

Tabulka 5

Souhrnný přehled o použití elektromagnetických vln, zdrojích vyzařování, jednotkách měření, max. přípustných dávkách a ochranných prostředcích

Kmitočet	Vysoké kmitočty (vf)	Velmi vysoké kmitočty (vvhf)
Použití v průmyslu, vědě a technice	1. Tepelné zpracování kovů (kalení, tavení, pájení aj.) 2. Tepelné zpracování dielektrik (sušení dřeva, ohřev umělých hmot apod.) 3. Spoje 4. Lékařství	1. Radiolokace 2. Radionavigace 3. Reléová spojení 4. Radioastronomie 5. Radiometeorologie 6. Radiospektroskopie 7. Jaderná fyzika 8. Spoje a j.
Zdroje vyzařování	1. Vf transformátor 2. Vazební kondensátor 3. Přenosová a napájecí vedení, antény 4. Induktor nebo pracovní kondensátor 5. Průzory, šterbiny aj.	1. Antény 2. Zářiče 3. Jednotlivé bloky 4. Šterbiny aj.
Jednotky měření Max. přípustné hodnoty ozáření E (V/m) · t(hod.) resp. N ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) · t(hod)	Intenzita pole E ve V/m Obsluha (pro 8 h. a méně). 80 Ostatní vč. obyvatelstva (pro 24 h. a méně). 72 (30 kHz—30 MHz) 24 (30—300 MHz)	Výkonová hustota N v $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ cw provoz 200 pulsní provoz 80 cw provoz 60 pulsní provoz 24
Ochranné prostředky	1. Stínění jednotlivých vf prvků a) plechy nebo sítě b) koaxiál. napaječe atd. 2. Úplné stínění vf generátorů	1. Bezodrazové zátěže, útlumové koncovky, 2. Stínící komůrky 3. Otevřená stínění a) kovová b) s absorpčním pokrytím 4. Ochranné brýle 5. Ochranný oděv

6. MAXIMÁLNĚ PŘÍPUSTNÉ INTENSITY POLE A OZÁŘENÍ A JEJICH STANOVENÍ

6.1 ZAVEDENÍ MAXIMÁLNĚ PŘÍPUSTNÉHO OZÁŘENÍ

Z hlediska ochrany lidí před případnými škodlivými účinky elektromagnetických polí jsou samozřejmě důležité prahové biologicky účinné intensity polí. Pokud jde o tepelný efekt, panuje shoda v tom, že k oteplení organismu dochází při výkonových hustotách $10\text{--}15\text{ mW/cm}^2$, a to jak u zvířat (55), tak u lidí (195, 279, 280), což souhlasí s teoretickým výpočtem (238).

Při sledování jednotlivých dílčích účinků lze ovšem dostat jiné hodnoty. Tak např. pro vznik katarakty je třeba intensity 10 mW/cm^2 , ke změně citlivosti sluchového aparátu dochází ještě při 1 mW/cm^2 , ale k pocitu bolesti na kůži teprve při $0,6\text{ W/cm}^2$. Na cm vlnách je však nutno počítat s biologickými účinky již při výkonových hustotách $0,1\text{ mW/cm}^2$ (125). Na nižších kmitočtech lze nalézt histopatologické změny od 100 V/m (82). Celkově však organismus pravděpodobně škodlivě ovlivňují pole s intenzitou nad 10 V/m (135). Mnohé procesy jsou ještě citlivější, a to zejména rychlost buněčného dělení, které se zrychluje již při intensitě pole 10^{-4} V/m ; rychlost dělení se snižuje při hodnotách nad $0,1\text{ V/m}$ (120).

Samotná intenzita pole však není dostatečně dobrým měřítkem prahu účinnosti. Ten závisí bezesporu ještě na časovém faktoru. Organismus má totiž jistou schopnost obrany proti nepříznivým vnějším vlivům. Její míru lze vyjádřit vztahem

$$K_n = f(N_n, t_n) \quad (6.1)$$

Tento výraz říká, že míra schopnosti organismu čelit určitému činiteli n je úměrná kvantitativní hodnotě tohoto činitele N_n (zde má význam intensity pole resp. výkonové hustoty) a době jeho působení t_n . Je-li hodnota funkce na pravé straně rovnice (6.1) menší než příslušná míra K_n , nemůže dojít k nepříznivému ovlivnění organismu.

Otázkou tedy zůstává hodnota míry K pro elektromagnetické vlny u člověka a tvar funkce f .

Bylo ukázáno (100), že pro chemické škodliviny, ohrožení teplem i škodlivým ionisujícím zářením je tato funkce dána součinem obou proměnných. Z přípustné analogie lze tedy pro vliv radiovln psát v pásmu vvf

$$K_{\text{vvt}} = N' \cdot t' \quad (6.2)$$

a v pásmu vf

$$K_{vf} = E' \cdot t' \quad (6.3)$$

Hodnoty s čárkou jsou maximální pro zachování rovnosti obou výrazů, a tedy K_{vf} a $K_{v\text{vf}}$ znamená maximálně přípustné ozáření v daném pásmu.

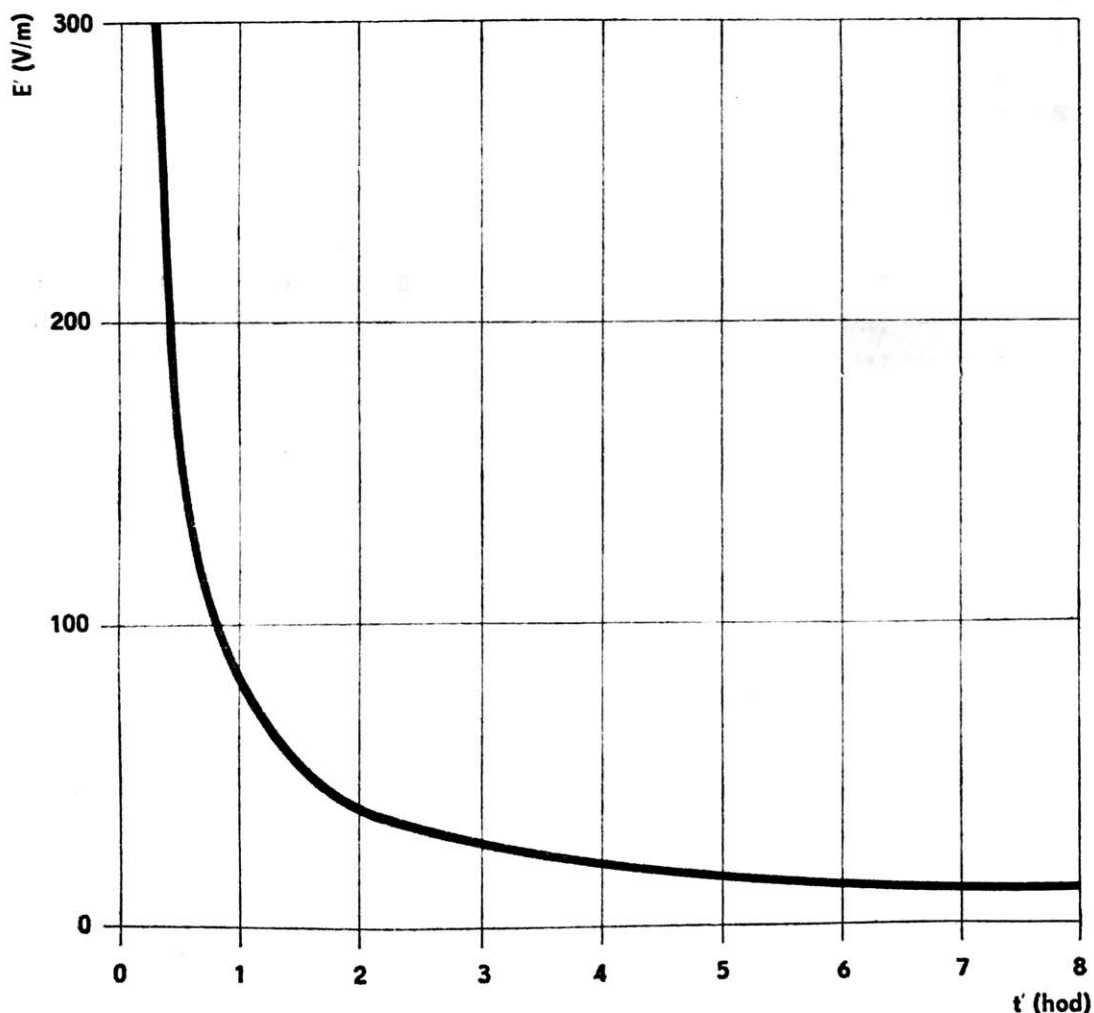
Součin skutečné intenzity pole a doby působení se pak nazývá ozáření O . Pro cm vlny např.

$$O_{v\text{vf}} = N \cdot t \quad (6.4)$$

Je zřejmé, že v praxi je nutno dbát na to, aby ozáření nepřevyšovalo maximálně přípustné hodnoty, proto

$$O \leq K \quad (6.5)$$

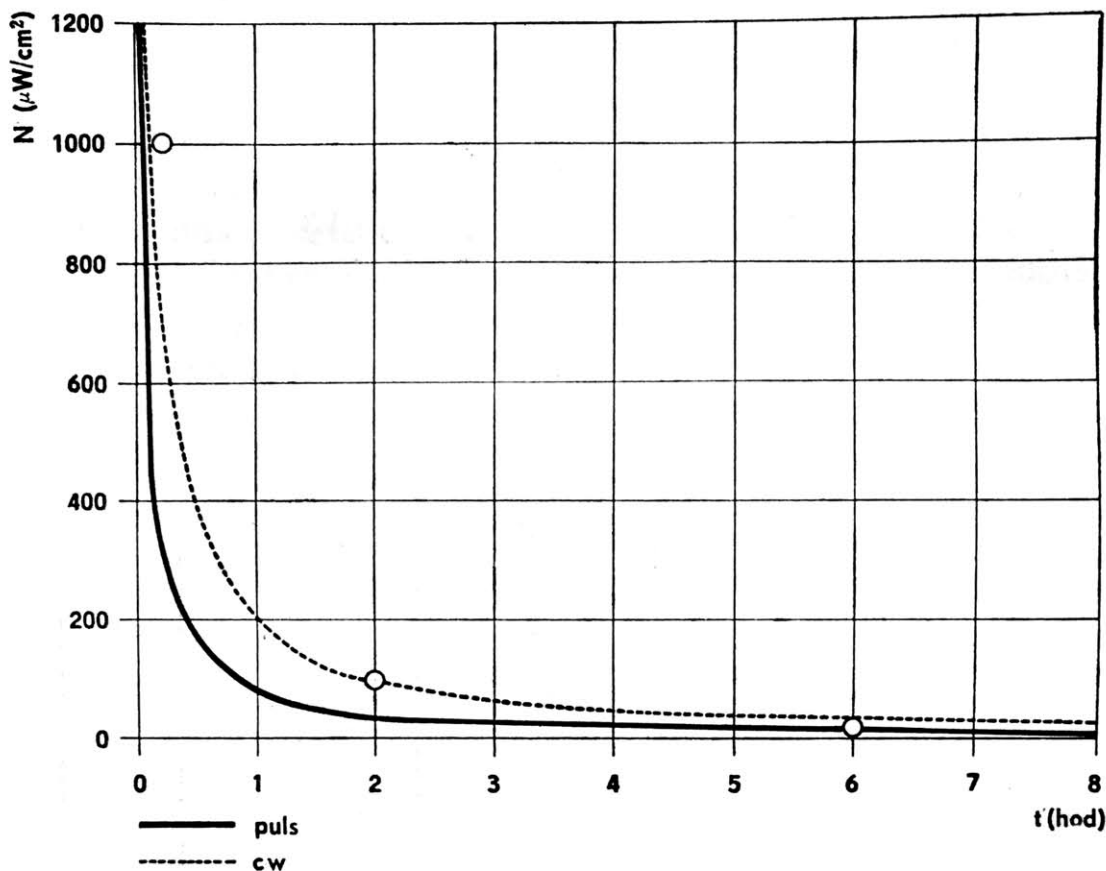
Hodnoty maximálně přípustného ozáření K pro obě pásma byly stanoveny na základě dosavadních ověřených znalostí o biologických účincích s vědomím, že mohou postihnout jen určitou průměrnou citlivost organismu při průměrných dílčích parametrech pole. Z tohoto důvodu byl u nás i v SSSR vzat v úvahu ještě určitý koeficient bezpečnosti.



Obr. 39 Maximálně přípustná intenzita pole v pásmu vf pro různou dobu ozáření během pracovního dne.

Pro praxi je výhodné grafické znázornění maximálních hodnot tak, jak je pro pásmo vř uvedeno na obr. 39 a pro vřf a oba druhy provozu na obr. 40. Zde jsou také kroužky zakresleny maximálně přípustné výkonové hustoty platné v SSSR pro šestihodinové, dvouhodinové a patnáctiminutové ozáření.

Dobrá shoda hodnot potvrzuje oprávněnost našeho přístupu při stanovení ozáření.



Obr. 40 Maximálně přípustná výkonová hustota v pásmu vřf pro různou dobu ozáření během pracovního dne platná v ČSSR. Křivka 1 nepřerušovaný (cw) provoz, křivka 2 pulsní provoz; ○ maximálně přípustné hodnoty platné v SSSR a Polsku.

V tab. 6 jsou v souhrnu uvedeny v současné době ve světě platné nebo doporučované hodnoty maximálně přípustných intenzit polí. Značné rozdíly ukazují na odchylný přístup k otázce biologických účinků i ochrany pracujících před tímto rizikem (157, 162). V USA panuje značná nerozhodnost ve stanovení maximálně přípustné intenzity (20, 265). Někteří autoři hájí hodnotu, při níž je oteplení organismu právě ještě snesitelné (36, 90, 125, 137, 281). Ozvaly se však hlasy, aby se tato intenzita označovala jako „toleranční hodnota“ a za maximálně přípustnou byla navržena výkonová hustota 1 mW/cm², přijatá jako norma v Bell Telephon Laboratories (155). Biologické účinky však je třeba očekávat počínaje intenzitou 0,1 mW/cm², což je další hodnota užívaná v USA (125). Při tom jsou vzata v úvahu chronická ozařování za spoluúčasti netepelných jevů. A to je také jedině správné hledisko. Navíc byl v SSSR

a u nás zvolen ještě bezpečnostní faktor 10, takže byla pro maximálně přípustnou intenzitu pole a celý pracovní den v pásmu cm vln přijata hodnota $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (77,279). Pro nepulsní provoz jako prokazatelně méně risikový byla

Tabulka 6

Přehled platných nebo doporučených hodnot maximálně přípustných intenzit polí elektromagnetických vln

Země autor	Kmitočet MHz	Maximálně přípustná intenzita	Poznámka
USA, Ely, T. S. Goldman D. E. (1957)	3000	100 mW/cm^2	celé tělo
		150 mW/cm^2	oči
		5 mW/cm^2	varlata
U. S. Army Forces (1958)	všechny	10 mW/cm^2	—
USA, Schwan H. P.	1000	30 mW/cm^2	celé tělo
Li K. (1956)	1000—3000	10 mW/cm^2	celé tělo
	3000	20 mW/cm^2	celé tělo
USA General Electric	700	1 mW/cm^2	—
USA Bell Telephon Laboratories (1956)	750—30 000	1 mW/cm^2	—
USA Mumford, W. (1956)	—	0,1 mW/cm^2	—
NATO (1956)	—	0,5 mW/cm^2	—
Švédsko (1963)	87	222 V/m	—
	87	25 V/m	—
Anglie	300	0,01 mW/cm^2	—
NSR (1962)	—	10 mW/cm^2	—
SSSR (1965)	0,1—1,5	20 V/m	—
		5 A/m	—
	1,5—30	20 V/m	—
	30—300	5 V/m	—
	> 300	0,01 mW/cm^2	pro 6 hod. denně
		0,1 mW/cm^2	pro 2 hod. denně
		1 mW/cm^2	pro 15 min. denně
Polsko (1961)	> 300	0,01 mW/cm^2	celý pracovní den
		0,1 mW/cm^2	2—3 hod. denně
		1 mW/cm^2	15—20 min. denně
ČSSR (1965)	> 300	0,025 mW/cm^2	nepřerušovaný
			pro 8 hod.*
		0,01 mW/cm^2	pulsní provoz
USA (1966)	0,01—300	10 V/m	—
Kanada (1966)	10—100 000	1m Wh/cm ²	pro každých 6 min.
	10—100 000	1m Wh/cm ²	pro každých 6 min.

* pro kratší expozici viz obr. 39 a 40

u nás přijata hodnota $25 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, navazující na maximální intenzitu elektrické složky $10 \text{ V}/\text{m}$.

Maximálně přípustná intenzita magnetické složky pole byla stanovena pouze v SSSR, a i tam ve velmi omezeném kmitočtovém pásmu.

6.2 SPECIFIČNOST STANOVENÍ INTENSITY POLE, RESP. VÝKONOVÉ HUSTOTY A OZÁŘENÍ

Na první pohled se může zdát, že problematika stanovení ozáření, vycházející zatím vlastně nepřímo ze stanovení intensity pole nebo výkonové hustoty, není nikterak obtížná a nová a že je vlastně vyřešena v souvislosti s běžnými potřebami technické praxe. Ve skutečnosti však lze ukázat, že tato úvaha platí jen do určité míry. Stačí pro to uvést některé důkazy. V první řadě je zřejmé, že ne každý člověk (a obecně vůbec jakýkoli předmět) je ovlivněn přítomností elektromagnetického pole stejně. O tom je dostatečně pojednáno v kapitole 3. Při tom je třeba zdůraznit, že poměrně výrazná kmitočtová závislost absorpce nemusí samozřejmě souhlasit s odezvou organismu. Problém je ostatně ještě komplexnější, uvědomíme-li si, že do nalezené kmitočtové závislosti absorpce vlastně nelze zahrnovat netepelný efekt (alespoň ne v plném rozsahu).

Kromě toho tělo zaujímá „poněkud“ větší prostor, než aby je bylo možno považovat za bodový objekt. Při tom však je nutná znalost celkové hodnoty přijímané energie, tzn. ze všech směrů a bez ohledu na polarizaci. To, že tělo není bodový objekt, by nemuselo být na překážku (alespoň ne při měření), je-li z hlediska generátoru v tzv. vzdálené oblasti (jak vyplývá z dalšího, přichází to v úvahu prakticky jen v pásmu cm vln), ale ve většině případů je nutno počítat s pobytem lidí v tzv. indukční nebo blízké oblasti, kde je pole značně nehomogenní samo o sobě, a nadto ještě ovlivněno přítomností těla. I kdyby však bylo možno toto nějak obejít a např. měřit v bezprostřední blízkosti těla, lze očekávat, že se vlivem přiblížení osoby k anténě určitým způsobem změní konfigurace pole okolo antény. To může mít vliv jak na činnost, tak na vlastnosti antény (změny původní charakteristické funkce záření, změny impedance). Pokus o řešení alespoň v hrubém přiblížení byl učiněn (110) a výsledky skutečně především potvrdily prudkou změnu impedance (vzrůstem resistance).

Další potíž spočívá v tom, že běžné měřiče intensity pole pro blízkou oblast jsou obvykle buď tak citlivé, že měření není bez speciálního snížení citlivosti možné, nebo naopak mají malou citlivost, nehledě už k některým dalším nevýhodám. Rovněž úplné stanovení ozáření výpočtem je spíše orientační, pokud je ovšem vůbec uskutečnitelné (jako je tomu např. právě v blízké zóně, kde složité obecné závislosti nedovolují výpočet zvláště tehdy, není-li vyzařovací prvek řádně definován).