



Vše o základnových stanicích

---

Vše o základnových stanicích  
Podrobná příručka

Vydala Asociace provozovatelů mobilních sítí (APMS)

Autoři: Ing. Jan Černý, Ing. František Bittner, Mgr. Eva Davidová, Ing. Jaroslav Žulavský

Korektorka: Bc. Michaela Černá

Grafické zpracování: SKALIN & LAYOUT, s. r. o.

Praha 2011

01	obsah
02 - 03	mobilní síť
04 - 05	popis základnové stanice
06 - 07	limity
08 - 09	povolení stavby stanice
10 - 11	výpočet
12 - 13	měření
14 - 15	zdroje
16 - 17	mobilní telefony
18 - 19	pohyb kolem antén
20	glosář

# Mobilní síť

Mobilní telefony se již staly samozřejmou součástí našeho života. Jejich historie sahá až do 70. let 20. století. Velký rozmach přišel v 90. letech se standardem GSM. Na západě přišel rozmach v první polovině 90. let a v České republice o pár let později. Dnes je již ve většině vyspělých zemí penetrace více než 100 %, to znamená, že je více aktivních SIM karet (telefonů či jiných přístrojů), než jaký je počet obyvatel. Mobilní síť se zkrátka stala již všudypřítomnou.

## JAK TO CELÉ FUNGUJE?

Jádrum celé mobilní sítě jsou ústředny a datacentra, o těch prakticky běžný uživatel neví. Viditelnou součástí mobilní sítě jsou základnové stanice neboli BTS. Mobilní telefon se při hovoru spojí se základnovou stanicí, která má v daném místě nejsilnější signál (nemusí to být ta nejbližší) a síť sestaví hovor. Pokud se při hovoru pohybujete, dává síť pokyn telefonu, aby se spojil s další základnovou stanicí, jejíž signál je silnější. Signál jde ze základnové stanice dál většinou pomocí mikrovlnných linek a podzemních optických tras až do ústředny. Signál jednoho hovoru tak běží po mnoha „typech“ vedení.

## POKRYTÍ

Každá základnová stanice pokrývá pouze omezené území kolem sebe. Základnové stanice vysílají signál na různých frekvencích. Frekvence kolem 900 MHz (pro představu, FM rádio vysílá na frekvencích kolem 100 MHz, televize na frekvenci 500 – 700 MHz) jsou vhodné k pokrytí oblastí s malou hustotou osídlení. Čím nižší frekvence, tím lepší dosah signálu. Ve městech se používají frekvence 1800 a 2100 MHz a to především kvůli kapacitě (viz. následující odstavce). Při plánování pokrytí se dbá na to, aby se zákazníci mohli dovolat nejen na ulici, ale i v zástavbě. Těžko si dnes někdo představí, že by zákazník musel kvůli hovoru vždy „vyběhnout“ na ulici.

## KAPACITA

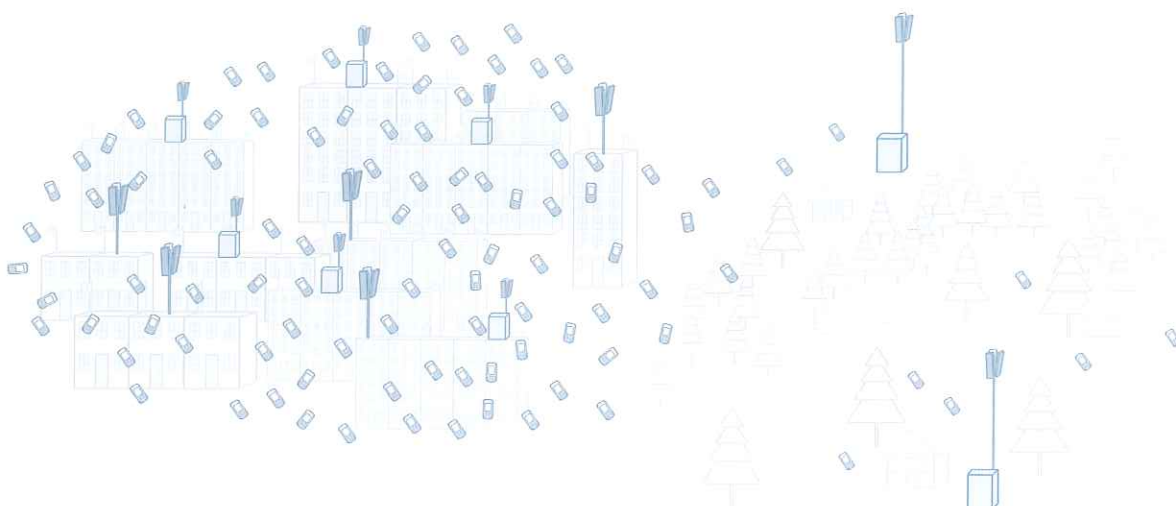
Každá základnová stanice obslouží pouze určitý počet hovorů. Při vyšší poptávce je nutné síť zahustit – postavit další základnové stanice. Proto je ve městech (hustě obydlených oblastech) mnohem více stanic ve srovnání s venkovem. Množství hovorů je takové, že se používá nejen pásmo 900 MHz, ale i vyšší pásma 1800 MHz a 2100 MHz. Frekvence 2100 MHz je určena pro síť třetí generace, které umožňují jak hovory, tak i rychlé datové přenosy.

Výhodou většího počtu stanic je, že se jejich výkon sníží, protože se o pokrytí dané oblasti dělí s ostatními stanicemi. Další výhodou je, že při kvalitním signálu klesá i výkon telefonu potřebný pro spojení.

Z tohoto hlediska je laický požadavek na umístění stanic mimo obydlené oblasti zcela nelogický a naopak vede ke zbytečnému zintenzivnění expozice v těsné blízkosti stanic.

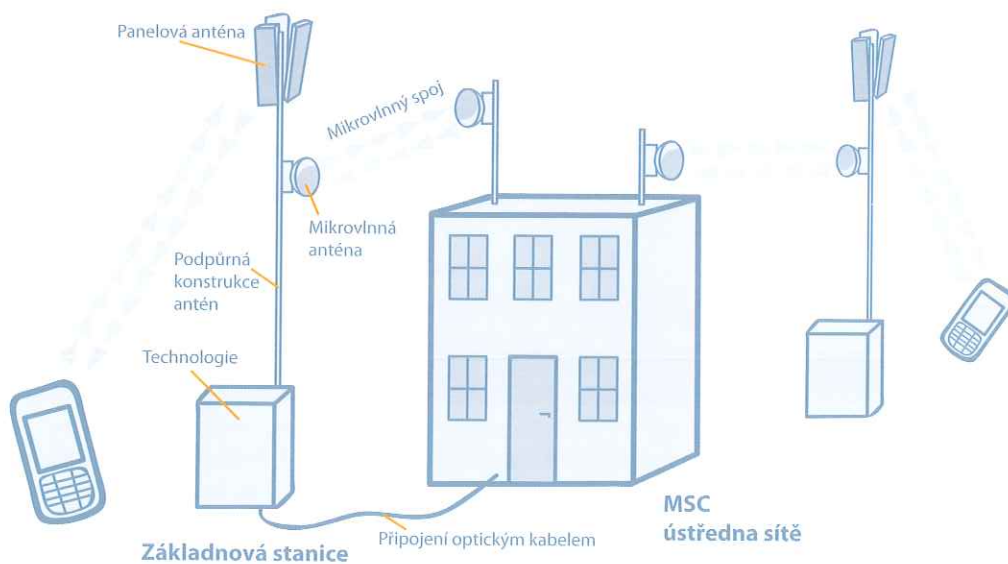
Obr. 1 ▼

rozmístění základnových stanic (pokrytí a kapacita sítě)



Obr. 2 ▼

přenos hovoru v síti operátora



# Popis základnové stanice

Základnová stanice má několik částí – antény panelové, mikrovlnné (parabolické) a technologickou část. Pro komunikaci se zbytkem mobilní sítě jsou stanice zpravidla osazeny mikrovlnnými anténami. Panelové antény, které jsou největší a nejvíce viditelné součástí stanice, zajišťují spojení mezi stanicí a mobilním telefonem či jiným zařízením (modem, zabezpečovací ústředna apod.). Zdrojem rádiových vln jsou pouze antény panelové a mikrovlnné. Technologie základnové stanice žádné rádiové vlny neprodukuje.

## UMÍSTĚNÍ

Základnové stanice jsou rozmístěny tak, aby tvořily síť s co nejlepšími parametry z hlediska pokrytí a předávání účastníka spojení z jedné oblasti do jiné. Proto se jejich umístění pečlivě plánuje. K umístění lze využít vhodné stávající konstrukce nebo lze postavit vlastní konstrukci, zpravidla stožár (věž).

Stanice se umísťují na střechách budov, na vodojemech, silcích, komínech či jiných vhodných konstrukcích. Není-li v zájmovém prostoru vhodná konstrukce, je pro stanici postaven vlastní stožár. Stávající konstrukce jsou upřednostňovány nejen z finančních důvodů, ale také ve snaze co nejméně zasahovat do krajiny.

## TECHNOLOGIE

Každá základnová stanice má někde umístěnou technologickou část. Technologie může být instalována buď ve venkovním provedení tzv. outdoor (obr. 3). Jedná se o kovovou skříň umístěnou na rámu, která nemá žádnou klimatizační jednotku. Nebo se využívá technologie pro použití v místnosti nebo kontejneru tzv. indoor je umístěna volně ve stojanech. Chlazení často zajišťuje klimatizační jednotka.

## MIKROVLNNÉ ANTÉNY

Mikrovlnné antény (paraboly) slouží k obousměrnému přenosu dat při komunikaci s řídicími stanicemi a dalšími prvky mobilní sítě. Vyzařovací charakteristika je velmi úzká – je to skoro paprsek. Spojení s mikrovlnnou anténou proti-stanice vyžaduje přímou viditelnost. Díky úzké směrové charakteristice lze přenášet data na velké vzdálenosti s využitím velmi nízkých výkonů, řádově desítky wattů.

## PANELOVÉ ANTÉNY

O velikosti buňky mobilní sítě rozhoduje dosah signálu panelových antén. Aby bylo spojení možné, musí panelové antény pokrývat signálem celou oblast, ve které se účastníci spojení pohybují. Rozsah a intenzitu pole znázorňuje obrázek na následující straně (obr. 4). S ohledem na charakteristiky těchto antén jsou někdy tyto antény nazývány směrovými anténami.

## SMĚRY VYZAŘOVÁNÍ ANTÉN

Úhel vyzařování v horizontální rovině se pohybuje převážně kolem 60°, ale mohou být použity úhly od 30° do 90°. Ve vertikální rovině se úhel vyzařování pohybuje mezi 7° až 15°. Díky těmto charakteristikám lze zajistit optimální úroveň signálu v požadovaném směru za použití výkonů v řádech desítek wattů.

S ohledem na šířku horizontální charakteristiky panelové antény se na základnové stanici umísťuje podle potřeby několik antén. Ty tvoří jednotlivé sektory namířené tak, aby byla pokryta požadovaná oblast.

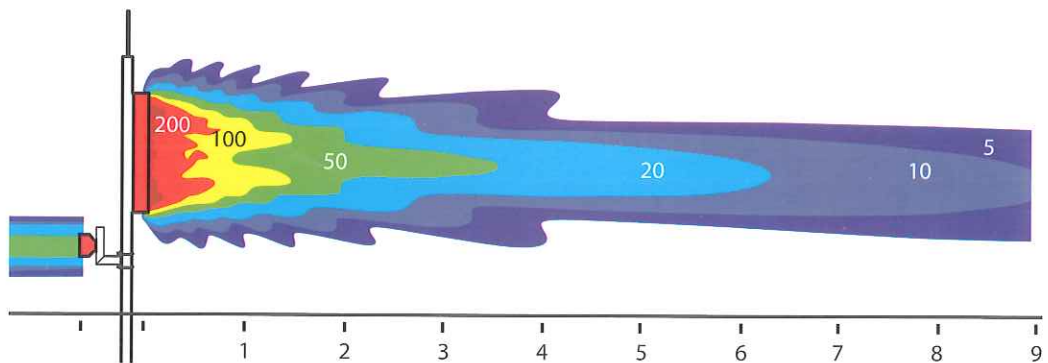
Obr. 3 ▼

základnová stanice na výtahové strojovně panelového domu



Obr. 4 ▼

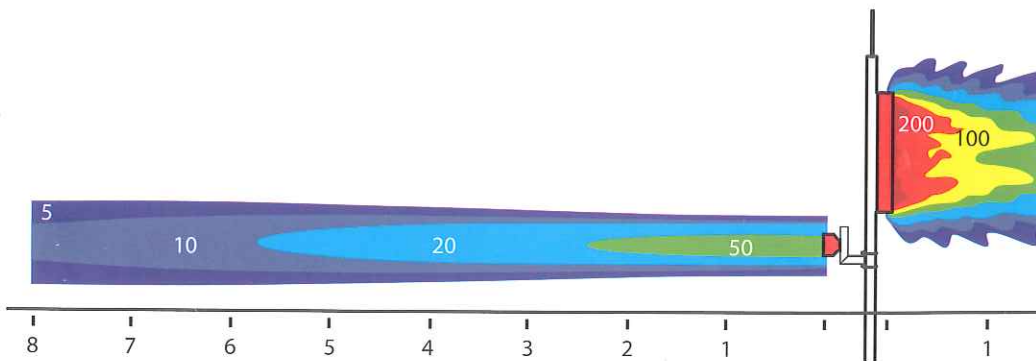
intenzita elektrického pole před panelovou anténou v procentech vůči příslušnému limitu



Simulace pole před panelovou anténou (Elektromagnetické pole anténní řady - diplomová práce ČVUT FEL, 2009, autor Petr Polívka) zjemnělá metoda - výkon 15 W.

Obr. 5 ▼

Intenzita elektrického pole před mikrovlnnou anténou v procentech vůči příslušnému limitu



Simulace pole před mikrovlnnou anténou (autoři: Jan Černý, František Bittner) - kvazioptické přiblížení parabolické antény - výkon 0,25W parabolická anténa 0,3m.

## ELEKTROMAGNETICKÉ POLE

Elektromagnetické pole, neboli vlnění, zahrnuje velmi široké spektrum frekvencí (vlnových délek) od extrémně nízkých až po extrémně vysoké. Elektromagnetické pole o různých frekvencích tvoří spektrum a dělíme jej na neionizující a ionizující záření. Z hlediska interakce s hmotou působí tato záření velmi odlišně. Hranice přechodu mezi neionizujícím a ionizujícím zářením je  $1,7 \cdot 10^{15}$  Hz (1,7 PHz), což odpovídá vlnové délce  $1,8 \cdot 10^{-7}$  m (180 nm). Je tedy v horní části spektra ultrafialového záření. Rádiové vlny patří do neionizujícího záření. Celé spektrum elektromagnetického pole je znázorněno na obr. 6.

Ionizující záření má dostatek energie na rozbití chemických vazeb atomů a molekul hmoty. Při průchodu hmotou dochází k ionizaci, tj. oddělení jednoho či více elektronů, a tím dochází k chemické změně látky. Při nadměrné expozici (vystavení se) tomuto typu elektromagnetického pole může dojít ke změně genetické informace uvnitř buněk a ke vzniku nádorových onemocnění. Proto je ionizující záření ve vysokých dávkách nebezpečné a jeho dávky je nutno pečlivě hlídat. Ionizujícím zářením je např. rentgenové záření a část záření UV.

Naproti tomu neionizující záření nemá dostatek energie na rozbití chemických vazeb, a proto nemůže jeho působením dojít k ionizaci. Jediným doposud potvrzeným účinkem neionizujícího záření (u radiových frekvencí) může být ohřev tkáně při absorbování energie záření. Ohřev nastane jen při dostatečné intenzitě. Na tomto principu fungují mikrovlnné trouby. Sledovanou veličinou je SAR (energie absorbovaná jednotkou hmoty) Jednotkou SAR je W/kg. Prahovou hodnotou SAR jsou 4 W/kg. Při této hodnotě dojde k ohřevu tkáně o  $1^{\circ}\text{C}$ . Prahová hodnota určuje, kdy nás mohou rádiové vlny začít ovlivňovat. Toto ovlivnění je již sice měřitelné, ale neznamena automaticky negativní vliv na člověka (například zvýšení tělesné teploty).

## HYGIENICKÉ LIMITY

Od prahové hodnoty (4 W/kg) byly odvozeny hygienické limity. Pro poučené osoby pohybující se kolem antén („zaměstnanci“) je hygienický limit 10 x nižší než je prahová hodnota (0,4 W/kg) a pro ostatní osoby (obyvatelstvo) je nižší 50 x (0,08 W/kg). Limit pro ostatní osoby je nastaven s vysokou zálohou bezpečnosti, ve které jsou zahrnuti všichni jedinci - kojenci, nemocní lidé i senioři. Absorbování energie 0,08 W/kg může způsobit ohřev tkáně maximálně o  $0,02^{\circ}\text{C}$  bez ohledu na dobu strávenou u zdroje záření. Tato teplota je z hlediska běžných teplotních variací organismu zcela bezvýznamná. Limit pro zaměstnance odpovídá ohřevu o  $0,1^{\circ}\text{C}$ , což je rovněž bezvýznamné.

Autoritou v oblasti mezinárodního výzkumu neionizujícího záření a stanovení příslušných limitních hodnot je Mezinárodní komise na ochranu před neionizujícím zářením ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection). Tato expertní komise vydává vědecké posudky a zprávy a organizuje mezinárodní vědecká setkání, jejichž výsledkem jsou tzv. Exposure Guidelines, tedy stanovení limitních hodnot, z nichž pak vychází při své další činnosti Světová zdravotnická organizace (WHO). Stanovení prahové hodnoty a redukčních faktorů stanovila komise na základě studia veškerého relevantního výzkumu, který byl a je prováděn.

Současné limity byly stanoveny komisí ICNIRP v roce 1998 a od té doby je komise několikrát potvrdila.

Česká republika přijala evropskou normu, která vychází z doporučení ICNIRP, a která byla schválena WHO. Limity expozic jsou zakotveny v Nařízení vlády 1/2008 Sb. o ochraně zdraví před neionizujícím zářením v platném znění. (dřívější NV 480/2000 Sb.) V tomto nařízení jsou stanoveny nejvyšší přípustné hodnoty SAR pro celé tělo i pro lokální expozice.



Nejvyšší přípustné hodnoty pro měrný absorbovaný výkon (SAR)		
	pro celé tělo	lokální expozice
zaměstnanci	0,4 W/kg	10 W/kg
ostatní osoby	0,08 W/kg	2 W/kg (telefon)

V nařízení jsou rovněž stanoveny referenční hodnoty hustoty zářivého toku  $S$  ( $W/m^2$ ) a elektrického pole  $E$  ( $V/m$ ). Tyto hodnoty jsou závislé na frekvenci (závislost najdete v uvedeném nařízení). Dodržením referenčních hodnot je zaručeno, že nedojde k překročení absorbovaného výkonu SAR.

V praktickém životě jsou hodnoty expozic od základnových stanic v místech, kde se lidé běžně pohybují, o několik řádů nižší než limity. Limitních hodnot lze dosáhnout pouze před anténou v přímém paprsku ve vzdálenosti 2 – 10 m, s ohledem na používané výkony.

Skutečně naměřené hodnoty v okolí základnových stanic (kde se lidé běžně pohybují a žijí) jsou hluboko pod hygienickými limity a jsou v rozmezí 0,00001 – 10 % stanovených limitů.

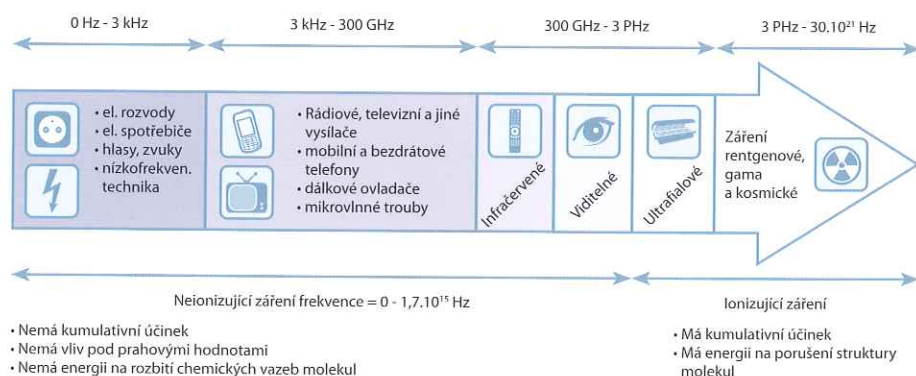
Reálné hodnoty expozic jsou tak nízké, protože:

- Intenzita záření klesá s kvadrantem vzdálenosti. (V 10 m od antény je hodnota 100 x menší)
- Stanice i telefony regulují svůj okamžitý výkon na minimální potřebný pro spojení. Snižuje se tak vliv interference s ostatními stanicemi, šetří se energie i baterie v telefonech.
- Antény základnových stanic mají velmi úzkou vertikální charakteristiku a vyzařují v rozmezí 0 – 10° od horizontální roviny.

Obrázek 7 ukazuje relaci mezi prahovou hodnotou, hygienickým limitem a reálnými hodnotami naměřenými v blízkosti stanic.

Obr. 6 ▼

hodnoty záření v běžném životě



Obr. 7 ▼

prahová hodnota, limity a realita



## VÝSTAVBA ZÁKLADNOVÝCH STANIC Z POHLEDU LEGISLATIVY

Každá základnová stanice musí kromě standardních stavebně-právních náležitostí splňovat i veškeré hygienické normy týkající se ochrany lidského zdraví. V této souvislosti je pak sledováno dodržování limitů elektromagnetického pole.

Limity stanovené komisí ICNIRP a potvrzené Světovou zdravotnickou organizací tvoří základ pro evropskou legislativu v této oblasti, jmenovitě pro Směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 1999/519/ES, která obsahuje podrobnou úpravu hygienických limitů neionizujícího záření. Dále upravuje minimální rozsah opatření k ochraně zdraví při práci a stanoví hodnotu nejvyšší přípustné expozice neionizujícím zářením pro fyzické osoby v běžném prostředí.

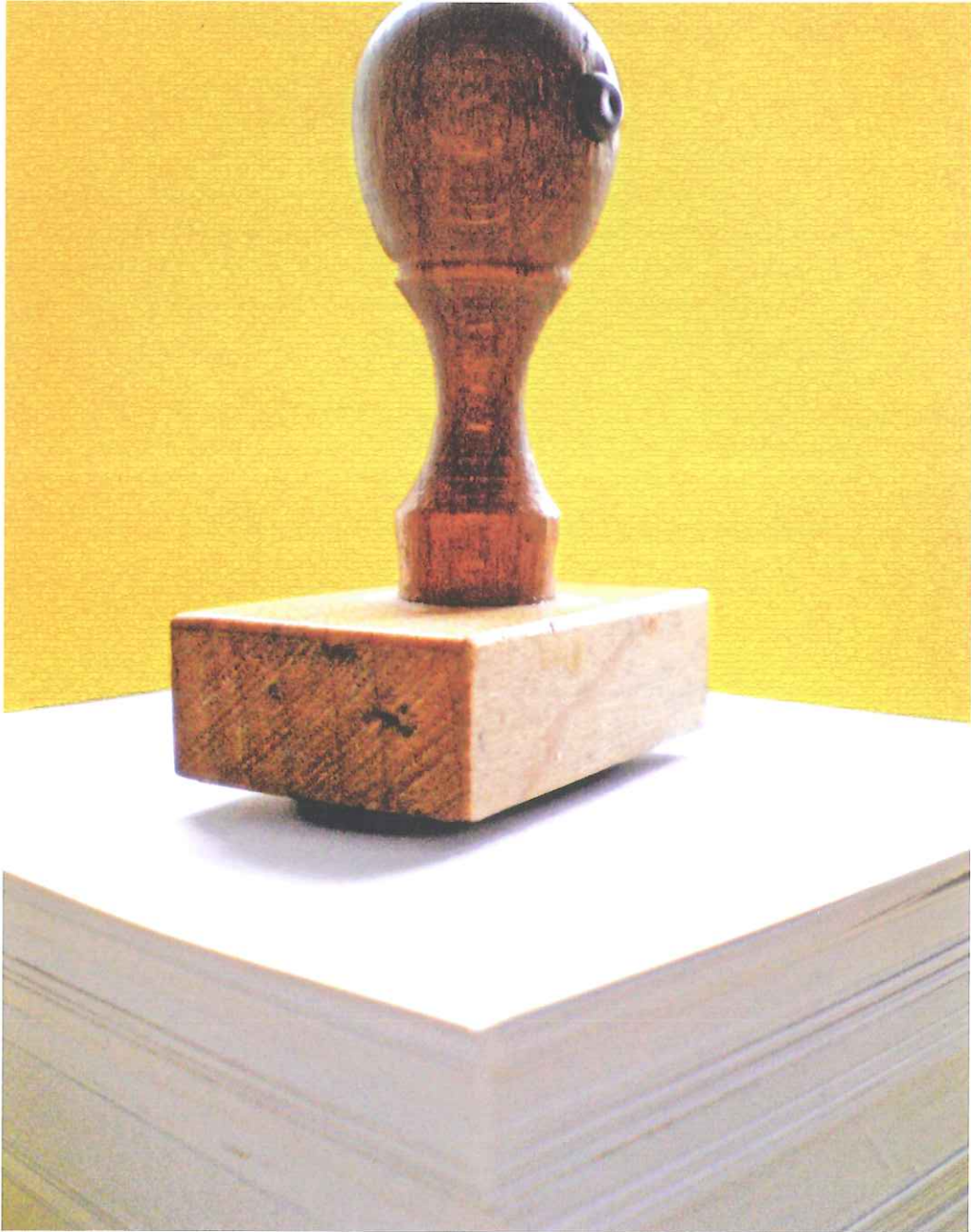
Výše uvedená evropská směrnice pak byla do našeho právního řádu transponována zejména v těchto předpisech:

- Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb., v platném znění (zejména tedy ustanovení § 35, kde je stanovena povinnost prokázat příslušnou dokumentací obsahující výpočet či měření prokazující dodržení limitních hodnot neionizujícího záření z hlediska možné expozice fyzických osob).
- Nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, v platném znění, které je prováděcím předpisem k výše uvedenému zákonu o ochraně veřejného zdraví. Toto nařízení vlády obsahuje podrobnou úpravu hygienických limitů neionizujícího záření, metody a způsob jejich zjišťování a hodnocení, minimální rozsah opatření k ochraně zdraví při práci a dále úpravu nejvyšších přípustných hodnot expozice fyzických osob v komunálním prostředí (tzv. ostatních osob) neionizujícímu záření.
- K zákonu O ochraně veřejného zdraví byl Ministerstvem zdravotnictví, resp. hlavním hygienikem České Republiky vydán dne 30. 6. 2009 Metodický návod 29015/2009. Tento návod specifikuje přesný postup výpočtu, jehož výsledkem je stanovení prostoru před anténami, kde může dojít k překročení limitů.

Pokud by základnová stanice uvedené limity nesplňovala, nebyla by hygienickou stanicí povolena, resp. hygienická stanice by nevydala mobilnímu operátorovi souhlasné závazné stanovisko. To je přitom jedním z klíčových podkladů pro vydání příslušného povolení (územního rozhodnutí, územního souhlasu, stavebního povolení) stavebním úřadem tak, jak je uvedeno v zákoně č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu. Mobilní operátor by tak nemohl základnovou stanici postavit.

V průběhu užívání základnové stanice je příslušná hygienická stanice oprávněna provést kontrolu tohoto zařízení za účelem zjištění, zda nedochází k překročení přípustných hodnot upravených citovaným nařízením vlády, seznámit se s příslušnou technickou dokumentací a s provozním řádem základnové stanice. O zjištěných závěrech takovéto kontroly vydá hygienická stanice ve smyslu § 84 zákona č. 258/2000 Sb., protokol, ve kterém je v případě zjištění nějakých nedostatků oprávněna uložit mobilnímu operátorovi povinnost tyto nedostatky odstranit v daném časovém termínu, popř. je oprávněna uložit rovněž finanční pokutu.

Obr. 8 ▼



## VÝPOČET ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE

Před spuštěním každé základnové stanice je vždy zpracováván výpočet elektromagnetického pole. Na základě výpočtu pak příslušná hygienická stanice vydává stanovisko k provozu základnové stanice. Výpočtem jsou stanoveny oblasti před anténami, kde se nesmí pohybovat ostatní osoby a zaměstnanci. Tyto oblasti nikdy nesmí zasáhnout do prostoru, kde se běžně pohybují lidé. Výpočty elektromagnetického pole se zpravidla zaměřují na panelové antény systémů CDMA, GSM, UMTS či LTE. Na základnových stanicích se vyskytují i antény mikrovlnných pojítek, ty jsou však s ohledem na používané výkony nevýznamným zdrojem elektromagnetického pole a tudíž před nimi není stanoven prostor, kde by mohlo dojít k překročení limitů.

Dále se tedy budeme věnovat pouze panelovým anténám. Maximální výkony technologií jakéhokoliv systému od jakéhokoliv výrobce jsou v řádu desítek wattů na jednu anténu. Maximálního výkonu není v praxi nikdy dosaženo, nicméně pro bezpečnost zaměstnanců mobilních operátorů a široké veřejnosti je s tímto výkonem ve výpočtech počítáno. Reálné výkony, kterými základnová stanice vysílá, jsou několikanásobně nižší a v praxi při měření elektromagnetického pole nedochází k překročení limitů ani těsně před anténami (viz. kapitola Měření). Výpočet je takto záměrně nadhodnocen, aby v praxi nemohlo nikdy dojít k podcenění expoziční situace.

Prostor, kde může dojít k překročení limitů neionizujícího záření je ohraničen tak zvanou hranicí shody. Hranice shody má tvar buď kvádry se skosenými hranami (pro ostatní osoby) nebo kvádry (pro zaměstnance). Rozměry hranice shody jsou vypočteny podle přesného postupu, který je dán v metodickém návodu hlavního hygienika ČR (dále jen „metodika“). Ve výpočtu jsou užity dvě veličiny SAR (Měrný absorbovaný výkon v tkáni těla) a hustota zářivého toku. Výpočet dle modelů elektromagnetického pole stanovuje oblast, kde SAR nebo hustota zářivého toku překračují limit daný Nařízením vlády 1/2008 Sb.

K výpočtu se užívá modelů vzdáleného pole nebo válcového vlnového modelu. Model vzdáleného pole se užívá dále od antény (cca od 10m). Válcový vlnový model dobře popisuje pole v oblasti do 10m od antény. Kombinací obou modelů je dosaženo co nejměnějšího obrazu chování pole kolem antény. Při výpočtu je třeba brát v potaz i významné zdroje elektromagnetického pole v okolí základnové stanice. Tímto zdrojem může být rádiový či televizní vysílač nebo třeba jiná základnová stanice. Televizní a rádiové vysílače se zpravidla započítávají pouze v případech, kdy jsou antény mobilního operátora umístěny přímo na vysílači. Jiná základnová stanice se započítává zpravidla pouze v případě, že je ve vzdálenosti do 30m od základnové stanice, pro kterou se provádí výpočet. Jiné typy zdrojů v okolí se posuzují individuálně.

Celkově pak výpočet odpovídá Nařízení vlády 1/2008 Sb. Výpočet bere v úvahu veškeré faktory a to zejména konfiguraci antén a zdroje v okolí základnové stanice. Je třeba poznamenat, že účelem výpočtu není určit „jaké je“ elektromagnetické pole v určitém bodě, ale stanovit (byť jen teoreticky) oblast, kde by mohlo dojít k překročení limitů. Hlavní body metodiky byly převzaty z Německa a Velké Británie. Výpočty jsou tudíž prováděny obdobně jako v jiných vyspělých zemích a jejich výsledky poskytují 100% jistotu, že nedojde k překročení limitů.

<sup>1</sup> Do roku 2008 včetně byly výpočty prováděny podle jiné metodiky. Výsledky byly vždy ověřeny příslušnou hygienickou stanicí.

Obr. 9

příklad dokumentace nutné k povolení stanice

### Výpočet elektrického pole

**Obsah výpočty**  
 Obsah výpočty  
 Identifikace základové stanice  
 Popis výpočtu elektromagnetického pole  
 Legenda  
 Limity pro Expozici  
 Výpočet přípravné hodnoty  
 Zkrácení elektromagnetického pole  
 Výpočet pro parabolické (PF) antény  
 Výpočet pro panelové (PF) antény  
 Předání a příjmové výpočty  
 Výstupní data a výsledky  
 Základní údaje o základové stanici  
 Rozměry antény (výpočet nahrazení)  
 Číslový kód stanice  
 Specifická základová stanice z pohledu  
 Příloha 2 - výkresy a situace základové stanice

**Identifikační údaje základové stanice**  
 Operátor: O2, T-Mobile  
 Fin. kód: 0402 Zlín  
 Adresa: 680 01, U Štábla 44, Zlín  
 Typ stavby: rekonstrukce  
 Souadnice: 55214 N, 14272 E  
 Fyzická výška antény: 14,27 m  
 Datum: 22. června 2008

### Popis výpočtu elektromagnetického pole

Tento výpočet je určen k určení intenzity elektromagnetického pole v okolí základové stanice. Výpočet je proveden v souladu s platnými předpisy a normami.

**Legenda**  
 Ochrana výpočtu je řešena zkrácením základové stanice. Nezávislým elektromagnetickým polem je hlavička vlny (GSD) 10 - ovládací jednotka.

**Limity pro Expozici**  
 Limity pro expozici osob neorganizované účelově určené osoby 10000 Sv. Všechny expozice elektromagnetického pole při základové stanici jsou v souladu s platnými předpisy a normami.

**Hlavní přípravné hodnoty**

Frekvence (MHz)	U (mV/m)	P <sub>100</sub> (μW/cm²)
100 MHz - 10 GHz	100	10
10 GHz - 300 GHz	100	10

**Referenční hodnoty**  
 Vlnová délka (λ) a přípravné hodnoty pro referenční hodnoty. Referenční hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

Frekvence (MHz)	U (mV/m)	P <sub>100</sub> (μW/cm²)
10 MHz - 400 MHz	400	40
400 MHz - 2 GHz	200	20
2 GHz - 300 GHz	100	10

### Zkrácení elektromagnetického záření na základové stanici

Na základové stanici se vyznačí dva typy antény parabolické (PF) antény a 2 antény panelové (PF) antény.

Výpočet je proveden pomocí softwaru pro výpočet intenzity elektromagnetického pole. Výpočet je proveden v souladu s platnými předpisy a normami.

**Výpočet pro parabolické antény**  
 Na základové stanici je umístěn parabolický reflektor. Výpočet je proveden v souladu s platnými předpisy a normami.

**Výpočet pro panelové (PF) antény**  
 Na základové stanici je umístěn panelový reflektor. Výpočet je proveden v souladu s platnými předpisy a normami.

**Výstupní data a výsledky**

Anténa	Typ	Frekvence (MHz)	U (mV/m)	P <sub>100</sub> (μW/cm²)
1	PF	100	100	10
2	PF	100	100	10
3	PF	100	100	10
4	PF	100	100	10
5	PF	100	100	10
6	PF	100	100	10
7	PF	100	100	10
8	PF	100	100	10
9	PF	100	100	10
10	PF	100	100	10

**Rozměry zón šedý (výpočet zahrnuje expozici od všech antén)**

Anténa	Typ	U (mV/m)	P <sub>100</sub> (μW/cm²)	R <sub>100</sub> (m)	R <sub>50</sub> (m)	R <sub>20</sub> (m)
1	PF	100	10	100	50	20
2	PF	100	10	100	50	20
3	PF	100	10	100	50	20
4	PF	100	10	100	50	20
5	PF	100	10	100	50	20
6	PF	100	10	100	50	20
7	PF	100	10	100	50	20
8	PF	100	10	100	50	20
9	PF	100	10	100	50	20
10	PF	100	10	100	50	20

### Orientační plán rozmístění antén na základové stanici

Plán ukazuje rozmístění antén na základové stanici. Antény jsou označeny P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10. Plán je proveden v souladu s platnými předpisy a normami.

### Multi-band Panel Dual Polarization Half-power Beam Width Adjust. Electrical Downtilt

Antenna 742 215  
 1710 - 1880 MHz  
 45°  
 85°  
 0° - 15°

Technical specifications:  
 Frequency range: 1710 - 1880 MHz  
 Gain: 14.5 dBi  
 Max. gain per input: 30 dB (at 10°C ambient temperature)

### Tab. 1 Tab. 4

Uspřádání C = 400 MHz, T1

Anténa	Typ	Frekvence (MHz)	U (mV/m)	P <sub>100</sub> (μW/cm²)
1	PF	100	100	10
2	PF	100	100	10
3	PF	100	100	10
4	PF	100	100	10
5	PF	100	100	10
6	PF	100	100	10
7	PF	100	100	10
8	PF	100	100	10
9	PF	100	100	10
10	PF	100	100	10

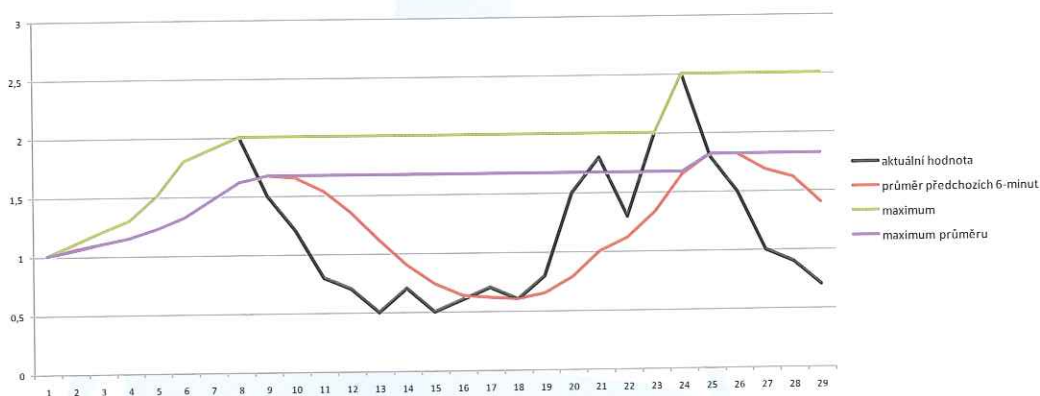
## MĚŘENÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE

Měření elektromagnetického pole je (vedle výpočtu) druhý způsob prokázání nepřekročení nejvyšších přípustných hodnot. Nejvyšší přípustné hodnoty (v případě základnové stanice je to měrný absorbovaný výkon v tkáni těla - SAR) nelze přímo měřit. Proto Nařízení vlády 1/2008 Sb. definuje také referenční hodnoty, které jsou snadno měřitelné. Nepřekročení referenčních hodnot zaručuje, že nedojde k překročení nejvyšších přípustných hodnot. Jednou z veličin, ve kterých jsou udávány referenční hodnoty, je intenzita elektrického pole (veličina se sice nazývá intenzita elektrického pole, ale udává sílu celého elektromagnetického pole). Tato veličina je obecně dobře měřitelná a přístroje, které jí měří, dosahují vysoké přesnosti.

Měření provádí odborně způsobilé osoby, které disponují patřičným vybavením. Měří se zpravidla v místech, kde by se mohly pohybovat osoby (ať už obsluha zařízení, zaměstnanci nebo ostatní osoby). Pokud je to možné, vybírají se také ta místa, kde bude s největší pravděpodobností naměřena nejvyšší hodnota. Tato místa jsou často v bezprostřední blízkosti antén v hlavním směru jejich vyzařování. Vytipování těchto míst vyžaduje znalosti zkušených odborníků.

Nařízení vlády 1/2008 Sb. požaduje průměrování všech hodnot naměřených v intervalu 6 minut. Proto je měřena a do protokolů se uvádí maximální průměrná hodnota. To ilustruje i graf níže. Hodnota „maximum průměru“ odpovídá právě šestiminutovému průměru.

Na místě je otázka, proč se nepracuje s maximální hodnotou. V případě elektromagnetického pole v okolí ZS není možné maximálních hodnot ani teoreticky dosáhnout, a to ani těsně u antén. Proto se v souladu s Nařízením vlády 1/2008 Sb. uvažují pouze hodnoty průměrné.



Samotné měření v konkrétním daném bodě může být prováděno několika způsoby. Nejčastěji se používají širokospektrální měřicí přístroje, které zachycují veškerou energii od všech zdrojů v širokém pásmu. Zpravidla toto široké pásmo zahrnuje jak rádia a televize, tak základnové stanice. Výslednou hodnotu pak tvoří součet příspěvků od všech zdrojů. Tento způsob odpovídá logice Nařízení vlády 1/2008 Sb., které nařizuje započítat do expoziční situace všechny zdroje. Stejně tak tyto přístroje naměří všechna „záření“ v širokém pásmu spektra. Toto pásmo vždy zahrnuje všechny významné zdroje. Nevýhodou výše popsaného způsobu je nemožnost rozlišit zdroj elektromagnetického pole. Jednou z možností, jak zjistit konkrétní zdroj elektromagnetického pole, je nechat v danou chvíli vypnout základnovou stanici. Z rozdílu naměřených hodnot při „zapnuté“ a „vypnuté“ základnové stanici je možné odvodit „příspěvek“ k celkové expozici v místě měření.

Některé přístroje dokáží provádět přímo i spektrální analýzu, a tak rovnou podávají informaci o jednotlivých zdrojích v elektromagnetickém spektru. Měření uváděná v této brožuře byla provedena právě tímto přístrojem.

Rozdíl mezi výsledky měření a výpočtem bývá poměrně velký (10x až 100x). Je to způsobeno tím, že při výpočtu se počítá výhradně s maximálním možným výkonem základnové stanice. Tento výkon není za normálního provozu dosažitelný a výrobci technologií bohužel neumožňují tento výkon nasimulovat. Měření tak dává reálné hodnoty a potvrzuje výpočet (resp. jsou-li naměřené hodnoty nižší, než vypočítané, je potvrzena správnost výpočtu). Měření nemůže nikdy nahradit samotný výpočet elektromagnetického pole, který uvádí maximální teoreticky dosažitelné hodnoty, a který je tak při posuzování stanice nezastupitelný.

Obr. 10 ▼

měření před rodinným domem nedaleko základnové stanice



Obr. 11 ▼

měření na střeše mezi anténami



## ZDROJE ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE V NAŠEM OKOLÍ

Kromě základnových stanic a mobilních telefonů existuje nepřeberné množství dalších zdrojů elektromagnetického pole. Najdeme je všude kolem nás – jsou v našich domovech, setkáváme se s nimi na cestách, v práci s nimi mnohdy běžně pracujeme. Zdroje elektromagnetického pole můžeme rozdělit na přírodní a umělé.

Přírodní zdroje elektromagnetického pole nám umožňují žít na planetě Zemi. Například potřebná sluneční energie v podobě světla je elektromagnetickým polem. Jiným přirozeným zdrojem elektromagnetického pole je planeta Země, jejíž magnetické pole nás chrání před kosmickým zářením (kosmické záření je ionizující a může být proto škodlivé). Pomocí magnetického pole Země se také můžeme orientovat, používáme kompas, který ukazuje směrem na magnetický severní pól Země (magnetické póly se nekryjí se zeměpisnými).

Lidstvo si vytvořilo také mnoho tzv. umělých zdrojů elektromagnetického pole. Jejich příklady najdete v tabulce níže:

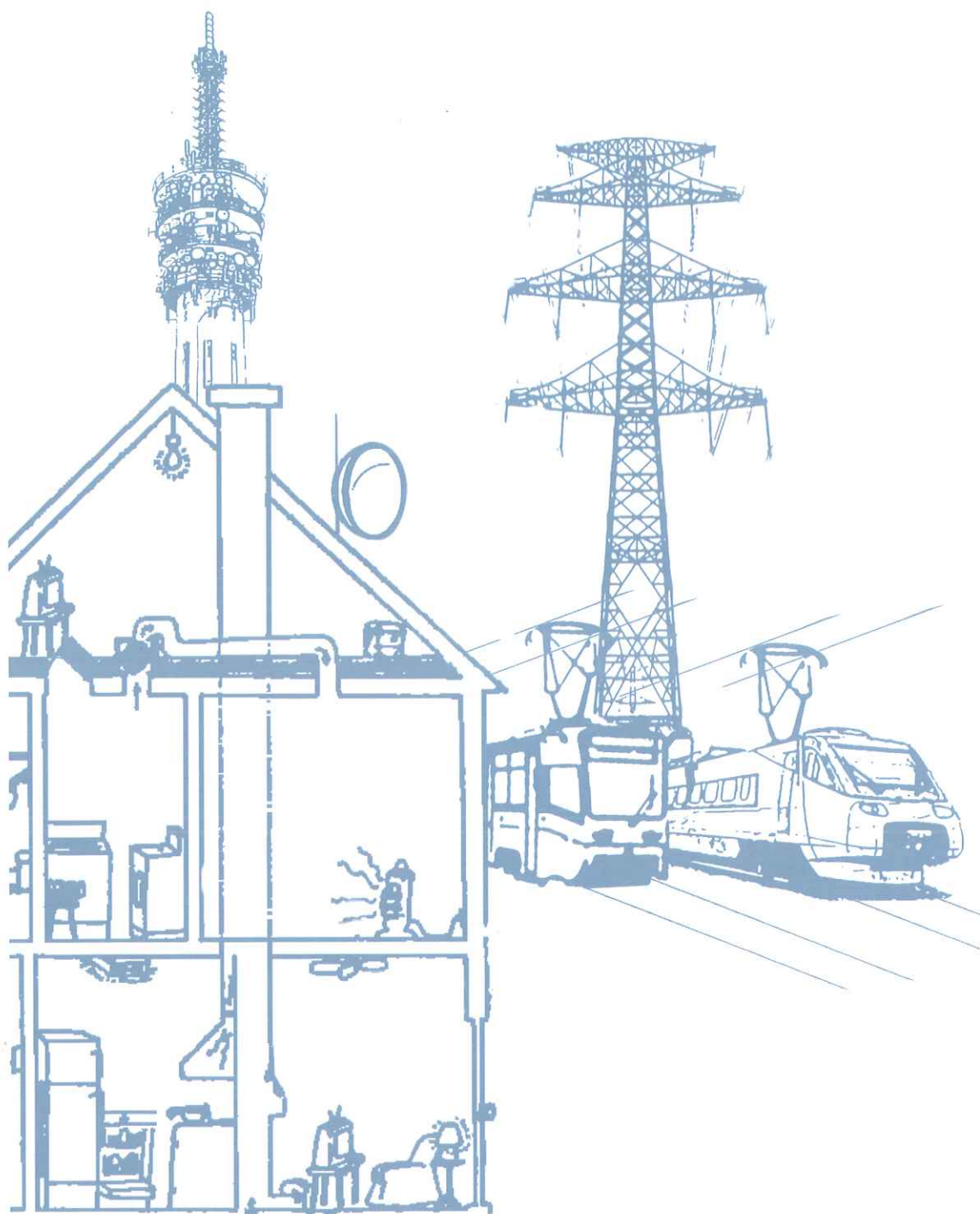
Domácí zdroje	Venkovní zdroje
televizory	radiové vysílače
rozhlasové přijímače	televizní vysílače
mobilní telefony	základnové stanice
počítače, kopírky	transformátorové stanice
mobilní Internet	rozvodné silové sítě
mikrovlnné trouby	elektrické vlaky
zabezpečovací systémy	trolejbusy, tramvaje
různé dálkové ovladače	atd.
osobní identifikátory	
hračky s dálk. ovládním	
elektrické sporáky	
ledničky, mrazničky	
myčky	
elektrické nářadí	
atd.	

Všechny výše uvedené zdroje na člověka více či méně působí. Mnohé umělé zdroje fungují již 100 let – například rozhlasové vysílače. Soužití člověka se zdroji elektromagnetického pole není žádnou novinkou, ale přirozeně provází naši civilizaci.



Obr. 12 ▼

příklady zdrojů elektromagnetického pole v běžném životě



## MOBILNÍ TELEFONY

Mobilní telefon je konečný produkt celého popisovaného systému. Dnes pomocí něho nejen telefonujeme, ale také posíláme textové zprávy (SMS), obrazové zprávy (MMS) a v neposlední řadě používáme v našich zařízeních aplikace s připojením na internet. Můžeme tak online sledovat naše emaily, číst webové stránky, vkládat zprávy na Facebook či zjišťovat informace například o restauracích v našem okolí.

Podívejme se na mobil z pohledu expozice elektromagnetickému poli. Každý mobilní telefon má v sobě modul rádiového vysílače a přijímače. Pokud netelefonujete, je mobil v klidu a pouze sleduje šest základnových stanic ve svém okolí s nejsilnějším signálem. Teprve při hovoru nebo stahování dat je aktivován rádiový vysílač. Mobilní telefon pak podle pokynů sítě umí měnit výstupní výkon i frekvenci vysílání. V běžných podmínkách při kvalitním signálu od základnové stanice tak mobil vysílá minimálním výkonem.

Každý telefon je před uvedením na trh testován. Při testech je simulován maximální výkon, který je ale v běžném provozu využíván minimálně. Telefon je měřen v přesně specifikovaných polohách, stejných pro všechny telefony testované na celém světě.

Existují dva scénáře testování. První, základní, představuje provoz telefonu u hlavy člověka. Hlavu představuje „figura“, která věrně simuluje elektrické a magnetické vlastnosti reálné lidské hlavy. Telefon je k hlavě přitisknut s nulovým odstupem. Sonda pak měří intenzitu elektrického pole ve figuře, která se dá přepočítat na Měrný absorbovaný výkon v tkáni těla tzv. SAR. Výrobci tuto hodnotu uvádějí v manuálech. Bohužel jí někdy označují jako specifickou míru absorpce, což je nepřesný překlad. Druhý scénář představuje použití telefonu u těla. Jde například o použití telefonu v kapse jako modemu pro připojení počítače na internet. Tento druhý scénář často počítá s tím, že telefon je umístěn na opasku, například 1,5 cm nebo 2,2 cm od těla. Hodnoty naměřené v tomto scénáři mohou být někdy vyšší, protože telefon je umístěn anténou k tělu (displejem od těla) což je opačně, než při telefonování.

Limit SAR je pro celé tělo 0,08 W/kg a představuje celkově přijatý výkon dělený tělesnou vahou. Tento limit je používán pro výpočet u antén základnové stanice.

Pro mobilní telefon je používán tzv. lokální SAR. Lokální SAR nesmí překročit 2 W/kg a to na kterýchkoliv 10g tkáně, kdekoliv po celém těle. Při testování telefonu se zkoumá, zda nedochází k překročení limitu uvnitř hlavy v oblasti ucha. Žádný mobilní telefon, který by překračoval limity, nesmí být uveden na trh. Pokud kupujete originální telefon od zavedených výrobců máte 100% jistotu, že telefon prošel testováním.

Pro používání telefonů platí také určitá omezení. Všude tam, kde jste k tomu vyzváni, telefon vždy vypněte, i když se jedná jen o preventivní opatření. Vypnutí telefonu je nutné, protože signál mobilního telefonu může způsobovat rušení přístrojů. Někdy je zakázáno telefonovat, protože to odvádí pozornost například při čerpání paliva. Zpravidla tomu tak bývá v letadlech, nemocnicích, u čerpacích stanic apod. Pro lidi, kteří mají kardiostimulátor, také platí určitá omezení při používání telefonu. Je doporučeno používat telefon na opačné straně těla, než je kardiostimulátor umístěn. Doporučená vzdálenost telefonu od kardiostimulátoru se uvádí (v různých zdrojích) v rozmezí 15 až 25 cm. Při dodržení této vzdálenosti je zaručeno, že nedojde k ovlivnění kardiostimulátoru.

Obr. 13 ▼

foto z laboratoře - měření měrného absorbovaného výkonu v tkáni těla (SAR)



Obr. 14 ▼

popis měření měrného absorbovaného výkonu v tkáni těla (SAR)

– laboratorní testovací systém



# Pohyb kolem antén

## POKYNY PRO POHYB KOLEM ANTÉN

Pro každou základnovou stanici jsou stanovena pravidla pro pohyb v blízkosti antén. Před anténou jsou vymezeny dva prostory, kde platí různá omezení. Jeden prostor je definován pro tzv. ostatní osoby a jeden pro zaměstnance. Obyvatelé domu či náhodní kolemjdoucí jsou považováni za ostatní osoby. Zóna, kde by mohlo dojít k překročení nejvyšších přípustných hodnot pro ostatní osoby nesmí zasahovat do míst, kde se běžně pohybují lidé – například balkony, chodby bytu apod.

Zaměstnanci se řídí tzv. provozním deníkem základnové stanice. Pro náš případ předpokládáme střechu, která není zkolaudována pro pohyb osob (99 % střech je tohoto typu). Na takovéto střeše se mohou pohybovat pouze osoby, kterým to dovolil majitel objektu – kominík, klempíř, pokrývač, televizní technik. Provozní deník či řád je umístěn přímo na základnové stanici a na vyžádání jej operátor poskytuje majiteli nemovitosti. Majitel nemovitosti má vždy povinnost seznámit všechny osoby, které použijí na střeše, se všemi riziky. Mezi tato rizika patří i možný pohyb v zónách, kde může dojít k překročení limitů expozice elektromagnetickému poli. Každý, kdo koná práci na střeše s anténami mobilních operátorů, by měl být seznámen s těmito předpisy. Pokud je nutné pracovat v zóně možného překročení limitů pro zaměstnance, je třeba domluvit se s příslušným operátorem na vypnutí dané antény po nezbytně nutnou dobu.

Střechy, které jsou zkolaudovány pro pohyb osob, mají jiný režim. Pokud jsou na těchto střechách umístěny antény operátora, musí být kolem nich fyzická zábrana. Tato zábrana zaručuje, že se nikdo ani náhodně nedostane do prostoru možného překročení limitů. Těchto střech je v České republice naprosté minimum. Pokud se antény umísťují do blízkosti balkonů či teras, výpočet ověřuje, zda nedochází k překročení limitů na balkoně či terase.

**Na závěr je třeba zdůraznit, že ani vstup do zón možného překročení limitů neznamená jakékoliv poškození zdraví. Limity mají takovou bezpečnostní rezervu, že v případě malých výkonů antén mobilních operátorů, se nemůže nikomu nic stát. Výše uvedené pokyny jsou tak ochrannou před velmi nepravděpodobným scénářem.**

Na následující obrázku je náčrt tvaru zón kolem antény. Pro zaměstnance platí červený kvádr. Velikost zóny lze jednoduše přečíst v Provozním deníku. Velikost zóny u jedné antény je definována pouze jedním číslem. Toto číslo může nabývat hodnot 0,5 m, 1 m, 1,5 m atd. Jedná se o velikost zóny před anténou. Nad, pod a vedle antény je velikost zóny 1/2 z tohoto rozměru. Tedy například 0,25 m apod. Touto zónou je možné projít, avšak zaměstnanec se v ní nesmí zdržovat.

Panelová anténa

Obr. 15 ▼

pohyb obsluhy kolem antény



Tab. 1 Tabulka zón omezeného pobytu v blízkosti panelových antén

„Označení antény“	Sloupek	„Azimut [°]“	„Zisk [dBi]“	„Velikost antény [m]“	„3dB šířka svazku [°]“	pasmo (MHz)	„D čelní [m]“	„D šířka [m]“	„D pod/nad [m]“	„Dzadní [m]“	„Rzam [m]“	Multi-band
A3PFLD1	P1	120	18	1,30	65	D	7,7	5,9	1,5	0,1	1	-
A3PFLD2	P2	220	18	1,30	65	D	7,7	5,9	1,5	0,1	1	-
A3PFLD3	P3	300	18	1,30	65	D	7,7	5,9	1,5	0,1	1	-
A3PFLU1	P1	120	17,8	1,30	65	U	7,7	5,9	1,6	0,1	1	-
A3PFLU2	P2	220	17,8	1,30	65	U	7,7	5,9	1,6	0,1	1	-
A3PFLU3	P3	300	17,8	1,30	65	U	7,7	5,9	1,5	0,1	1	-

Legenda pásma: C = 450 MHz, T1 = 872 MHz, G = 900 MHz, D = 1800 MHz, T2 = 1915 MHz, U = 2100 MHz

## GLOSÁŘ

**SIM karta** – SIM je zkratka anglického názvu subscriber identity modul. Je to identifikační karta účastníka mobilní sítě. Vkládá se do každého telefonu či modemu.

**BTS** - viz základnová stanice

**Anténa** – kovový předmět zpravidla v plastovém pouzdře, usnadňuje vysílání a přijímání elektromagnetického pole v určitém směru.

**Rádiové vlny** – elektromagnetické pole vysílané na rádiových frekvencích; stejné vlny používá televize, rozhlas či WiFi.

**Elektromagnetické pole** – vyskytuje se všude kolem nás, je to viditelné světlo, elektřina v zásuvce, laserové ukazovátka.

**WHO** – Světová zdravotnická organizace zajišťující koordinaci zdravotnických aktivit na mezinárodním poli, vydává standardy a organizuje různé programy například očkování či ochranu před epidemiemi; jejími členy jsou všechny státy OSN.

**ICNIRP** – Mezinárodní komise vědců pro ochranu před neionizujícím zářením, která monitoruje veškerý výzkum v oboru elektromagnetického pole a podle výsledků těchto výzkumů nastavuje limity, je poradním orgánem WHO.

**Prahová hodnota** – při dosažení prahové hodnoty intenzity elektromagnetického pole dochází k ohřátí organismu o 1° C, toto ohřátí není nijak nebezpečné, ale je nepřírozené pro organismus a proto se od této hodnoty odvíjí limity (ty jsou však 50x nižší).

**Schválený limit** – je 50x nižší než prahová hodnota, zajišťuje ochranu zdraví v jakémkoliv věku a při jakémkoliv zdravotním stavu, doporučuje jej WHO a je platný v ČR.

**Základnová stanice** – skládá se z antén, vysílací technologie a kabeláže mezi anténami a technologií; umožňuje přenos signálu mezi mobilními telefony; ve městech a obcích jsou základnové stanice umístěny na střechách, mimo obce jsou antény umístěny na věžích, rozhlednách, vodojemech nebo na samostatných stožárech.

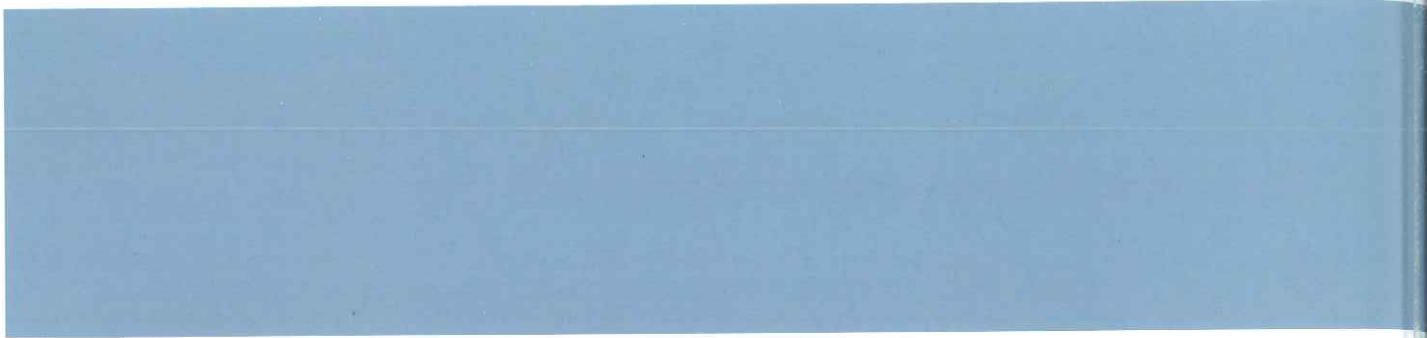
## VELIČINY A JEJICH JEDNOTKY:

**Výkon** je udáván ve wattech (W) případně miliwattech (mW) ( $1 \text{ W} = 1000 \text{ mW}$ ). V rádiových aplikacích se výkon často udává v jednotce dBm. Jedná se o decibel nad miliwattem.  $0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$ ,  $20 \text{ dBm} = 100 \text{ mW}$ . Decibel je tzv. logaritmická jednotka.

**Frekvence** udává rychlost vlnění elektromagnetické vlny. 1 Hz odpovídá jedné otáčce (změně amplitudy) za sekundu. V síťové zásuvce je proud o frekvenci 50 Hz, znamená to, že se 50x za vteřinu změní kladné a záporné napětí. Při frekvenci 900 MHz, na které fungují, se mění amplituda vlny 900milionkrát za vteřinu.

**Intenzita elektrického pole** je základní veličinou pro měření elektromagnetického pole. Jednotkou je Volt na metr (V/m). Tato veličina je dobře měřitelná přístroji v terénu.

**Hustota zářivého toku** udává, kolik výkonu elektromagnetického pole projde danou plochou. Jednotkou je Watt na metr čtvereční ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).



asociace provozovatelů  
mobilních sítí

ZDRAVÍ  MOBIL

Podrobné informace na [www.zdraviamobil.cz](http://www.zdraviamobil.cz)