

1. Uwagi wstępne do Opinii Instytutu Łączności – Państwowego Instytutu Badawczego (IŁ-PIB)

W związku z pojawiającymi się kilkakrotnie w Opinii IŁ-PIB uwagami dotyczącymi zawężenia omawianego w Raporcie zakresu częstotliwości wyłącznie do fal milimetrowych, pragniemy zwrócić uwagę, że dokładnie tego zakresu dotyczyło zamówienie Ministerstwa Zdrowia, co zostało ujęte w tytule Raportu: „**Oddziaływanie elektromagnetycznych fal milimetrowych na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5G i populacji generalnej**”. W związku z tym wszelkie analizy dotyczyły jedynie źródeł promieniowania milimetrowego w odniesieniu do obowiązujących standardów środowiskowych, bez uwzględniania innych systemów - dlatego również nie uwzględniono ewentualnego oddziaływania wynikającego z implementacji warstw sieci 5G funkcjonujących w niższych pasmach częstotliwości (700 MHz, czy 3,4 – 3,8 GHz). Autorzy Raportu chcą zapewnić anonimowych autorów Opinii IŁ-PIB, iż zdają sobie sprawę, że „*na poziomy PEM po uruchomieniu sieci 5G wpływ będą miały nie tylko stacje bazowe sieci 5G, ale również stacje bazowe sieci 2G (GSM), 3G (UMTS) oraz 4G (LTE)*”. Jak pokazano w dalszej części odpowiedzi, prezentowana w raporcie metodyka jest możliwa również do analizy wszystkich źródeł PEM, niezależnie od częstotliwości. Pragniemy również nadmienić, że w pierwotnej wersji Raportu, mimo iż wykraczało to poza zakres tematu raportu, częściowo je uwzględniliśmy, analizując obecne poziomy PEM w środowisku, ale na żądanie anonimowych recenzentów („Poza zakresem opracowania – do usunięcia.”) fragment ten został usunięty z Raportu. Podobnie ustalony z Ministerstwem Zdrowia zakres opracowania przekraczała analiza prognoz rosnącego zapotrzebowania na usługi mobilne.

Należy również zwrócić uwagę, że wbrew słowom Autorów Opinii IŁ-PIB w całym raporcie nie ma próby oceny, „*czy zapewnienie efektywnego funkcjonowania sieci 5G będzie wymagało zwiększenia dopuszczalnych poziomów emisji PEM w Polsce*” – co najwyżej przeprowadzono analizę jakie warunki powinny być spełnione, żeby dotrzymanie obowiązującego dopuszczalnego poziomu PEM w środowisku było możliwe.

2. Odniesienie do Uwag do Rozdziału 2:

2.1. Analiza pojedynczej stacji bazowej.

Jednym z celów raportu było oszacowanie możliwości emisji PEM z systemów 5G w pasmach fal milimetrowych (o czym świadczy już tytuł raportu) przy założeniach dotyczących proponowanych w dokumentach standaryzujących maksymalnych EIRP stacji bazowych i w odniesieniu do polskich przepisów ochrony środowiska i strefy pośredniej w BHP. Przyjęte do analizy parametry stacji bazowej odpowiadają założeniom systemu 5G w pasmach fal milimetrowych. Wyznaczono maksymalną EIRP kierowaną w zadany obszar zapewniającą zachowanie standardów środowiska oraz określono obszar „oświetlenia” taką wiązką przy spadku poziomu o 3dB.. Zarzut o nieadekwatności wszystkich analiz wynikający jakoby z przyjętych założeniach „*wyizolowanej ze środowiska stacji bazowej*” jest nieuzasadniony, ponieważ w tekście wyraźnie określono warunki symulacji, co więcej bezpośrednio pod wynikami napisano, co należy zrobić, jeżeli dany punkt ma być oświetlony kilkoma wiązkami – np. z różnych systemów – podano tam uproszczony – bardzo zachowawczy wzór na ograniczenie maksymalnej EIRP dla każdej wiązki składowej - aby wypadkowe lub jak wolą autorzy Opinii IŁ-PIB – skumulowane PEM nie przekroczyło wartości dopuszczalnej. Przy okazji dla bardziej dociekliwych poniżej podano bardziej restrykcyjną i dokładną zależność na wymagania dla skumulowanego PEM od wielu systemów o tej samej mocy każdy:

$$EIRP_n [dBm] = (EIRP_{max} - 10 \cdot \log_{10}(n)) [dBm]$$

Zauważono również, że wzajemne przesunięcie kierunków maksymalnego promieniowania wiązek antenowych poszczególnych systemów czy różnych anten o odległość równą chociaż wyznaczonemu promieniowi „oświetlenia” obszaru D_{-3dB} pozwala na wiele emisji o wyznaczonej w analizach maksymalnej EIRP. Jest to zresztą wniosek uniwersalny pozwalający w wielu przypadkach uniknąć

kumulacji PEM w jednym małym obszarze, gdzie mogą wystąpić przekroczenia wartości dopuszczalnych – niezależnie od systemu – także dla systemów bez sterowanych wiązek. Przykład z tabeli 2.4.8 Raportu IMP – przyjmijmy, że mamy do czynienia z typowymi antenami sektorowymi o kącie połowy mocy w płaszczyźnie pionowej 6° . Anteny zawieszono na wys. 25m – i jedna z nich (lub jedno z pasm częstotliwości) ma tilt 6° stopni i „wyczerpuje” zasoby środowiska na poziomie np. 6,8V/m. W takiej sytuacji wystarczy druga antenę o EIRP również „wyczerpującej” 6,8V/m (lub drugie pasmo tej samej anteny) ustawić z tiltem 5° lub 7° i w żadnym punkcie nie wystąpi przekroczenie wartości dopuszczalnej 7V/m. Właśnie takie podejście podsumowano w raporcie wnioskiem, „*że przy racjonalnym sterowaniu mocą sygnału dla wiązek śledzących użytkowników w pasmach do 40 GHz istnieje możliwość zachowania standardów ochrony środowiska obowiązujących w Polsce*” [Raport IMP s. 34] Uwagi, że pojedyncza stacja bazowa jest niereprezentatywna, ponieważ systemy komórkowe pracują w sieci nie można uznać za zbyt trafną w kontekście analiz związanych z ekspozycją na środowisko, ponieważ jak powszechnie wiadomo, podział na komórki ma właśnie na celu rozgraniczenie przestrzenne oddziaływania poszczególnych elementów systemu i dla zapewnienia kompatybilności wewnętrznej oraz optymalizacji zasobów radiowych, sieci projektuje się tak, żeby poszczególne komórki zachodziły na siebie na stosunkowo małym obszarze a tym samym z punktu widzenia pola skumulowanego zjawisko to nie ma praktycznie żadnego znaczenia – pola od komórek sąsiednich są tak małe w porównaniu od PEM w obszarze największego promieniowania komórki analizowanej, że ich wpływ można pominąć – co będzie pokazane w dalszej części odpowiedzi na uwagi Autorów Opinii IŁ-PIB. Jednocześnie przypadek sumarycznej mocy różnych systemów tej samej stacji rozwiązuje wzór 2.4.4. w Raporcie IMP.

2.2. Dobór modelu

Autorzy Opinii IŁ-PIB uznali, że przyjęty model fali kulistej jest dopuszczalny i był nawet stosowany w początkowej części opracowań IŁ – szkoda, że nie rozwinęli myśli i nie przedstawili jakie inne bardziej skomplikowane modele do oceny natężenia pola w otoczeniu źródła proponują zastosować. Model fali cylindrycznej zastosowany również przez IŁ-PIB jest modelem adekwatnym tylko w stosunkowo małej odległości od anteny i w tych obszarach daje wyniki niższe od modelu fali kulistej – więc model fali kulistej w tym obszarze jest bardziej „prośrodowiskowy” – zawyżający w bezpośrednim otoczeniu anteny rzeczywiste natężenia pola. Nie jest prawdą, że w raporcie nie sygnalizowano efektów kumulacji – po raz kolejny przywołać należy wzór 2.4.4 [Raport IMP s. 22] na ograniczenia maksymalnej EIRP przy występowaniu w danym obszarze więcej niż PEM od jednej wiązki anteny (czy też od jednego systemu – co jest zamienne bo interesujące są poziomy PEM a nie rodzaje systemów).

2.3. Analizowane zakresy częstotliwości

Autorzy Opinii IŁ-PIB zauważyli, że raport omawia całościowo planowane do wykorzystania w systemach 5G zakresy częstotliwości, jednak jak już podkreśliliśmy, uwaga krytyczna o ograniczeniu części analitycznej tylko do zakresu 15-100GHz jest niezbyt fortunna w kontekście zakresu raportu IMP zatytułowanego: „Oddziaływanie elektromagnetycznych **fal milimetrych** na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5g i populacji generalnej”.

Uwaga/zarzut, że analizy tłumienia zostały przeprowadzone tylko dla skrajnych częstotliwości jest zdecydowanie nietrafiona. Przedstawienie dwóch skrajnych parametrów pozwala na określenie zmienności tłumienia w całym paśmie – a to głównie chodziło. Analogicznie można się odnieść do uwagi Autorów Opinii IŁ-PIB, że przyjęte do analiz założenia dla fal milimetrych nie są adekwatne dla niższych częstotliwości. Autorzy Opinii IŁ-PIB mają oczywiście rację – praktycznie wszystkie składowe tłumienia fal radiowych w środowisku dla fal milimetrych są znacznie większe niż dla częstotliwości poniżej 6GHz – ale to oznacza, że uzyskanie tych samych efektów w postaci poziomu sygnału w miejscu odbioru będą dla pasm <6GHz możliwe przy znacznie niższych mocach promieniowanych, czyli wykorzystanie analiz EIRP vs poziom sygnału przeprowadzonych dla fal milimetrych z pewnością będzie też poprawne z dużym zapasem dla częstotliwości niższych. Oczywiście nie dotyczy to wielkości obszarów „oświetlenia” polem zbliżonym do wartości

dopuszczalnej (choć w płaszczyźnie pionowej kąt połowy mocy na poziomie 6° jest stosowany w antenach dla pasm już powyżej 1800 MHz). Zarzutów co do stosowania uogólnień typu: „sformułowania, że *„anteny systemu 5G będą charakteryzować się bardzo wąskimi wiązkami promieniowania”*, nie można uznać ogólnie za prawdziwe, bo na pewno w przypadku sieci 5G pracujących w paśmie 700 MHz prawdziwe nie będzie” [Opinia IŁ s. 7] nie można uznać za zasadne w kontekście zakresu raportu IMP podkreślonego jego już przywoływanym tutaj tytułem: **„Oddziaływanie elektromagnetycznych fal milimetrowych na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5g i populacji generalnej”**.

Ostatnia uwaga Autorów Opinii IŁ-PIB: „Podobnie, sformułowanie zawarte we wniosku cyt. *«przy racjonalnym sterowaniu mocą sygnału dla wiązek śledzących użytkowników istnieje możliwość zachowania standardów ochrony środowiska obowiązujących w Polsce (7 V/m) w pasmach do 40 GHz» jest nieuprawnione, nawet w odniesieniu wyłącznie do sieci 5G, gdyż w paśmie 700 MHz antenowe wiązki śledzące nie będą stosowane*” [Opinia IŁ-PIB s. 7-8] jest niespójna sama w sobie, ponieważ przytoczony cytat z raportu jednoznacznie odnosi się do wiązek śledzących, więc wniosek Autorów Opinii IŁ-PIB, że „*stwierdzenie jest nieuprawnione nawet w odniesieniu wyłącznie do sieci 5G, gdyż w paśmie 700 MHz antenowe wiązki śledzące nie będą stosowane*” wskazuje na niedokładne przeczytanie zacytowanego przez tychże Autorów zdania.

Autorzy Opinii IŁ-PIB zwrócili także uwagę na efekt kumulacji PEM od różnych źródeł, ilustrując ten efekt pomiarami szerokopasmowymi i stwierdzając jednocześnie: „*Wyniki pomiarów PEM, uzyskane w związku z realizacją przez Instytut Łączności – PIB kampanii pomiarowych PEM w latach 2016-2018, wskazują na to, że biorąc pod uwagę rozbudowaną infrastrukturę telekomunikacyjną, planowane wdrożenie sieci 5G przy obecnie obowiązującej wartości dopuszczalnej w środowisku (7 V/m), może być istotnie utrudnione. Wyniki przeprowadzonych pomiarów selektywnych wskazują, że w wielu lokalizacjach nie będzie możliwe skuteczne zgłoszenie nowych instalacji, zgodnie z obowiązującymi przepisami Prawa ochrony środowiska*” [Opinia IŁ-PIB s. 6, tożsame z Raport z pomiarów PEM 2018 IŁ-PIB, s.19 – dostęp: <https://pem.itl.waw.pl/raporty/raport-pomiary-p%C3%B3l-elektromagnetycznych-pem-wytwarzanych-przez-stacje-bazowe-telefonii-kom%C3%B3rkowej-2018/>]. Analiza raportów z pomiarów IŁ-PIB [dostęp: <https://pem.itl.waw.pl/raporty/raport-pomiary-p%C3%B3l-elektromagnetycznych-pem-wytwarzanych-przez-stacje-bazowe-telefonii-kom%C3%B3rkowej/> oraz <https://pem.itl.waw.pl/raporty/raport-pomiary-p%C3%B3l-elektromagnetycznych-pem-wytwarzanych-przez-stacje-bazowe-telefonii-kom%C3%B3rkowej-2018/>] pozwala nieco inaczej spojrzeć na uzyskane wyniki – na ponad 4,8 tysiąca pionów pomiarowych stwierdzono 1 przekroczenie wartości dopuszczalnej z pomiarów szerokopasmowych i 25 potencjalnych przekroczeń z ekstrapolacji wyników pomiarów selektywnych. Poza dyskusją pozostawiamy miarodajność przyjętej metodyki wyznaczenia współczynnika ekstrapolacji jako sugerowanego przez producenta miernika – a nie na podstawie rzeczywistych danych od operatorów, ponieważ nie zmienia to znacząco całościowej analizy wyników. Daje to wynik na poziomie ok. 0,5% potencjalnych przekroczeń, a przekroczeń rzeczywiście stwierdzonych – poniżej 1 promila. Autorzy raportu z pomiarów piszą, że do pomiarów typowano miejsca, gdzie spodziewano się możliwie dużych natężeń PEM – można więc uznać że te szacunki są co najmniej reprezentatywne, jeśli nawet nie zawyżone względem średniej w środowisku. Nie ma, co prawda, w raportach zestawiania liczby punktów vs zmierzone natężenie pola poniżej wartości dopuszczalnej, ale krótki przegląd wyników pozwala przyjąć, że w ok. 100 punktach na 4880 przekroczone została połowa dopuszczalnego w środowisku natężenia pola - 3,5V/m.

Przyjmijmy więc tę wartość jako poziom PEM, przy którym „startuje” system 5G. Korzystając ze znanej zależności na wartość skuteczną wypadkowego natężenia pola:

$$E_{wyp} = \sqrt{\sum_n E_n^2}$$

i z jej przekształcenia mamy:

$$E_{max_5G} = \sqrt{7^2 - 3,5^2} = \sqrt{49 - 12,25} \approx 6V/m$$

Oznacza to, że jeżeli obecnie w środowisku występuje natężenie PEM $E_{\text{przed}_5G}=3,5$ V/m, to można jeszcze dołożyć 6V/m zachowując standardy środowiskowe. Oznacza to też, że projektując system 5G na maksymalne natężenie w miejscach dostępnych dla ludności na $E_{\text{max}_5G}=6$ V/m zamiast 7 V/m – zapewni się w większości przypadków spełnienie wymagań prawa ochrony środowiska przy istniejących już systemach komórkowych. W praktyce oznacza to, że wszystkie moce maksymalne EIRP wyliczone dla 7 V/m należy zmniejszyć o 27% lub odjąć od poziomu mocy wyznaczonej w dBm 1,35dB. Oczywiście każdy taki projekt będzie wymagał analizy „pola zastanego” – ale w praktyce tak to powinno odbywać się również teraz przy projektowaniu każdej stacji bazowej.

2.4. Analiza PEM, a wzrost zapotrzebowania na usługi mobilne

Wydaje się, że ten rozdział Opinii IŁ-PIB nie ma odniesienia do opiniowanego Raportu – celem tego Raportu nie była w żadnej mierze analiza zapotrzebowania na usługi mobilne czy pojemności ani nawet projektowanie nowych czy modernizacji istniejących sieci. Jest to zadanie dla operatorów – zresztą jak piszą Autorzy Opinii IŁ-PIB – już częściowo zrealizowane przez Instytut Łączności.

Konieczne jest jednak ustosunkowanie się do uwag z dwóch ostatnich akapitów Opinii IŁ-PIB. Jej Autorzy zarzucili, że przedstawione w konkluzji do p. 2.4 raportu informacje są zbyt ogólne, a dodatkowo „*Poważnym mankamentem przedstawionej analizy jest fakt, że – co przyznają sami Autorzy Raportu IMP – marginesy te dotyczą wyłącznie zakresów częstotliwości powyżej 40 GHz, a więc nie mają zastosowania do zdecydowanej większości funkcjonujących obecnie systemów radiokomunikacyjnych, a także nawet dla części planowanych zakresów dla 5G (np. pasmo 26 GHz)*” [Opinia IŁ-PIB s. 8]

Przytoczmy właściwy fragment raportu IMP: „*Podsumowując przeprowadzone analizy, można stwierdzić, że przy racjonalnym sterowaniu mocą sygnału dla wiązek śledzących użytkowników w pasmach do 40 GHz istnieje możliwość zachowania standardów ochrony środowiska obowiązujących w Polsce. Powyżej 40 GHz – nawet w najgorszym przypadku – przy pełnej dopuszczalnej mocy i dla punktu obserwacji odległego o 5 m od podstawy anteny, do przekroczenia obowiązującego limitu dopuszczalnego natężenia pola w środowisku będzie zapas ok. 10 dB – będzie to np. margines na pola pochodzące od innych źródeł PEM. Jeżeli przyjmie się, że wiązki nie będą sterowane, a jedynie ustawione tak, żeby maksimum energii trafiało na granicę komórki UMa, to nawet przy maksymalnych wartościach EIRP według FCC [2016] standardy środowiska będą spełnione dla kanału o $B = 400$ MHz dla częstotliwości poniżej 40 GHz. Dla komórek UMi (przyjmując, że mikrokomórki pracować będą w pasmach powyżej 40 GHz) do przekroczenia obowiązującego limitu dopuszczalnego natężenia pola w środowisku będzie zapas ok. 30 dB. W praktyce oznacza to możliwość znacznego zagęszczenia sieci w razie potrzeby.*”

Jak wynika z przytoczonego kompletnego fragmentu Raportu, zapis o rezerwie 10 do 30 dB dotyczy sytuacji, kiedy wykorzystana zostanie maksymalna dopuszczalna EIRP zgodnie ze standardem FCC na stacjach pracujących powyżej 40 GHz. Dla częstotliwości niższych faktycznie mogą wystąpić przekroczenia, jeżeli wykorzystana zostanie maksymalna moc dopuszczalna przez standardy – to właśnie w celu oszacowania mocy niepowodujących przekroczeń przeprowadzono analizy. Dla stacji pracujących poniżej 40GHz – w zależności od tiltu anten – punktu „w który „wycelowana” jest wiązka anteny – dopuszczalne EIRP podano w tabelach [Raport IMP ss. 33-34]. Jeżeli wyniki z Raportu obniży się np. o 10dB – to zapewni się w takiej sytuacji – analogicznie jak powyżej 40GHz – zapas 10dB.

Jednocześnie, być może warto wyjaśnić, co w praktyce oznacza 10dB zapasu do wartości dopuszczalnej. Oznacza to tyle, że wykorzystanie jest 10% „zasobów” energetycznych PEM, a tym samym w obszarze działania tej stacji może działać jeszcze 9 innych stacji bazowych z taką samą EIRP każda. Zapas 30dB, to wykorzystanie 1/1000 zasobów, czyli w tym obszarze może się jeszcze „zmieścić” 999 identycznych co do EIRP stacji bazowych –niezależnie od systemu – 2G, 3G, 4G czy 5G. Czy to wystarczy? Być może nie jest to wprost odpowiedź na obawy Autorów Opinii IŁ-PIB: „*do przekroczenia wartości dopuszczalnej PEM w środowisku (7 V/m) uzyskano marginesy 10 dB i 30 dB, zależnie od przypadku, które mogą stanowić zapas na PEM pochodzące od innych źródeł, np. w razie konieczności zagęszczenia infrastruktury radiokomunikacyjnej. Abstrahując od wcześniej przedstawionych uwag odnośnie przeprowadzonych analiz, tak ogólne informacje w żaden sposób nie*

dają odpowiedzi na pytanie, czy rzeczywiście będzie to margines wystarczający w kontekście skali przewidywanego rozwoju infrastruktury radiokomunikacyjnej, a co za tym idzie – nieuniknionego wzrostu poziomów PEM” [Opinia IŁ-PIB s. 8], ale pozwala to na oszacowanie „zapasów”.

3. Odniesienie do Uwag do Rozdziału 3:

Uwzględnienie w przeglądzie literatury większej liczby prac nowszych było niemożliwe ze względu na brak takich prac. Wszystkie najnowsze prace zostały wykorzystane. Analogicznie niewiele jest prac, które analizują oddziaływanie słabych pól o częstotliwościach fal milimetrycznych.

Mechanizmy oddziaływania elektromagnetycznych fal milimetrycznych (EFM) zostały wyczerpująco omówione w rozdziałach 3.1.2 i 3.1.3. Dokładne zaznajomienie się z treścią tych rozdziałów wyjaśniłoby znaczenie zacytowanych, wyjętych z kontekstu zdań, które budzą wątpliwości anonimowych Autorów Opinii IŁ-PIB. Zarzut dotyczący błędnej klasyfikacji mechanizmu opisanego w pracy Hinrikus i wsp. jest niesłuszny, ponieważ mechanizm ten polega przede wszystkim na zmianie uporządkowania struktury rozpuszczalnika, a nie na zmianie jego energii. Co więcej, jak zaznaczono w Raporcie: „Opisany mechanizm oddziaływania PEM potwierdza, że charakter efektu różni się od efektu cieplnego.”

Nie można się również zgodzić z tezą autorów Opinii IŁ-PIB, jakoby „nie miało znaczenia, czy cząsteczki wody poruszają się szybciej na skutek naświetlania tkanki falami milimetrycznymi, czy też na przykład promieniowaniem podczerwonym”, gdyż w Raporcie omówiono prace, z których wynika, że inne efekty biologiczne obserwowano na skutek ogrzewania przy pomocy EFM, niż przy ogrzewaniu promieniowaniem podczerwonym.,

Omówienie oddziaływań terapeutycznych miało na celu wykazanie, że oddziaływanie EFM na skórę powoduje zmiany różnych funkcji organizmu.

Celem autorów Raportu było przedstawienie publikacji zamieszczonych głównie w recenzowanych czasopiśmie z listy filadelfijskiej. Jeśli anonimowi autorzy Opinii IŁ-PIB mają wątpliwości co do mechanizmów opisanych w pracy Blank i Goodman, być może powinni skonfrontować się z autorami tej pracy zamieszczając swoje krytyczne uwagi na łamach International Journal of Radiation Biology.

W opinii autorów Raportu tezy cytowanych apeli, zwłaszcza dotyczącej konieczności zintensyfikowania badań dotyczących działania biologicznego PEM (w tym EFM), są uzasadnione dokonany dla potrzeb Rozdziału 3 Raportu przeglądem literatury.

4. Odniesienie do analiz wykonanych przez Instytut Łączności – PIB

Autorzy Raportu nie do końca rozumieją pojawienie się w opinii na temat tego Raportu rozdziału opisującego opracowanie Instytutu Łączności PIB, ponieważ opracowanie te w ogóle nie dotyczy pasma powyżej 6GHz.

Odnosząc się jednak merytorycznie do opracowania IŁ-PIB w zakresie analizy wymaganej pojemności sieci [Raport A IŁ-PIB dostęp: <https://www.il-pib.pl/images/stories/raporty/pdf/PIIT/Raport-IL-Zadanie-A-Analiza-wykonalnosci-wdrozenia-uslug-w-technologie-5G.pdf>] nie sposób się nie zgodzić, że przy przyjętych założeniach obecne sieci nie podążają temu zadaniu. Co więcej, przyjęte założenie dołożenia nowych systemów do istniejących stacji bazowych również nie jest rozwiązaniem optymalnym z jednego prostego powodu – obecna sieć stacji bazowych operuje na komórkach o zbyt dużym zasięgu. Dla uzyskania odpowiednio dużej pojemności sieci niezbędne jest zagęszczenie stacji bazowych – co jest jedną z podstawowych idei sieci 5G. Co więcej jest to rozwiązanie jak najbardziej prośrodowiskowe, bo dla stacji o mniejszym zasięgu wystarczają mniejsze moce promieniowane. Można wręcz powiedzieć, że będziemy mieć do czynienia z energią skierowaną do mniejszej grupy użytkowników na mniejszej przestrzeni (nawet pomijając wiązki śledzące abonentów), a tym samym będą mniejsze straty energii generowanej do środowiska. Dla przykładu: jeden sektor obecnej stacji bazowej UMTS o zasięgu użytkowym 600 m i sektorze 120 stopni pokrywa obszar ok. 360 000 m² i nawet, jeżeli okaże się, że większość abonentów przebywa w jednym, stosunkowo małym obszarze komórki, to energia niezbędna do prowadzenia transmisji musi być wypromieniowana w przestrzeń obejmująca całą komórkę. Dla komórek mniejszych – ta sama moc była by wypromieniowana w mniejszym obszarze. Z drugiej strony, jeżeli

abonenci są rozrzućeni po całej komórce, to i tak dla ich obsługi potrzeba wyemitować określoną energię reprezentowaną przez EIRP w całym obszarze komórki. Jeżeli przyjmiemy, że dla każdego abonenta potrzeba „100 W EIRP” a abonentów jest 20, to całkowita moc EIRP wyniesie 2kW. Podział takiej dużej komórki na kilka mniejszych – tak że w każdej znajdzie się np. 5 abonentów - będzie skutkowało koniecznością wyemitowania tylko 500 W EIRP dla każdej komórki. Mimo tego, że sumaryczna moc EIRP będzie taka sama – to dzięki przestrzennemu rozdzielaniu energii - natężenie pola w całym obszarze będzie znacznie mniejsze. Nie dziwi więc, że przyjmując niezmienną sieć stacji bazowych i próbując uzyskać zwiększenie pojemności tylko przez dołożenie nowych systemów uzyskuje się znaczne obciążenie środowiska emitowanym PEM. Przy okazji warto zauważyć, że w analizach IŁ-PIB bierze się pod uwagę kanały szerokości 10 do 20 MHz (i prawidłowo, ponieważ zasoby w proponowanych pasmach poniżej 6GHz nie pozwalają na więcej), to w pasmach EFM jako jednostka podstawowa rozważany jest kanał o szerokości 100 MHz i jego wielokrotności do 400 MHz. Pojedynczy kanał 100MHz w zakresie fal milimetrycznych zastępuje praktycznie całe dostępne zasoby pasma 700 MHz. To jednoznacznie pokazuje dlaczego w 5G przewiduje się stosowanie zakresu fal milimetrycznych i jakie to daje możliwości uzyskania wymaganej pojemności sieci przy rozsądnym obciążeniu środowiska emitowanym PEM. Jednocześnie zmniejszanie komórek wymaga stosowania anten o większych kierunkowościach, a takie znacznie łatwiej uzyskać przy wyższych częstotliwościach, gdzie anteny mają mniejsze wymiary geometryczne. Jest to jeden z przyczynków do wykorzystania w systemach 5G pasm fal milimetrycznych – o czym IŁ-PIB nie wspomina w swoich opracowaniach.

Analizy w Raporcie B IŁ-PIB [dostęp: <https://www.il-pib.pl/images/stories/raporty/pdf/PIIT/Raport-IL-Zadanie-B-Analiza-wykonalnosci-wdrozenia-uslug-w-technologie-5G.pdf>] wykazały, że przy przyjętych założeniach na wymagania pojemności sieci, nie będzie możliwa instalacja stacji bazowych umieszczonych na wysokości 6-25 m [Raport IŁ-PIB zadanie B, Tabela 1, s.11, dostęp: <https://www.il-pib.pl/images/stories/raporty/pdf/PIIT/Raport-IL-Zadanie-B-Analiza-wykonalnosci-wdrozenia-uslug-w-technologie-5G.pdf>]. Pomijając fakt, że aktualne standardy 5G sugerują minimalną wysokość zawieszenia anten mikrokomórek zewnętrznych na wys. 10m, być może warto przyjąć w analizach filozofię „ile można?” (takie podejście przyjęto w Raporcie IMP określając dopuszczalne EIRP dla określonych założeń), a nie „czy można?” – dla przyjętych z góry wymagań (podejście IŁ-PIB).

Przyjmując założenia IŁ-PIB zgodne z danymi z Tabeli 1, s.11 Raportu B IŁ-PIB niżej przeliczone zostaną maksymalne dopuszczalne EIRP zapewniające spełnienie standardów środowiskowych dla proponowanych przez IŁ-PIB scenariuszy instalacji stacji bazowych. Z analizy opracowania IŁ-PIB wynika, że dla każdej stacji bazowej przyjęto system o całkowitej EIRP= 9 x 10W = 90W. Czyli np. oznaczeniu w kolumnie pierwszej Tabeli 1 „40DBM” odpowiada moc 90W – czyli w przybliżeniu 49 dBm (dB względem mW). Przy okazji warto zauważyć że w analizie IŁ-PIB przyjęto, że anteny stacji bazowych promieniują pełną mocą bezpośrednio w dół, co jest raczej przypadkiem niespotykanym w praktyce. W poniższej analizie przyjęto dwa podejścia: podejście IŁ-PIB, czyli punkt dostępny dla ludności na wys. 2 m bezpośrednio pod anteną (zakładając jak IŁ-PIB, że antena promieniuje bezpośrednio w dół) oraz przypadek praktyczny anteny o możliwie szerokiej wiązce w płaszczyźnie pionowej (jako antenę nadawczą wybrano dipol półfalowy o kącie połowy mocy 90° ustawiony pionowo) i wyznaczono jako minimalną odległość miejsca dostępnego dla ludności na wys. 2 m nad poziomem terenu, nad którym zawieszono antenę na kierunku 45 stopni – kącie połowy mocy z uwzględnieniem 3dB spadku mocy na tym kierunku). Dodatkowo wyznaczono ograniczone EIRP, przyjmując, że instalację 5G buduje się w miejscu, gdzie już działają inne systemy i zastane natężenie pola wynosi 3,5 V/m jak przyjęto w p. 2.3. niniejszego opracowania.

| h - wysokość zawieszenia anteny | r - odległość do punktu dostępnego dla ludności | dopuszczalne EIRP na wys. 2mmpt dla Emax=7V/m | | dopuszczalne EIRP na wys. 2mmpt dla Emax=6V/m | | r45 stopni - odległość do punktu dostępnego dla ludności przy kącie promieniowania 45 | dopuszczalne EIRP na wys. 2mmpt dla Emax=7V/m | | dopuszczalne EIRP na wys. 2mmpt dla Emax=6V/m | |
|---------------------------------|---|---|----------|---|----------|---|---|----------|---|----------|
| [m] | [m] | EIRP [W] | EIRP dBm | EIRP [W] | EIRP dBm | r45 stopni | EIRP | EIRP dBm | EIRP [W] | EIRP dBm |
| 6 | 4,0 | 26 | 44,2 | 19 | 42,8 | 5,7 | 53 | 47,2 | 39 | 45,9 |
| 6,5 | 4,5 | 33 | 45,2 | 24 | 43,9 | 6,4 | 67 | 48,3 | 49 | 46,9 |
| 7 | 5,0 | 41 | 46,1 | 30 | 44,8 | 7,1 | 83 | 49,2 | 61 | 47,8 |
| 7,5 | 5,5 | 49 | 46,9 | 36 | 45,6 | 7,8 | 100 | 50,0 | 74 | 48,7 |
| 8 | 6,0 | 59 | 47,7 | 43 | 46,4 | 8,5 | 119 | 50,8 | 88 | 49,4 |
| 8,5 | 6,5 | 69 | 48,4 | 51 | 47,1 | 9,3 | 140 | 51,5 | 103 | 50,1 |
| 9 | 7,0 | 80 | 49,0 | 59 | 47,7 | 10,0 | 162 | 52,1 | 119 | 50,8 |
| 9,5 | 7,5 | 92 | 49,6 | 68 | 48,3 | 10,7 | 186 | 52,7 | 137 | 51,4 |
| 10 | 8,0 | 105 | 50,2 | 77 | 48,9 | 11,4 | 212 | 53,3 | 156 | 51,9 |
| 10,5 | 8,5 | 118 | 50,7 | 87 | 49,4 | 12,1 | 239 | 53,8 | 176 | 52,5 |
| 11 | 9,0 | 132 | 51,2 | 97 | 49,9 | 12,8 | 268 | 54,3 | 197 | 52,9 |
| 11,5 | 9,5 | 147 | 51,7 | 108 | 50,3 | 13,5 | 299 | 54,8 | 220 | 53,4 |
| 12 | 10,0 | 163 | 52,1 | 120 | 50,8 | 14,2 | 331 | 55,2 | 243 | 53,9 |
| 12,5 | 10,5 | 180 | 52,6 | 132 | 51,2 | 15,0 | 365 | 55,6 | 268 | 54,3 |
| 13 | 11,0 | 198 | 53,0 | 145 | 51,6 | 15,7 | 401 | 56,0 | 294 | 54,7 |
| 13,5 | 11,5 | 216 | 53,3 | 159 | 52,0 | 16,4 | 438 | 56,4 | 322 | 55,1 |
| 14 | 12,0 | 235 | 53,7 | 173 | 52,4 | 17,1 | 477 | 56,8 | 350 | 55,4 |
| 14,5 | 12,5 | 255 | 54,1 | 188 | 52,7 | 17,8 | 517 | 57,1 | 380 | 55,8 |
| 15 | 13,0 | 276 | 54,4 | 203 | 53,1 | 18,5 | 560 | 57,5 | 411 | 56,1 |
| 15,5 | 13,5 | 298 | 54,7 | 219 | 53,4 | 19,2 | 603 | 57,8 | 443 | 56,5 |
| 16 | 14,0 | 320 | 55,1 | 235 | 53,7 | 19,9 | 649 | 58,1 | 477 | 56,8 |
| 16,5 | 14,5 | 343 | 55,4 | 252 | 54,0 | 20,6 | 696 | 58,4 | 512 | 57,1 |
| 17 | 15,0 | 367 | 55,7 | 270 | 54,3 | 21,4 | 745 | 58,7 | 547 | 57,4 |
| 17,5 | 15,5 | 392 | 55,9 | 288 | 54,6 | 22,1 | 796 | 59,0 | 585 | 57,7 |
| 18 | 16,0 | 418 | 56,2 | 307 | 54,9 | 22,8 | 848 | 59,3 | 623 | 57,9 |
| 18,5 | 16,5 | 445 | 56,5 | 327 | 55,1 | 23,5 | 902 | 59,5 | 662 | 58,2 |
| 19 | 17,0 | 472 | 56,7 | 347 | 55,4 | 24,2 | 957 | 59,8 | 703 | 58,5 |
| 19,5 | 17,5 | 500 | 57,0 | 368 | 55,7 | 24,9 | 1014 | 60,1 | 745 | 58,7 |
| 20 | 18,0 | 529 | 57,2 | 389 | 55,9 | 25,6 | 1073 | 60,3 | 788 | 59,0 |
| 20,5 | 18,5 | 559 | 57,5 | 411 | 56,1 | 26,3 | 1133 | 60,5 | 833 | 59,2 |
| 21 | 19,0 | 590 | 57,7 | 433 | 56,4 | 27,1 | 1195 | 60,8 | 878 | 59,4 |
| 21,5 | 19,5 | 621 | 57,9 | 456 | 56,6 | 27,8 | 1259 | 61,0 | 925 | 59,7 |
| 22 | 20,0 | 653 | 58,2 | 480 | 56,8 | 28,5 | 1325 | 61,2 | 973 | 59,9 |
| 22,5 | 20,5 | 686 | 58,4 | 504 | 57,0 | 29,2 | 1392 | 61,4 | 1023 | 60,1 |
| 23 | 21,0 | 720 | 58,6 | 529 | 57,2 | 29,9 | 1460 | 61,6 | 1073 | 60,3 |
| 23,5 | 21,5 | 755 | 58,8 | 555 | 57,4 | 30,6 | 1531 | 61,8 | 1125 | 60,5 |
| 24 | 22,0 | 790 | 59,0 | 581 | 57,6 | 31,3 | 1603 | 62,0 | 1178 | 60,7 |
| 24,5 | 22,5 | 827 | 59,2 | 608 | 57,8 | 32,0 | 1676 | 62,2 | 1232 | 60,9 |
| 25 | 23,0 | 864 | 59,4 | 635 | 58,0 | 32,8 | 1752 | 62,4 | 1287 | 61,1 |
| 27,5 | 25,5 | 1062 | 60,3 | 780 | 58,9 | 36,3 | 2153 | 63,3 | 1582 | 62,0 |
| 30 | 28,0 | 1280 | 61,1 | 941 | 59,7 | 39,9 | 2596 | 64,1 | 1908 | 62,8 |
| 32,5 | 30,5 | 1519 | 61,8 | 1116 | 60,5 | 43,4 | 3080 | 64,9 | 2264 | 63,5 |
| 35 | 33,0 | 1778 | 62,5 | 1307 | 61,2 | 47,0 | 3606 | 65,6 | 2650 | 64,2 |
| 37,5 | 35,5 | 2058 | 63,1 | 1512 | 61,8 | 50,6 | 4173 | 66,2 | 3067 | 64,9 |
| 40 | 38,0 | 2358 | 63,7 | 1733 | 62,4 | 54,1 | 4782 | 66,8 | 3514 | 65,5 |
| 42,5 | 40,5 | 2679 | 64,3 | 1968 | 62,9 | 57,7 | 5431 | 67,3 | 3991 | 66,0 |
| 45 | 43,0 | 3019 | 64,8 | 2219 | 63,5 | 61,2 | 6123 | 67,9 | 4499 | 66,5 |
| 47,5 | 45,5 | 3381 | 65,3 | 2484 | 64,0 | 64,8 | 6855 | 68,4 | 5038 | 67,0 |
| 50 | 48,0 | 3762 | 65,8 | 2765 | 64,4 | 68,4 | 7629 | 68,8 | 5606 | 67,5 |

Jak wynika z powyższej tabeli – albo instalując antenę na wys. 6m można ją zasilić od 19 do 53 W EIRP zależnie od przyjętego wariantu, albo dla przyjętej przez IŁ-PIB mocy 90 W EIRP antena powinna być zawieszona między 7,5 a 10,5 m również w zależności od przyjętego wariantu.

Podsumowując, Autorzy Raportu IMP, zgodnie z życzeniem zleceniodawcy, w żadnym miejscu tegoż nie sformułowali wniosku o bezwzględnej możliwości, lub niemożności, wdrożenia systemu 5G przy obecnie obowiązujących standardach środowiskowych. Przeanalizowali jednak wybrane scenariusze na podstawie proponowanych standardów i określili graniczne wartości EIRP, dla których obowiązujące standardy środowiskowe zostaną zachowane.

5. Odniesienie do uwag zawartych w Podsumowaniu

Jeszcze raz zwracamy uwagę na fakt, że Raport zgodnie z zakresem zawartym w umowie z Ministerstwem Zdrowia, dotyczył jedynie zakresu fal milimetrowych. W związku z tym oczekiwanie np. uwzględnienia czy analizy PEM emitowanych przez sieci 2G, 3G, czy 4G jest nieuzasadnione. W świetle powyższego użycie w Opinii IŁ-PIB określenia „*niefortunne sformułowania, mówiące o sterowaniu wiązkami w sieciach 5G – choć dotyczy to tylko fal milimetrowych*” jest wyjątkowo niefortunne. Zgadzamy się z wnioskiem, że „*Raport IMP nie może stanowić podstawy do całościowej analizy kwestii poziomów PEM w kontekście zbliżającego się uruchomienia sieci 5G*”, bo nie taki był cel tego opracowania. Jesteśmy jednocześnie otwarci na możliwość przeprowadzenia analiz uwzględniających PEM innych, wciąż działających generacji, w ewentualnym nowym opracowaniu.

Nie zgadzamy się natomiast z tezą, że wnioski płynące z naszego Raportu są zgodne z wnioskami z opracowań Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego. Stoimy na stanowisku, że ze względu na dane z badań *in vitro* i *in vivo*, a przede wszystkim wyniki badań klinicznych i epidemiologicznych nie można negować nietermicznego działania słabych PEM. Stąd wynika nasz postulat stosowania zasady ostrożności i zasady ALARA.