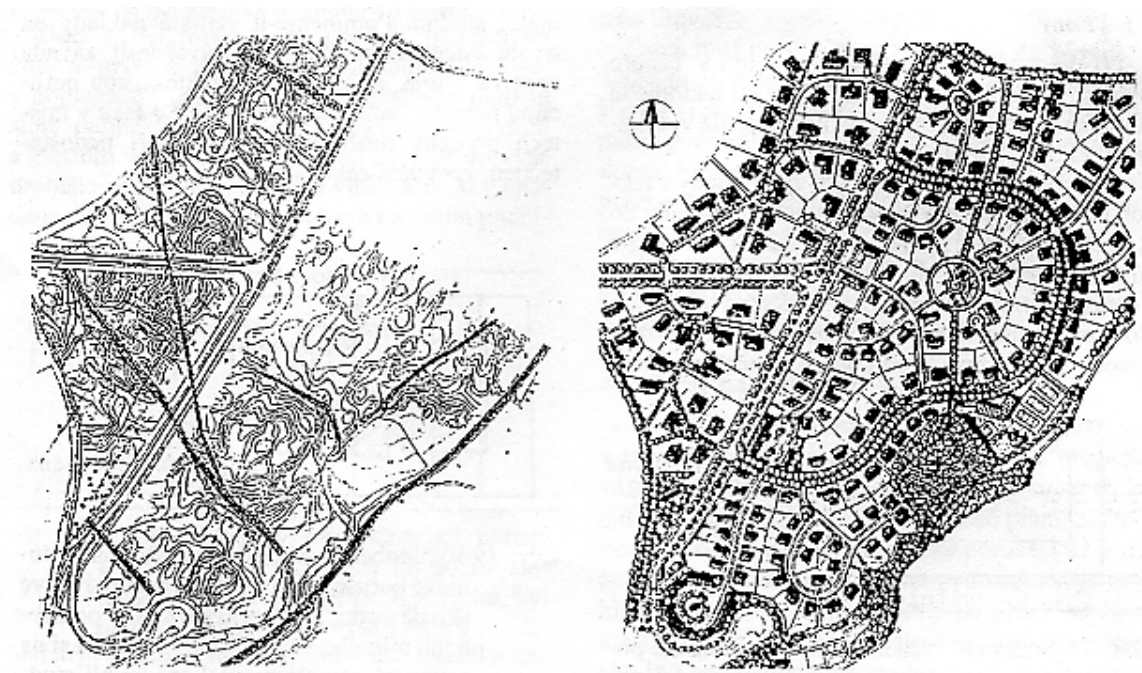
V obci Lipence na j. od Prahy byly na stavební parcele pro 4 rodinné domy zmapované tektonické poruchy a měření půdního radonu. Dům č. 1 byl přemístěn na v. od tektonické poruchy sj. směru a dům č. 4 byl přemístěn na j. od vsv. poruchy, v níž byla naměřena nejvyšší hodnota radonu. Domy situované mimo průběh tektonických poruch jsou v místech s nízkým obsahem radonu v půdním vzduchu. Nebude nutno projektovat zvláštní izolaci proti pronikání radonu z podloží do interiérů domů (viz obr. 21).



Obr. 21: Rodinné domy situované v terénu na základě detailní tektonické stavby.

### 5.9. Nová Ves pod Pleší

Na sídlišti Včelník v Nové Vsi pod Pleší v okrese Příbram bylo vyprojektováno 230 rodinných domů. Architekti využili výsledky zmapované tektoniky komplexem geoelektrických a radiometrických metod. Domy jsou situovány zásadně mimo zjištěné tektonické poruchy. Do harmonického bydlení na mírném jižním svahu vedle krajiny a ovzduší byl zahrnut i vliv geologického podloží (viz obr. 22).



Obr. 22: Zástavbový plán sídliště na Včelníku v Nové Vsi pod Pleší (okres Příbram). Zástavba respektuje tektonickou stavbu území.

---

## 6. Závěry

---

Předložený doporučený standard technický popisuje vliv geologického podloží na stabilitu domů a zdraví jejich uživatelů. Text popisuje možné nepříznivé vlivy různého původu, od mechanických po ještě ne zcela dokonale popsané a pochopené jevy. Pro rychlé posouzení problematických míst v terénu (či na stavbách) jsou doporučeny a popsány geofyzikální metody. Geofyzikální metody jsou nedestruktivní, šetrné vůči okolnímu prostředí. Aplikace geofyzikálních metod neznamená, že doporučení vylučuje jiné průzkumné metody. Vrtné práce, odběry vzorků apod. jsou však popisovány v řadě jiných standardů.

Ze všech dosud provedených prací a poznatků plyne, že stavby, zejména ty, které obývají pravidelně lidé, by měly být vždy situovány do geologicky neporušeného prostředí, které zaručuje, že stavba nebude ohrožena ani mechanickými geologickými silami, ani fyzikálními poli, která vznikají či mohou vznikat na porušených zónách. Problematika vlivu elektrických a elektromagnetických polí, nukleárního záření i sil, které zatím nejsou plně vysvětleny budou jistě v budoucích letech předmětem dalších výzkumů a jejich pozitivní i záporný vliv na lidské zdraví dále upřesňován.

---

## 7. Doporučená literatura pro rozšířené studium

---

- ANDRES, E.: Výzkum vlivu geologického podloží obytných domů v okrese Rakovník na zdraví obyvatel. Praha, SIES, 1992
- ANDRES, E.: Závěrečná zpráva telestezického výzkumu staveniště nového sídliště pro bytové jednotky v Horním Slavkově. Praha, PEL, 1986
- ANDRES, E.: Žijeme v rodinném domku. (Ne)bezpečný dům. Receptář, 1994
- ANDRES, E.: Geologické anomálie a naše zdraví. Praha, Můj Dům, 3/1997
- Encyklopedický slovník geologických věd. Praha, ACADEMIA, 1983
- GRUNTORÁD, J., KAŠPAR JAN, LAJČIKOVÁ A.: Porovnání objemové aktivity radonu Rn-222 a koncentrace lehkých atmosferických iontů. Geologický průzkum, 1993, číslo 3.
- DOHNAL J. a kol.: Geofyzikální a atmogeochemický průzkum v prostoru severovýchodně od Priessnitzových léčebných lázní Jeseník.
- MAREŠ S a kol.: Úvod do užité geofyziky, SNTL, Praha 1990
- MÍSAŘ, Z. a kol.: Geologie ČSSR I. Český masív. Praha, SNTL, 1983