

tyfikacji obiektów niebezpiecznych. Dyrektywa Seveso II (Redakcja: Żurek J.). Wyd.: GEA Sp. z o.o., Warszawa-Włocławek 2000

[10] Borysiewicz M., Dziembowski J., Milczarek A.: *Wytyczne planów ratowniczych dla instalacji magazynowania i przesyłu niebezpiecznych substancji chemicznych oraz instalacji procesowych z reaktorem chemicznym*. Wyd.: IChP, Warszawa 2000

[11] Borysiewicz M., Furtek A., Potemski S.: *Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi*. Wyd.: IEA, Otwock-Świerk 2000

[12] Milczarek A., Dziembowski J., Borysiewicz M.: *Pakiet materiałów wspomagających prowadzenie szkoleń dotyczących audytów bezpieczeństwa instalacji procesowych*. Wyd.: IChP, Warszawa 2000

[13] Michalik J.S., Kijewska D.T., Gajek A.: *Wykonywanie procedury zgłoszenia zakładów o zwiększonym oraz o dużym ryzyku poważnej awarii*

przemysłowej. Poradnik. Wyd.: CIOP, Warszawa 2001

[14] Zaleski B., Majka A., Grosset R., Kubicki W., Grunt-Mejer I.: *Poradnik. Plany operacyjno-ratownicze wewnętrzne i zewnętrzne*. (Redakcja: Michalik J.S.). Wyd.: CIOP, Warszawa 2001

[15] Borysiewicz M., Lisowska-Mieszkowska E., Żurek J.: *Systemy zintegrowanego zarządzania bezpieczeństwem procesowym w zakładzie przemysłowym oraz ochroną zdrowia i oddziaływaniem na środowisko*. (Redakcja: Michalik J.S.). Wyd.: CIOP, Warszawa 2001

[16] Borysiewicz M., Kacprzyk W., Żurek J.: *Poradnik zintegrowanych ocen ryzyka i zarządzania zagrożeniami w obszarach przemysłowych*. (Redakcja: Michalik J.S.). Wyd.: CIOP, Warszawa 2001

[17] I Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna pn. *Główne procedury zapobiegania poważnym awariom przemysłowym i ograniczania ich skutków*. CIOP, 13 marca 2001 r., Warszawa. Materiały konferencji. Wyd.: CIOP, Warszawa 2001

mgr inż. JOLANTA KARPOWICZ  
mgr inż. KRZYSZTOF GRYZ  
Centralny Instytut Ochrony Pracy

## Kontrola i kształtowanie warunków pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym Zakres częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz

Przesyłanie i przetwarzanie energii elektrycznej oraz wykorzystywanie fal radiowych do komunikacji bezprzewodowej, a także szerokie wykorzystanie energii pól elektromagnetycznych w różnorodnych procesach przemysłowych i w medycynie, to główne przyczyny występowania pól elektromagnetycznych w środowisku pracy i życia codziennego ludzi.

Powszechnie wiadomo, że energia pól elektromagnetycznych oddziałując bezpośrednio na organizm człowieka może być przyczyną niepożądanych efektów biologicznych, zmian funkcjonowania komórek, a nawet całego organizmu człowieka. Dyskusję na ten temat sprowokowały liczne doniesienia medialne nt. bezpieczeństwa telefonów komórkowych i linii energetycznych wysokiego napięcia. Obawy przed negatywnymi skutkami ekspozycji, niejednokrotnie są przyczyną nieuzasadnionego stresu odczuwanego w pobliżu wszelkiego rodzaju urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne.

Ponieważ ekspozycja zawodowa na pola o dużych natężeniach i długim czasie trwania może wpływać na zdrowie i zdolność do pracy, pola i promieniowanie elektromagnetyczne uznano za jeden z niebezpiecznych i szkodliwych czynników występujących w procesie pracy (PN-80/Z-08052). W przepisach krajowych ustalono warunki dopuszczalnej ekspozycji oddzielnie dla: ekspozycji zawodowej ogółu pracowników zatrudnionych przy eksploatacji źródeł pól elektromagnetycznych, ekspozycji pracowników młodocianych i kobiet w ciąży oraz w stosunku do ekspozycji ogółu ludności. Ze względu na to, że skutki ekspozycji są bardzo silnie uzależnione nie tylko od natężenia pól oraz od czasu trwania ekspozycji, ale również od charakterystyki zmienności natężenia pola w czasie – dopuszczalna ekspozycja zmienia się wraz z częstotliwością pól i promieniowania oddziałującego na człowieka.

Nowelizowane i ujednolicone zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w polach

*Praca wykonana w ramach Programu Wieloletniego (b. SPR-1) pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych*

elektromagnetycznych włączono do rozporządzenia ministra pracy i polityki społecznej na podstawie art. 228 § 3 Kodeksu pracy [4]. Postanowienia tego rozporządzenia, ustalające kryteria oceny czynników fizycznych i chemicznych występujących w procesie pracy, zawierają obecnie Część E: „Pola i promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie częstotliwości 0 Hz – 300 GHz”.

Wartości NDN pól elektromagnetycznych, zamieszczone w tym rozporządzeniu zostały oparte na projekcie opracowanym na podstawie wniosków ze szczegółowej analizy dotychczasowych przepisów krajowych, zaleceń międzynarodowych, między innymi ICNIRP'98, IEEE C95.1, ILO i WHO, projektów norm europejskich, rezultatów badań krajowych

oraz przeglądu światowego piśmiennictwa w zakresie biologicznego oddziaływania i skutków zdrowotnych ekspozycji na pola. Projekt ten został zaakceptowany przez Międzyresortową Komisję ds. NDS i NDN Czynniki Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy [1].

Przyjęty układ wartości dopuszczalnych koryguje wady dotychczasowego niejednorodnego systemu, który nie obejmował pełnego zakresu częstotliwości pól elektromagnetycznych, a jednocześnie umożliwia jak najszersze stosowanie w dalszym ciągu skutecznie funkcjonujących i sprawdzonych w długoletniej praktyce zasad systemu ochrony pracowników przed nadmierną ekspozycją.

ZNOWELIZOWANE WARUNKI  
DOPUSZCZALNEJ EKSPOZYCJI ZAWODOWEJ

### Strefy ochronne bezpieczeństwa i higieny pracy w polach elektromagnetycznych

Ochrona przed nadmierną ekspozycją wymaga kontroli warunków ekspozycji pracowników w silnych polach elektromagnetycznych w pobliżu źródeł pól. Obszar ten nazwano strefami ochronnymi. W niektórych przypadkach czas ekspozycji pracownika w ciągu zmiany roboczej jest skracany. W rozporządzeniu ujednolicono dotychczasowe zasady przebywania pracowników w strefach ochronnych (niebezpiecznej, zagrożenia i pośredniej). Granice stref ochronnych zostały ustalone dla wszystkich częstotliwości z zakresu od 0 Hz do 300 GHz, po raz pierwszy w zakresach częstotliwości 0–50 Hz i 50–1000 Hz. Strefa pośrednia została zdefiniowana dla wszystkich zakresów częstotliwości, po raz pierwszy w zakresie poniżej 100 kHz. Strefa ta umożliwia wyraźne odseparowanie nadzorowanej ekspozycji pracowników w strefie zagrożenia (krócej niż 8 godzin) od niekontrolowanej ekspozycji ogółu ludności (do 24 godzin na dobę), uwzględnia stosunkowo dużą niepewność pomiaru warunków ekspozycji,



a także niezbędne ograniczenie narażenia pracowników młodocianych i kobiet w ciąży oraz osób postronnych, przebywających w pobliżu czynnych źródeł pól. Osoby te powinny przebywać jedynie w strefie bezpiecznej – wyraźnie różniącej się od strefy zagrożenia, w której obowiązuje skracanie zmianowego czasu ekspozycji. Jest to szczególnie istotne ze względu na to, że normy środowiskowe

nie obowiązują na terenie zakładu pracy, gdzie mogą również przebywać osoby nie zatrudnione, np. dostawcy lub petenci w biurach.

Zasady przebywania pracowników w strefach ochronnych są obecnie [4] następujące (rys.):

– *strefa niebezpieczna (SN)* – obszar, w którym nie wolno przebywać zarówno ludności, jak i pracownikom (przebywa-

nie w tym obszarze dozwolone jest jedynie w specjalnych kombinacjach ekranujących, ograniczających narażenie) – dolna granica strefy niebezpiecznej odpowiada dopuszczalnej ekspozycji w ciągu pojedynczych minut na zmianę roboczą (w niektórych przypadkach dopuszcza się również ekspozycję kończyn na pola w tej strefie),

– *strefa zagrożenia (SZ)* – obszar, w którym mogą przebywać jedynie pracownicy zatrudnieni przy źródłach pól – po przejściu specjalistycznego przeszkolenia i poddaniu się badaniom lekarskim, które wykażą brak przeciwwskazań do zatrudnienia w zasięgu pól ekspozycji zawodowej. W strefie zagrożenia można przebywać przez czas ograniczony, krótszy niż 8 godzin na dobę, tak aby przebywanie w polach występujących na stanowisku pracownika oraz specyfika pracy źródła pola i jego obsługi nie spowodowało przekroczenia dopuszczalnego wskaźnika ekspozycji – dolna granica strefy zagrożenia odpowiada dopuszczalnej ekspozycji w ciągu 8 godzin na zmianę roboczą,

– *strefa pośrednia (SP)* – obszar zdefiniowany podobnie do strefy zagrożenia, w którym czas przebywania nie podlega ograniczeniom w ramach całej 8-godzinnej zmiany roboczej.

– *strefa bezpieczna (SB)* – obszar poza strefami, w którym dozwolona jest jedynie ekspozycja zawodowa.

### Wielkości charakteryzujące ekspozycję pracowników

Zgodnie z postanowieniami rozporządzenia ministra pracy i polityki społecznej [4] pola i promieniowanie elektromagnetyczne na stanowiskach pracy charakteryzowane są jednocześnie przez następujące wielkości normatywne:

- widmo częstotliwości [ $f$ , w Hz],
- natężenie pola magnetycznego o ogólnym działaniu na organizm człowieka (w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 3 GHz) [ $H$ , w A/m],
- natężenie pola elektrycznego o ogólnym

działaniu na organizm człowieka (w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz) [ $E$ , w V/m],

– natężenie pola magnetycznego o działaniu miejscowym na kończyny pracownika – ręce do łokci i nogi do kolan (w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 800 kHz) [ $H$ , w A/m],

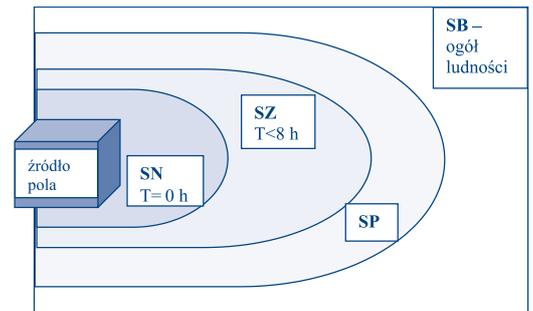
– dozę rzeczywistą pola magnetycznego strefy zagrożenia, o ogólnym działaniu na organizm człowieka [ $D_H$ , w (A/m)<sup>2</sup>h lub T<sup>2</sup>h],

– dozę rzeczywistą pola elektrycznego strefy zagrożenia, o ogólnym działaniu na organizm człowieka [ $D_E$ , w (V/m)<sup>2</sup>h],

– wskaźnik ekspozycji dla dozy rzeczywistej pola elektrycznego i dozy rzeczywistej pola magnetycznego w strefie zagrożenia ( $W$ ).

Wartości graniczne natężenia pola elektrycznego, jako podstawowe kryterium oceny ekspozycji w całym zakresie częstotliwości do 300 GHz, ustalono, aby zmniejszyć błąd metody oceny i oprzeć ją na wielkości z reguły faktycznie mierzanej, ponieważ podstawą pomiaru wielkości używanej dotychczas, tj. gęstości mocy promieniowania mikrofalowego jest zwykle pomiar natężenia pola elektrycznego i przeskalowanie wskazań miernika – ale przy założeniu wykonywania pomiarów w polu dalekim. Dotychczas wartości graniczne powyżej częstotliwości 300 MHz były ustalone tylko dla gęstości mocy promieniowania, tzn. wielkości fizycznej, która w polu bliskim, gdzie są często sytuowane stanowiska pracy, może być oceniona na podstawie pomiarów wykonanych wymienionym tu miernikiem z bardzo dużym błędem.

Wartości graniczne natężenia pola magnetycznego ustalono w poszerzonym zakresie częstotliwości aż do 3 GHz, co skutkuje bardziej rygorystycznym skracaniem dopuszczalnego czasu pracy w obszarze strefy zagrożenia. W polach mikrofalowych powyżej 300 MHz, gdzie dotychczas obowiązywał wzór z czwartą potęgą natężenia pola elektrycznego,



Rys. Strefy ochronne

zmniejszono różnicę oceny po zmianie sposobu obliczania dozy.

Nowelizacja norm dopuszcza wykonanie oceny ekspozycji pracownika również na podstawie pomiarów indukcji magnetycznej B lub gęstości mocy S (w obszarze promieniowania tzn. w strefie dalekiej).

### Wartości graniczne określające dopuszczalną ekspozycję

Zgodnie z głównymi zasadami przyjętymi w rozporządzeniu najwyższe dopuszczalne natężenia czynnika fizycznego szkodliwego dla zdrowia, podobnie jak najwyższe dopuszczalne stężenia czynników chemicznych i pyłowych, ustalono na poziomie, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i tygodniowego, określonego w Kodeksie pracy, wymiaru czasu pracy, przez okres jego aktywności zawodowej, nie powinno spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń. W stosunku do pola i promieniowania elektromagnetycznego z zakresu częstotliwości (0 Hz – 300 GHz) podstawowe kryteria zostały ustalone w odniesieniu do dopuszczalnej ekspozycji w ciągu 8 godzin dziennie, czyli jako wartości graniczne między strefą zagrożenia a pośrednią (tab. 1 i 2) [4]. Natomiast ustanowione wartości doz dopuszczalnych w połączeniu ze wskaźnikiem ekspozycji określają warunki ekspozycji w skróconym czasie w

Tabela 1

DOPUSZCZALNE WARTOŚCI NATĘŻENIA POŁA ELEKTRYCZNEGO  $E_e(f)$  I GĘSTOŚCI MOCY  $S_e(f)$  ORAZ DOZY DOPUSZCZALNE WYRAŻONE DLA NATĘŻENIA POŁA ELEKTRYCZNEGO  $Dd_e(f)$  I GĘSTOŚCI MOCY  $Dd_s(f)$ . WARTOŚCI GĘSTOŚCI MOCY  $S$  OBLICZONO KORZYSTAJĄC Z ZALEŻNOŚCI OBOWIĄZUJĄCEJ DLA FALI PŁASKIEJ, tj.  $S = E^2/377$

Zakres częstotliwości	$E_e(f)$ , V/m	$S_e(f)$ , W/m <sup>2</sup>	$E_l(f)$ , V/m	$S_l(f)$ , W/m <sup>2</sup>	$E_z(f)$ , V/m	$S_z(f)$ , W/m <sup>2</sup>	$Dd_e(f)$	$Dd_s(f)$ , (W/m <sup>2</sup> )h
0 Hz ≤ $f$ ≤ 0,5 Hz	10000	-	20000	-	40000	-	3200 (kV/m) <sup>2</sup> h	-
0,5 Hz < $f$ ≤ 300 Hz	5000	-	10000	-	20000	-	800 (kV/m) <sup>2</sup> h	-
0,3 kHz < $f$ ≤ 1 kHz	100/(3f)	-	100/f	-	1000/f	-	0,08/f <sup>2</sup> (kV/m) <sup>2</sup> h	-
1 kHz < $f$ ≤ 3 MHz	33,3	-	100	-	1000	-	0,08 (kV/m) <sup>2</sup> h	-
3 MHz < $f$ ≤ 15 MHz	100/f	-	300/f	-	3000/f	-	0,72/f <sup>2</sup> (kV/m) <sup>2</sup> h	-
15 MHz < $f$ ≤ 3 GHz	6,66	0,12 <sup>a)</sup>	20	1,1 <sup>a)</sup>	200	106 <sup>a)</sup>	3200 (V/m) <sup>2</sup> h	-
3 GHz < $f$ ≤ 300 GHz	0,053f+6,5	(0,003f+0,33) <sup>2</sup>	0,16f+19,5	(0,008f+1) <sup>2</sup>	1,6f+195	(0,08f+10) <sup>2</sup>	(f/2+55) <sup>2</sup> (V/m) <sup>2</sup> h	(0,02f+2,85) <sup>2</sup>

Uwagi:

<sup>a)</sup> – w przypadku promieniowania o częstotliwości powyżej 150 MHz,

$f$  – częstotliwość w jednostkach podanych w kolumnie „zakres częstotliwości”;  $h$  – godziny,

$E_0$  – dolna granica strefy pośredniej (natężenie pola rozgraniczające strefę pośrednią od strefy bezpiecznej),

$E_l$  – dolna granica strefy zagrożenia (natężenie pola rozgraniczające strefę zagrożenia od strefy pośredniej),

$E_z$  – dolna granica strefy niebezpiecznej (natężenie pola rozgraniczające strefę niebezpieczną od strefy zagrożenia),

$Dd_s(f)$  – doza dopuszczalna gęstości mocy, wyrażona zależnością:  $Dd_s(f) = 8 S_l(f)$ .

Dla pól impulsowych dodatkowo powinien być spełniony warunek:

$E_{max\ imp} < 4,5$  kV/m ( $S_{max\ imp} < 54$  kW/m<sup>2</sup>) w zakresie częstotliwości (0,1 GHz <  $f$  ≤ 3 GHz),

$E_{max\ imp} < 0,43f + 3,2$  kV/m ( $S_{max\ imp} < 13,7f + 12,9$  kW/m<sup>2</sup>) w zakresie częstotliwości (3 GHz <  $f$  ≤ 10 GHz),

$E_{max\ imp} < 7,5$  kV/m ( $S_{max\ imp} < 150$  kW/m<sup>2</sup>) w zakresie częstotliwości (10 GHz <  $f$  ≤ 300 GHz)

gdzie:  $E_{max\ imp}$  – maksymalna wartość natężenia pola w impulsie;  $S_{max\ imp}$  – maksymalna gęstość mocy w impulsie;  $f$  w GHz.

Tabela 2

DOPUSZCZALNE WARTOŚCI NATĘŻENIA POŁA MAGNETYCZNEGO  $H_e(f)$  I INDUKCJI MAGNETYCZNEJ  $B_e(f)$  ORAZ DOZA DOPUSZCZALNA WYRAŻONA DLA NATĘŻENIA POŁA MAGNETYCZNEGO  $Dd_H(f)$  I INDUKCJI MAGNETYCZNEJ  $Dd_B(f)$

Zakres częstotliwości	$H_e(f)$ , A/m	$B_e(f)$ , μT	$H_l(f)$ , A/m	$B_l(f)$ , μT	$H_z(f)$ , A/m	$B_z(f)$ , μT	$Dd_H(f)$	$Dd_B(f)$
0 Hz ≤ $f$ ≤ 0,5 Hz	2666	3333	8000	10000	80000	100000	512 (kA/m) <sup>2</sup> h	800 (mT) <sup>2</sup> h
0,5 Hz < $f$ ≤ 50 Hz	66,6	83,3	200	250	2000	2500	0,32 (kA/m) <sup>2</sup> h	0,5 (mT) <sup>2</sup> h
0,05 kHz < $f$ ≤ 1 kHz	10/(3f)	12,5/(3f)	10/f	12,5/f	100/f	125/f	800/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> h	1250/f <sup>2</sup> (μT) <sup>2</sup> h
1 kHz < $f$ ≤ 800 kHz	3,3	4,2	10	12,5	100	125	800 (A/m) <sup>2</sup> h	1250 (μT) <sup>2</sup> h
0,8 MHz < $f$ ≤ 150 MHz	8/(3f)	10/(3f)	8/f	10/f	80/f	100/f	512/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> h	800/f <sup>2</sup> (μT) <sup>2</sup> h
0,15 GHz < $f$ ≤ 3 GHz	0,018	0,022	0,053	0,066	0,530	0,660	0,022 (A/m) <sup>2</sup> h	0,035 (μT) <sup>2</sup> h

Uwagi:

$f$  – częstotliwość w jednostkach podanych w kolumnie „zakres częstotliwości”;  $h$  – godziny,

$H_0$  – dolna granica strefy pośredniej (natężenie pola rozgraniczające strefę pośrednią od strefy bezpiecznej),

$H_l$  – dolna granica strefy zagrożenia (natężenie pola rozgraniczające strefę zagrożenia od strefy pośredniej),

$H_z$  – dolna granica strefy niebezpiecznej (natężenie pola rozgraniczające strefę niebezpieczną od strefy zagrożenia).

ciągu zmiany roboczej i pełnią rolę podobną do NDSCh (najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe) dla czynników chemicznych. Wartości graniczne dla strefy niebezpiecznej, określone w rozporządzeniu jako pochodne w stosunku do wartości ustalających dolną granicę strefy zagrożenia, można traktować jako odpowiednik NDSP (najwyższe dopuszczalne stężenie pułapowe) dla czynników chemicznych. Są to wartości, które nie mogą być przekraczane w żadnym momencie w miejscu, w którym znajduje się pracownik.

Wprowadzono jednolite dla pól elektromagnetycznych wszystkich częstotliwości zasady oceny ekspozycji w strefie zagrożenia opierając się na dozie, zdefiniowanej jako kwadrat natężenia pola i czasu ekspozycji oraz wskaźnika ekspozycji. Metodę obliczania dopuszczalnego czasu przebywania w strefie zagrożenia na podstawie dozy rzeczywistej i wskaźnika ekspozycji, zarówno w odniesieniu do stałych, jak i zmiennych stanowisk pracy szczegółowo określono z powodów formalnych w normach [5]. Przykładowo, w przypadku stałego stanowiska pracy, na którym pracownik przebywa w strefie zagrożenia przez czas  $t$  godzin na zmianę roboczą, w polu elektrycznym o częstotliwości  $f$  i natężeniu  $E(f)$  oraz równocześnie w polu magnetycznym o częstotliwości  $f$  i natężeniu  $H(f)$ , zgodnie z normą [5] wskaźnik ekspozycji należy wyznaczyć ze wzoru:

$$W = \frac{E(f)^2 t}{Dd_e(f)} + \frac{H(f)^2 t}{Dd_h(f)}$$

Wprowadzono jednolite zależności między wartościami granicznymi dla poszczególnych stref ochronnych: dla strefy pośredniej ustalono „szerokość  $\times 3$ ” (czyli stosunek górnej wartości granicznej w tej strefie do dolnej wynoszący 3), a dla strefy zagrożenia  $\times 10$ . Przyjęta szerokość strefy zagrożenia wraz z definicją dozy i ustalonymi wartościami doz dopuszczalnych oznacza bardzo krótki dopuszczalny czas ekspozycji

(4,8 min) w ciągu zmiany roboczej na granicy strefy niebezpiecznej. W stosunku do pól elektrycznych o częstotliwościach mniejszych od 300 Hz ustalono wyjątek przyjmując „szerokość” stref ochronnych (zagrożenia i pośredniej)  $\times 2$ , tak aby dopuszczalny czas pracy w strefie zagrożenia pól o częstotliwości 50 Hz był nie krótszy niż 2 godziny (analogicznie do postanowień, obowiązującego do 1998 r. zarządzenia ministra górnictwa i energetyki), a granicę strefy bezpiecznej ustalało pole o natężeniu 5 kV/m (identycznie jak wartość dopuszczalna dla ogółu ludności w najnowszej, nieobligatoryjnej rekomendacji Rady Europy z 1999 r.).

Wartości NDN pola magnetycznego dla zakresu częstotliwości 0,5–50 Hz, zostały ustalone na poziomie nieznacznie niższym niż dotychczasowe wartości dopuszczalne dla częstotliwości przemysłowej. Wartości NDN dla pola magnetostaticznego pozostały bez zmian. Dla pól magnetycznych małej częstotliwości (w rozszerzonym w stosunku do dotychczasowych zasad oceny zakresie częstotliwości, aż do 800 kHz) podano zasady zwiększonego lokalnego – ograniczonego do kończyn dopuszczalnego narażenia w strefie niebezpiecznej.

Badania własne wykazały, że prądy indukowane w organizmie człowieka w polach elektromagnetycznych mniejszych niż dotychczasowa granica strefy niebezpiecznej mogą przekraczać w niektórych zakresach częstotliwości wartości uznawane na podstawie badań biomedycznych za dopuszczalne [1], a także wartości graniczne strefy niebezpiecznej w tych zakresach były znacznie większe niż wartości dopuszczalne dla ekspozycji zawodowej (8-godzinnej) wg ICNIRP'98: dla pola elektrycznego w zakresie częstotliwości ok. 5–10 MHz ponad 10-krotnie większe, a dla pola magnetycznego w zakresie częstotliwości ok. 0,1–10 MHz nawet kilkaset razy większe. Obniżono zatem granice dopuszczalnej ekspozycji wprowadzając

wartości NDN płynnie zmieniające się z częstotliwością (w pobliżu 10 MHz). W ten sposób usunięto również skoki wartości dopuszczalnych przy częstotliwościach granicznych. Wartości graniczne były dotychczas przyjęte na stałym, niezależnym od częstotliwości poziomie wewnątrz poszczególnych pasm częstotliwości, z dużymi skokami na krańcach pasm. Z tego powodu ocena ekspozycji pracowników obsługujących bardzo podobne źródła pól, o częstotliwościach zbliżonych do częstotliwości granicznej mogła znacznie się różnić, chociaż natężenia pól na stanowiskach pracy były identyczne (np. w pobliżu częstotliwości 10 MHz, gdzie wartości graniczne dla pola elektrycznego zmieniały się 3,5 razy, a pole magnetyczne było brane pod uwagę w czasie oceny jedynie w przypadku pól o częstotliwości poniżej 10 MHz).

Maksymalną wartość graniczną gęstości mocy dla zakresu mikrofalowego do 3 GHz pozostawiono na dotychczasowym poziomie ok. 100 W/m<sup>2</sup>, tj. 200 V/m w strefie dalekiej. Powyżej tej częstotliwości przyjęto płynnie wzrastające z częstotliwością wartości dopuszczalne, ze względu na wzrastającą rolę powierzchniowego pochłaniania energii promieniowania elektromagnetycznego w tym zakresie częstotliwości, tak aby przy częstotliwości 300 GHz zbliżyć wartości dopuszczalne dla promieniowania mikrofalowego do wartości dopuszczalnych dla promieniowania podczerwonego.

Ustalono po raz pierwszy wartości dopuszczalne ekspozycji na pola modulowane impulsowo, w postaci maksymalnej dopuszczalnej wartości szczytowej natężenia pola elektrycznego –  $E_{max imp}$ . Brak takich ograniczeń był dotychczas bardzo niekorzystny, ze względu na prawdopodobieństwo występowania swoistych efektów biologicznych, indukowanych impulsami promieniowania o bardzo dużych wartościach natężenia w krótkotrwałym impulsie. Efekty te nie

występują w przypadku promieniowania ciągłego o tej samej wartości średniej natężenia pola. Potrzeba uwzględnienia specyfiki promieniowania mikrofalowego o zmiennym okresowo rozkładzie przestrzennym gęstości mocy dotyczy głównie cywilnych i wojskowych urządzeń radiolokacyjnych. W niedługim czasie zagadnienie to może również dotyczyć anten stacji bazowych telefonii komórkowej, zmieniających dynamicznie kierunek emisji w kierunku największego nasilenia łączności.

### Przepisy uzupełniające

Ze względu na nowelizację przepisów o NDN pól elektromagnetycznych opracowano również projekty nowelizacji norm PN-89/T-06580/01/03 [5], aby uzupełnić ich zakres do potrzeb wynikających z nowelizacji rozporządzenia w sprawie NDN oraz ujednolicić stosowaną terminologię i metody badań warunków pracy w polach.

Omówiona nowelizacja rozporządzenia ministra pracy i polityki społecznej [4] weszła w życie z dn. 23 lipca br. Równocześnie utraciły moc prawną dotychczasowe przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy w polach elektromagnetycznych tworzone sukcesywnie od 1972 r. dla poszczególnych zakresów częstotliwości: promieniowania mikrofalowego 0,3–300 GHz (DzU nr 21/72, poz. 153, DzUrZ MZiOS nr 17/72), pola elektrycznego 0,1–300 MHz i magnetycznego 0,1–10 MHz (DzU nr 8/77, poz. 33), pola magnetostatycznego, magnetycznego 50 Hz, elektrycznego i magnetycznego 1–100 kHz (DzU nr 79/98, poz. 513), pola elektrycznego 50 Hz (MP nr 3/85, poz. 24 – straciło ważność już wcześniej na skutek nowelizacji ustawy o ochronie środowiska).

Terminologię dotyczącą zagrożeń elektromagnetycznych, metody wykonywania pomiarów pól elektromagnetycznych dla wymienionych zakresów częstotliwości oraz parametry przyrządów stosowanych do wykonywania pomiarów określono w polskich normach: PN-72/T-04900, PN-77/T-01025, PN-77/T-06581, PN-77/T-06582, PN-89/T-06580, PN-90/T-06583, PN-90/T-06584, PN-IEC 833:1997. Nowelizacja norm PN-89/T-06580 spowoduje równocześnie anulowanie norm PN-77/T-01025, PN-

77/T-06581, PN-77/T-06582. Los pozostałych norm dotychczas nie został ustalony.

Granice stref ochronnych pól i promieniowania elektromagnetycznego oraz zasady dopuszczalnej ekspozycji w poszczególnych strefach są więc odpowiednikami ustalonych krajowymi przepisami wartości NDS i NDN stosowanych do oceny warunków pracy w razie występowania na stanowisku innych czynników fizycznych i chemicznych. Są także odpowiednikami środowiska kontrolowanego, zdefiniowanego w szeroko stosowanych na świecie normach IEEE C95.1, 1999 i STANAG 2345 oraz dopuszczalnych wartości tzw. ekspozycji zawodowej i ogółu ludności wg ICNIRP'98, ENV 50166:1995 (anulowanej w 2000 r.) i nieobligatoryjnej rezolucji Rady Europy (Council Recommendation 1999/915/EC).

Nowy układ wartości dopuszczalnych jest bardziej zbliżony do propozycji ICNIRP'98 niż dotychczasowy.

Określenie NDN pól elektromagnetycznych dla całego pasma częstotliwości 0–300 GHz wprowadziło jednolite zasady kontroli i kształtowania warunków pracy osób zatrudnionych w polach o różnych częstotliwościach, wynikające jednoznacznie z Kodeksu pracy i stosownych przepisów wykonawczych. Z tego powodu anulowanie dotychczasowych przepisów w tym zakresie nie powinno spowodować utrudnień w sprawnym funkcjonowaniu całego systemu prawnego związanego z bezpieczeństwem i higieną pracy w polach, ponieważ właściciel i użytkownik urządzeń, które są źródłami pól elektromagnetycznych, obowiązany jest – zgodnie z krajowymi przepisami – do wielu działań zapewniających ich bezpieczną dla ludzi i środowiska eksploatację. Pracodawca (art. 207 Kodeksu pracy) ponosi odpowiedzialność za stan bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie pracy. Obowiązany jest m.in. zawiadomić w ciągu 2 tygodni właściwego inspektora pracy i inspektora sanitarnego o rozpoczętej działalności związanej z wytwarzaniem pól elektromagnetycznych. Pracodawca zobligowany jest stosować maszyny i urządzenia zabezpieczające pracownika przed promieniowaniem, ustalić stopień szkodliwości dla zdrowia pracowników stosowanych procesów technologicz-

nych, informować pracowników o ryzyku zawodowym związanym z ekspozycją na pola elektromagnetyczne oraz stosować środki ograniczające ich oddziaływanie, przeprowadzać na swój koszt pomiary pól elektromagnetycznych w środowisku pracy, zapewnić pracownikom odpowiednie profilaktyczne badania lekarskie, szkolenie w zakresie bezpiecznego wykonywania pracy i środki ochrony indywidualnej (Dział X Kodeksu pracy).

Obowiązki te sprecyzowane są w wielu przepisach ogólnych, m.in.:

- rozporządzenie MZiOS z dnia 9 lipca 1996 r. o pomiarach czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 86/1996, poz. 394) – aktualnie w nowelizacji,

- rozporządzenie MZiOS z dnia 30 maja 1996 r. o badaniach lekarskich (DzU nr 69/1996, poz. 332),

- rozporządzenie MPiPS z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie szczegółowych zasad szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy (DzU nr 62/1996, poz. 285)

- rozporządzenie RM z dnia 2 września 1997 r. o służbie bhp (DzU nr 109/1997, poz. 704),

- rozporządzenie MPiPS z dnia 26 września 1997 r. o ogólnych przepisach bhp (DzU nr 129/1997, poz. 844).

Dopuszczalne narażenie młodocianych i kobiet w ciąży jest mniejsze niż ogółu pracowników. Kobiet w ciąży nie wolno zatrudniać w warunkach narażenia na pola o natężeniach większych niż ze strefy bezpiecznej (DzU nr 114/1996, poz. 545). Po nowelizacji rozporządzenia w sprawie NDN pól elektromagnetycznych zasady ekspozycji kobiet w ciąży będą jednolicie zdefiniowane dla pól wszystkich częstotliwości, co nie miało dotychczas miejsca, ponieważ poniżej 1 kHz nie była określona granica strefy bezpiecznej – z wyjątkiem pól magnetycznych stałych i 50 Hz.

Tak więc, rozporządzenie dotyczące prac wzbronionych kobietom nie wymaga nowelizacji w celu dostosowania do rozporządzenia w sprawie NDN. Dopuszczalne narażenie pracowników młodocianych (DzU nr 85/1990, poz. 500) ustalono podając wartości liczbowe natężeń pól elektrycznych i magnetycznych stałych oraz zmiennych o częstotliwościach 50 Hz i powyżej 1 kHz, w taki

sposób, że zezwolono na ekspozycję pracowników młodocianych jedynie w strefie bezpiecznej lub w pewnych zakresach strefy pośredniej. Aby ujednoczyć zasady dopuszczalnej ekspozycji dla pracowników młodocianych oraz uzupełnić brakujące zakresy częstotliwości, planowana jest nowelizacja tego rozporządzenia. Do czasu jego zmiany proponuje się traktowanie ekspozycji młodocianych na pola o częstotliwości poniżej 1 kHz analogicznie do ekspozycji osób postronnych i kobiet w ciąży – czyli dopuszczać ich ekspozycję tylko w strefie bezpiecznej.

\* \* \*

Pola elektromagnetyczne w środowisku pracy mogą być nie akceptowane nie tylko z powodu bezpośredniego oddziaływania na ludzi, ale również z powodu niepożądanego oddziaływania na urządzenia techniczne. Przykładowo, ponieważ większość monitorów komputerowych z lampą kineskopową skonstruowana jest w taki sposób, że w zewnętrznych polach magnetycznych częstotliwości przemysłowej o indukcji przekraczającej wartość rzędu  $0,5 \div 1,0 \mu\text{T}$  na ekranie widoczne jest wyraźne drżenie obrazu. W pomieszczeniach przeznaczonych do pracy przy komputerze pola magnetyczne 50 Hz nie powinny przekraczać  $0,5 \mu\text{T}$ . Obowiązek zapewnienia przez pracodawcę odpowiednich warunków pracy wzrokowej (obraz na ekranie stabilny, bez tętnień lub innych form niestabilności) wynika z rozporządzenia ministra pracy i polityki socjalnej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe (DzU nr 149, poz. 973, 1998).

Silne pola elektromagnetyczne mogą powodować również zjawiska inicjujące wypadki, m.in. zakłócać działanie różnego typu urządzeń sterujących lub aparatury medycznej. Ponieważ zjawiska te są nieobojętne dla bezpieczeństwa ludzi przebywających w pobliżu źródeł pól elektromagnetycznych bardzo ważne jest przestrzeganie zasad *kompatybilności elektromagnetycznej* urządzeń, aby zmniejszyć prawdopodobieństwo ich występowania oraz stosować oznakowanie ostrzegawcze obszarów silnych pól.

W świetle prowadzonych obecnie intensywnych badań epidemiologicznych (wg danych WHO ponad 200 szeroko

zakrojonych programów badawczych) i laboratoryjnych nad skutkami zdrowotnymi długotrwałej ekspozycji na pola elektromagnetyczne, należy przyjąć, że wątpliwości dotyczące niepożądanego oddziaływania pól o natężeniach uznawanych obecnie przez zalecenia międzynarodowe za dopuszczalne – są dotychczas nie rozstrzygnięte. Wskazana jest zatem daleko idąca ostrożność w czasie tworzenia przepisów dotyczących ekspozycji ludzi i ewentualnego łagodzenia ich postanowień. Rozsądek podpowiada również, że należy unikać ekspozycji zbędnej i jak najszerzej stosować rozwiązania techniczne i organizacyjne, ograniczające ekspozycję (zasada ALARA).

#### PIŚMIENNICTWO

[1] Korniewicz H., Karpowicz J., Gryz K., Aniołczyk H., Zmyślony M., Kubacki R., Ciołek Z.: *Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz*.

*Dokumentacja proponowanych znowelizowanych wartości dopuszczalnych ekspozycji zawodowej*. PIMOŚ, nr 2, Warszawa 2001

[2] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 1 grudnia 1990 r. w sprawie wykazu prac wzbromionych młodocianym. DzU nr 85, 1990, poz. 500

[3] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbromionych kobietom. DzU nr 114, 1996, poz. 545

[4] Rozporządzenie ministra pracy i polityki społecznej z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 4, 2001, poz. 36

[5] prPN-T-065890:2001 *Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz*. Arkusz 01. Terminologia. Arkusz 03. Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy. W: Korniewicz H., Karpowicz J., Gryz K., Aniołczyk H., Zmyślony M., Kubacki R., Ciołek Z.: *Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz. Dokumentacja proponowanych znowelizowanych wartości dopuszczalnych ekspozycji zawodowej*. PIMOŚ, nr 2 (28), Warszawa 2001