

**Zakład Kompatybilności
Elektromagnetycznej**
ul. Swojczycka 38
51-501 Wrocław
T:[+71] 36 99 803
F:[+71] 37 28 878
www.il.wroc.pl
wroclaw@il.wroc.pl



**National Institute
of Telecommunications**

ul. Szachowa 1
PL – 04-894 Warszawa
T: [+48 22] 512 81 00
F: [+48 22] 512 86 25
E-mail: info@itl.waw.pl
www.itl.waw.pl

Cyfryzacja radiofonii wysokiej jakości

Raport z pracy statutowej Z21/ 21300089/1315/09

WROCŁAW, grudzień 2009

Metryka dokumentu

Nr pracy : Z21/21300089/1315/09

Nazwa pracy : Cyfryzacja radiofonii wysokiej jakości

Zleceniodawca : Praca Statutowa

Data rozpoczęcia : Styczeń 2009 r.

Data zakończenia : Grudzień 2009 r.

Słowa kluczowe : Cyfryzacja, radiofonia, DAB, DAB+

Kierownik pracy : dr inż. Dariusz Więcek

Wykonawcy pracy : dr inż. Dariusz Więcek
dr inż. Janusz Sobolewski
mgr inż. Bartłomiej Gołębiowski
mgr inż. Daniel Niewiadomski
mgr inż. Jacek Wroński

Autorzy raportu : dr inż. Dariusz Więcek
mgr inż. Bartłomiej Gołębiowski
mgr inż. Daniel Niewiadomski

Praca wykonana w Pracowni Gospodarki i Inżynierii Widma
Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej
Instytutu Łączności we Wrocławiu

Kierownik Pracowni Gospodarki i Inżynierii Widma: dr inż. Dariusz Więcek
Kierownik Zakładu Z21: dr inż. Janusz Sobolewski

Niniejsze opracowanie może być powielane i publikowane wyłącznie w całości
Powielanie i publikowanie fragmentów wymaga uzyskaniu zgody Instytutu Łączności

SPIS TREŚCI

1.	Wstęp	4
2.	Charakterystyka systemów głównych standardów radiofonicznych.....	5
2.1	Standard T-DAB.....	5
2.1.1	Rodzaje odbioru dla systemu T-DAB	9
2.2	Standard T-DMB	9
2.2.1	Rodzaje odbioru dla systemu T-DMB.....	11
2.3	Standard DRM	13
2.3.1	Sieci jedno- i wieloczęstotliwościowe DRM.....	18
2.4	Standard HD Radio	20
3.	Analiza możliwości wykorzystania kanałów z Planu GE06 w okresie przejściowym pod kątem radiofonii cyfrowej	23
3.1	Przykładowe analizy sieci SFN T-DAB w paśmie VHF i L.....	29
4.	Emisja eksperymentalna DAB+ we Wrocławiu	34
4.1	Parametry techniczne emisji testowej DAB+ we Wrocławiu.....	35
4.2	Analizy propagacyjne emisji testowej DAB+ we Wrocławiu	39
4.2.1	Odbiór stacjonarny	41
4.2.2	Odbiór przenośny zewnętrzny	47
4.2.3	Odbiór przenośny wewnętrzny	53
4.2.4	Odbiór mobilny	59
4.2.5	Odbiór mobilny w pojeździe	65
4.3	Pomiary sygnału DAB+	71
4.4	Odbiór testowy emisji DAB+.....	73
5.	Podsumowanie	75

1. Wstęp

W niektórych krajach Europy trwa cyfryzacja radiofonii, prowadzone są szerokie emisje w systemie DAB, i DMB. Prowadzone są pierwsze próby i uruchamiane są emisje w standardzie DAB+, który już rozpoczęto szeroko wdrażać np. w Australii. W Polsce do tej pory nie analizowano szczegółowo możliwości cyfryzacji radiofonii mimo tego, że oczekiwanie nadawców radiowych na możliwość uzyskania zasięgu jest bardzo duże a zasoby widma UKF FM są bliskie wyczerpania. Jediną możliwością na uruchomienie emisji nowych programów radiofonicznych oraz możliwością uruchomienia emisji dodatkowych usług cyfrowych staje się realizacja transmisji w sposób cyfrowy. Oczekiwania nadawców radiowych odnośnie nowych możliwości technicznych i możliwości uzyskania dużych zasięgów za pomocą techniki cyfrowej jest bardzo duże. Niezbędną kwestią staje się przygotowanie cyfryzacji radia od strony podstaw planowania, możliwości widmowych i analiz technicznych standardów.

Prace dotyczące cyfryzacji radiofonii trwają obecnie w wielu krajach Europy i są kraje, w których dziś jest możliwość odbioru radia cyfrowego niemal na całym terytorium kraju: np. Wielka Brytania, Szwecja, Dania, Norwegia, Niemcy, Holandia. Niektóre z tych krajów już dyskutują o dacie wyłączenia starej, mało efektywnej widmowo transmisji analogowej UKF FM – np. w UK mówi się o roku 2020r. Prace w tym kierunku w Polsce były prowadzone do tej pory w bardzo ograniczony sposób i należałoby je zintensyfikować zwłaszcza w obliczu zbliżającej się cyfryzacji telewizji naziemnej i całkowitego uwolnienia widma pasma VHF do celów transmisji radia cyfrowego.

2. Charakterystyka systemów głównych standardów radiofonicznych

2.1 Standard T-DAB

Cyfrowy system radiofonii DAB (Digital Audio Broadcast) jest zastrzeżonym znakiem towarowym i jednocześnie marką komercyjną, pod którą funkcjonuje uniwersalny system radiofonii cyfrowej działający w najtrudniejszych warunkach odbioru. Prace nad tym systemem podjęto w 1987 roku i były finansowane ze środków Komisji Europejskiej jako projekt 147 Komitetu Eureka. Zaowocowały one publikacją europejskiego standardu ETSI 300 401, który w kolejnych latach został przyjęty również na arenie światowej. Wariantem systemu, który przeznaczony jest do emisji naziemnych, jest T-DAB (Terrestrial Digital Audio Broadcast).

Kodowanie źródłowe sygnału fonii w systemie DAB oparto na standardzie MPEG-1 Audio Layer II, zdefiniowanym w międzynarodowej normie ISO/IEC 11172-3. Taki system kompresji, działający w oparciu o kodowanie dźwięku w 32 podpasmach akustycznych, nazywany jest Musicam-em.

W wersji rozszerzonej DAB (tzw. DAB+) możliwe jest również wykorzystanie kompresji HE AAC (AAC+) pozwalającą na ponad dwukrotne zwiększenie dostępnych programów bez zmiany jakości w stosunku do klasycznego systemu DAB.

Dzięki zdefiniowaniu czterech różnych trybów transmisyjnych dla systemu DAB możliwa jest jego implementacja w bardzo szerokim zakresie częstotliwości – aż do 3 GHz. Tryby te zaprojektowano w taki sposób, by możliwa była poprawna praca odbiornika w ruchu, przy dużym zakresie zmian opóźnień - częstotliwości Dopplera, jak również przy zjawisku propagacji wielodrogowej oraz obecności sygnału stacji pracującej w tym samym bloku częstotliwości w sieci jednoczęstotliwościowej. W tabeli zebrano podstawowe parametry określające poszczególne tryby transmisji w systemie DAB.

Tabela 1 Podstawowe parametry poszczególnych trybów transmisyjnych w systemie DAB

Typowe zastosowanie		Tryb I	Tryb II	Tryb III	Tryb IV
		naziemny, pasmo VHF	naziemny, pasmo L	satelitarny, pasmo L	naziemny miejski, pasmo L
Liczba nośnych	n	1536	384	192	768
Przybliżona odległość między nośnymi [kHz]	Δf	1	4	8	2
Czas trwania symbolu użytecznego [μ s]	T_u	1000	250	125	500
Przedział ochronny [μ s]	Δ	246	62	31	123
Całkowity czas trwania symbolu [μ s]	$T_s = T_u + \Delta$	1246	312	156	623
Nominalna odległość pomiędzy nadajnikami w konfiguracji SFN [km]	Δ^*c	73,8	18,6	9,3	36,9
Prędkość maksymalna przy odbiorze w ruchu dla terenów miejskich w paśmie VHF [km/h]	v_{max}	260	-	-	520
Prędkość maksymalna przy odbiorze w ruchu dla terenów wiejskich w paśmie VHF [km/h]	v_{max}	390	-	-	780
Prędkość maksymalna przy odbiorze w ruchu dla terenów miejskich w paśmie L [km/h]	v_{max}	40	160	320	80
Prędkość maksymalna przy odbiorze w ruchu dla terenów wiejskich w paśmie L [km/h]	v_{max}	60	240	480	120

Tryb I jest najbardziej odpowiedni do zastosowania w naziemnych sieciach jednoczęstotliwościowych SFN w paśmie VHF. Charakteryzuje się najdłuższym czasem przedziału ochronnego, a co za tym idzie pozwala na największą odległość pomiędzy stacjami nadawczymi pracującymi w danej sieci SFN.

Tryb II jest najbardziej odpowiedni do wykorzystania przez lokalne rozgłośnie radiowe, wymagające jednego nadajnika naziemnego oraz transmisji hybrydowej satelitarno-naziemnej w paśmie do 1,5 GHz. Tryb ten można również stosować do budowy małych i średnich sieci jednoczęstotliwościowych w tym paśmie.

Tryb III jest najbardziej odpowiedni do transmisji satelitarnych oraz naziemnych je uzupełniających, w paśmie do 3 GHz. Jego używanie zalecane jest przy transmisjach kablowych do 3 GHz.

Tryb IV jest rozwiązaniem pośrednim pomiędzy trybami I i II, zoptymalizowanym pod kątem działania w paśmie L, czyli 1,5 GHz. Pozwala on na dłuższe echo konstruktywne, przez co ułatwione jest wprowadzenie konfiguracji sieci jednoczęstotliwościowej, a także zwiększona jest tolerancja na przesunięcie częstotliwości związanej z efektem Dopplera przy znacznej prędkości poruszającego się pojazdu.

- Możliwości transmisji i przepływności bitowe.

Maksymalna przepływność bitowa dla tzw. zespołu (ensamble) DAB wynosi:

- dla III Trybu transmisji – 2448 kb/s,
- dla pozostałych Trybów – 2432 kb/s.

Część przepływności maksymalnej zajmuje kanał synchronizacji. Pozostała część dzielona jest na:

- Główny Kanał Usług (MSC – Main Service Canal) – przepływność 2304 kb/s dla wszystkich trybów transmisji,
- Szybki Kanał Informacyjny (FIC – Fast Information Canal) – przepływność 128 kb/s dla Trybu III, w pozostałych trybach 96 kb/s.

Całkowita dostępna do transmisji programów radiofonicznych przepływność, zwana przepływnością netto, zależy od poziomu ochronnego wybranego w koderze splotowym (tzn. od kanałowej prędkości bitowej). Dla kanału FIC przyjmuje się stałą sprawność kodu 1/3, co daje prędkość bitową netto 42,667 kb/s w Trybie III oraz 32 kb/s dla pozostałych Trybów. W kanale MSC dopuszcza się stosowanie różnych

poziomów ochronnych. Przyjmując założenie, iż wszystkie kanały składowe podlegają identycznej ochronie, osiągane są prędkości bitowe netto zamieszczone w tabeli.

Tabela 2 Przybliżone przepływności bitowe netto zespołu DAB oraz szacunkowy stosunek C/N_{Rh}

Poziom ochronny	Sprawność kodu	C/N_{Rh} przy $BER = 10^{-4}$ po dekodерze Viterbiego w kanale Rayleigha [dB]	Przybliżona przepływność bitowa [Mb/s]
1	0,34	12,1	0,78
2	0,43	12,6	0,99
3	0,50	13,3	1,15
4	0,60	14,9	1,38
5	0,75	18,6	1,73

Analiza zależności wymaganego stosunku C/N i przepływności zespołu od sprawności kodu zachęca do wyboru poziomu ochronnego 3. Jest to rozwiązanie kompromisowe pomiędzy możliwą do przesłania ilością informacji a mocą nadajników. Poglądowe zestawienie możliwej do przesłania ilości kanałów fonicznych o określonej jakości w ramach pojedynczego zespołu DAB dla wybranych poziomów ochronnych przedstawiono w tabeli. Dla niektórych spośród przedstawionych kombinacji wystąpić mogą w ramach zespołu niewielkie rezerwy szybkości bitowej.

Tabela 3 Maksymalna liczba jednakowych kanałów fonicznych w ramach zespołu DAB w funkcji zastosowanego poziomu ochronnego

Szybkość bitowa fonii [kb/s]	Poziom ochronny				
	5	4	3	2	1
32	54	41	36	29	24
64	27	20	18	14	12
128	13	10	9	7	6
192	9	7	6	5	4
224	7	6	5	4	3
256	6	5	4	3	3
384	4	-	3	-	2

Wyróżniona w tabeli opcja transmisji o stałej przepływności 192 kb/s w ramach jednego zespołu DAB pozwala na transmisję 6 stereofonicznych programów o jakości porównywalnej przewyższającej jakość emisji FM, przy wymaganym minimalnym $C/N_{Rh} = 13,3$ dB. W przypadku systemu DAB+ ilość tych programów uległaby przynajmniej podwojeniu.

2.1.1 Rodzaje odbioru dla systemu T-DAB

System T-DAB umożliwia wykorzystanie dwóch różnych trybów odbioru:

- ruchomy (mobile) – uwzględnia: dookólną antenę odbiornika z zyskiem - 2.2dBd, prawdopodobieństwo pokrycia lokalizacji na poziomie 99%;
- przenośny wewnętrzny (portable indoor) – uwzględnia: dookólną antenę odbiornika z zyskiem -2.2dBd, straty na tłumienie przez ściany budynków 9dB, prawdopodobieństwo pokrycia lokalizacji na poziomie 95%;

W trybie ruchomym minimalna mediana natężenia pola, dla częstotliwości 200 MHz, wynosi 60 dB(μ V/m), natomiast dla trybu przenośnego wewnętrznego wynosi 66 dB(μ V/m).

2.2 Standard T-DMB

System DMB opracowano w celu transmisji multimedialnych sygnałów video, wewnątrz strumienia DAB i z wykorzystaniem sieci nadawczej DAB uzupełnionej o dodatkowe kodery wizji, dźwięku i kanałowy.

- wizji: MPEG 2 lub MPEG 4 AVC H.264,
- dźwięku: MPEG2 lub MPEG 4 (AAC, HEAAC, BSAC)
- dodatkowy koder kanałowy.

System DMB traktować można jako swoistą „nakładkę” na dotychczasowy system DAB, transmitowaną w warstwie fizycznej DAB, zgodnie ze standardem EN 300 401. W przypadku transmisji obrazu wymagane lepsze zabezpieczenie transmisji przed błędami zrealizowano poprzez wprowadzenie dodatkowo kodowania Reeda-Solomona. Taki sposób transmisji zestandaryzowały organizacje ETSI oraz ITU jako dokumenty ETSI TS 102 428 i ITU-R BT 122.

Podstawową cechą transmisji T-DMB jest możliwość wykorzystania aktualnie istniejącej, bądź budowanej infrastruktury T-DAB. Zachodzi pełna zgodność z charakterystykami emisyjnymi T-DAB, co pozwala na planowanie i wykorzystanie widma bloków przeznaczonych pierwotnie dla T-DAB. Istnieje możliwość wykorzystania systemu T-DMB do transmisji wyłącznie sygnałów fonii, co pozwala na znaczne zwiększenie efektywności wykorzystania widma w porównaniu z T-DAB. System T-DMB wdrożono na szeroką skalę w Korei Południowej, w Europie natomiast trwają jego testy (Niemcy, Wielka Brytania).

W systemie DMB zakłada się kodowanie wizji zgodne ze standardami MPEG 2 lub MPEG 4 AVC H.264. Dźwięk kodowany może być zgodnie ze standardami MPEG 2 lub MPEG 4 (AAC, HEAAC, BSAC). W stosunku do systemu MPEG 1 wykorzystywanego w T-DAB zaawansowane techniki kompresji MPEG 2 i MPEG 4 (AAC, HE AAC, BSAC) pozwalają na znaczne zmniejszenie wymaganego strumienia bitów. Ogólnie mówiąc, zastosowanie systemu T-DMB pozwala na zwiększenie pojemności strumienia o około 150 – 250% w stosunku do T-DAB. W standardzie T-DMB zachodzi zgodność z trybami transmisji wykorzystywanymi w systemie T-DAB.

W przypadku DMB całkowita pojemność multipleksu jest bliska pojemności DAB, pomniejszona jedynie o nadmiar wynikający z wprowadzenia dodatkowego kodowania Reeda-Salomona. Oznacza to, iż w podstawowym trybie transmisyjnym stosowanym w DAB (kod 1/2, przepływność 1184 kb/s) można transmitować strumień DMB o przepływności 1091 kb/s. Porównanie możliwej do przesłania liczby programów radiowych dla tego trybu transmisji zamieszczono w tabeli poniżej.

Tabela 4 Porównanie pojemności bloku 1,5 MHz DAB i DMB

	DAB/DAB+	DMB
Pojemność strumienia [kb/s]	1184/1184	1091
Liczba programów o jakości FM	9/24 (MPEG 1 128 kb/s)/ (MPEG4 HE AAC 48kb/s)	22 (MPEG 4 HE AAC 48 kb/s)
Liczba programów	6/18	17

o jakości bardzo dobrej	(MPEG 1 196 kb/s)/ (MPEG4 HE AAC 64kb/s)	(MPEG 4 HE AAC 64 kb/s)
Liczba programów o jakości CD	5/9 (MPEG 1 224 kb/s)/ (MPEG4 AAC 128kb/s)	8 (MPEG 2 AAC 128 kb/s)
Wymagany stosunek C/N [dB]	16	15 (dla obrazu) 12,4 (szacowany dla dźwięku)

Wykorzystanie dodatkowego kodowania Reeda-Salomona pozwoliło na zmniejszenie wymaganego stosunku C/N dla transmisji samego dźwięku o ponad 3 dB. Wobec powyższego, jako kryteria dla planowania sieci DMB przyjąć będzie można poziomy o 3 dB niższe od zakładanych dla DAB w przypadku identycznych warunków odbioru. Jednakże ze względu na nieco gorsze charakterystyki anten terminali noszonych T-DMB wymagania na natężenia pola są nawet wyższe niż w przypadku DAB. DAB+, w którym w porównaniu do DAB zastosowano wydajniejszą kompresję (tj. AAC) wg normy TS 102 563 pozwala na uzyskanie jeszcze większej efektywności wykorzystania widma niż w przypadku T-DMB i dodatkowo znacznie korzystniejszych warunków odbioru.

2.2.1 Rodzaje odbioru dla systemu T-DMB

Standard T-DMB posiada po dwa tryby dla odbioru przenośnego oraz dla odbioru ruchomego, które są opisane jako klasy:

- **Klasa A** – odbiór przenośny zewnętrzny (terminal trzymany w ręku użytkownika), uwzględnia: odbiór na wysokości 1,5m n.p.t., antenę zintegrowaną o zysku -17 dBd (pasmo III) i -4 dBd (pasmo L) lub antenę zewnętrzną (teleskopową lub zintegrowaną z zestawem słuchawkowym) o zysku -13 dBd (pasmo III) lub -1 dBd (pasmo L), szumy przemysłowe na poziomie 1dB dla obszarów miejskich (pasmo III) lub 0 dB (pasmo L); prawdopodobieństwo pokrycia lokalizacji na poziomie 99%;
- **Klasa B** – odbiór przenośny wewnętrzny na poziomie parteru (terminal trzymany w ręku użytkownika), uwzględnia: odbiór na wysokości 1,5m n.p.t., tłumienie przez ściany budynków, antenę zintegrowaną o zysku -17 dBd (pasmo III) i -4 dB (pasmo L) lub antenę zewnętrzną (teleskopową lub

zintegrowaną z zestawem słuchawkowym) o zysku -13 dBd (pasmo III) lub -1 dB (pasmo L), szумы przemysłowe na poziomie 1dB dla obszarów miejskich (pasmo III) lub 0 dB (pasmo L); prawdopodobieństwo pokrycia lokalizacji na poziomie 99%;

- **Klasa C** – odbiór ruchomy w pojeździe, uwzględnia: odbiór na wysokości 1,5m n.p.t., antenę adaptacyjną o zysku -2.2 dBd, szумы przemysłowe na poziomie 5 dB dla obszarów wiejskich i 8 dB dla obszarów miejskich (dla pasma III) oraz 0 dB dla pasma L w obszarach wiejskich i miejskich; prawdopodobieństwo pokrycia lokalizacji na poziomie 95%;
- **Klasa D** – odbiór ruchomy w poruszającym się pojeździe z terminalem trzymany w ręku użytkownika, uwzględnia: odbiór na wysokości 1,5m n.p.t., tłumienie pojazdu 8 dB, antenę zintegrowaną o zysku -17 dBd (pasmo III) i -4 dB (pasmo L) lub antenę zewnętrzną (teleskopową lub zintegrowaną z zestawem słuchawkowym) o zysku -13 dBd (pasmo III) lub -1 dB (pasmo L), szумы przemysłowe na poziomie 1dB dla obszarów miejskich (pasmo III) lub 0 dB (pasmo L); prawdopodobieństwo pokrycia lokalizacji na poziomie 95%;

Dodatkowo dla każdej z klasy możliwe jest uwzględnienie trzech rodzajów terenów odbioru: wiejski, podmiejski i miejski, dla których przeliczany jest odbiór na wysokości 1,5 m n.p.t.. Wynoszą one odpowiednio: dla terenów miejskich 19 dB, dla terenów podmiejskich i wiejskich 12 dB.

Przykładowe wartości natężenia pola dla systemu T-DMB przedstawione zostały w tabeli poniżej.

Tabela 5 Wartości minimalnego natężenia pola dla przykładowych parametrów systemu T-DMB

Klasa	A	B	C	D	A	B	C	D
Typ obszaru	miejski	miejski	wiejski	wiejski	miejski	miejski	wiejski	wiejski
Częstotliwość [MHz]	200	200	200	200	1500	1500	1500	1500
Wymagany stosunek C/N	16.6	16.6	15	15	16.6	16.6	15	15

E_{med} [dB μ V/m] 95% lokalizacji dla klasy A i B, 99% lokalizacji dla klasy C i D	77.7	88.0	63.0	81.7	90.2	105.4	80.3	93.2
---	------	------	------	------	------	-------	------	------

2.3 Standard DRM

System DRM zaprojektowano do stosowania na dowolnej częstotliwości poniżej 30 MHz, z możliwością używania różnych odstępów międzykanałowych, w różnych warunkach propagacyjnych. W celu dostosowania do warunków pracy zdefiniowano różne tryby nadawania, klasyfikowane na podstawie:

- parametrów odnoszących się do szerokości pasma sygnału,
- parametrów odnoszących się do efektywności transmisji.

Pierwsza grupa parametrów charakteryzuje całkowitą szerokość pasma dla pojedynczej transmisji. Parametry odnoszące się do efektywności pozwalają osiągnąć kompromis pomiędzy pojemnością (użyteczną szybkością transmisji), a odpornością na szum, wielodrogowość i efekt Dopplera. Informacje w postaci cyfrowej przesyłane w systemie należą do dwóch klas:

- kodowany sygnał akustyczny (audio) oraz dane są razem multipleksowane tworząc kanał usługi głównej systemu (Main Service Channel, MSC);
- poza multipleksowanym strumieniem danych dodawane są kanały: szybkiego dostępu (Fast Access Channel, FAC) oraz kanał opisujący usługę (Service Description Channel, SDC).

Zatem tzw. multipleks DRM tworzą trzy kanały logiczne:

- kanał usługi głównej (Main Service Channel, MSC),
- kanał szybkiego dostępu (Fast Access Channel, FAC),
- kanał opisu usługi (Service Description Channel, SDC).

Multipleks DRM może zawierać do czterech strumieni MSC, z których każdy przenosi informacje audio lub usługę danych.

Jednostka danych SDC może odnosić się do:

- jednego strumienia audio,
- jednego strumienia danych (lub jednego "podstrumienia" danych, jeżeli strumień jest przesyłany w trybie pakietowym),
- jednego strumienia audio i jednego strumienia (lub jednego podstrumienia) danych towarzyszących programowi.

Koder sygnałów audio i koder danych zapewniają dostosowanie wejściowych strumieni danych do wymaganego formatu. Ich sygnały wyjściowe mogą składać się z dwóch części wymagających różnego stopnia ochrony podczas transmisji.

Bloki rozpraszania energii (energy dispersal) modyfikują strumienie bitów w sposób deterministyczny w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa występowania regularnych wzorów bitowych skutkujących powtarzalnością występowania składowych widma. Koder kanałowy dodaje informacje nadmiarowe przeznaczone dla korekcji błędów oraz określa sposób odwzorowania kodowanej informacji w symbolach QAM. W wyniku przeplotu kolejne symbole QAM są rozpraszane w sposób pseudo przypadkowy w ciągu symboli tak, że na wyjściu kodera pojawiają się na różnych częstotliwościach w różnych momentach.

Generator sygnałów pilota dodaje informacje, które umożliwiają oszacowanie charakterystyk kanału radiowego w układzie odbiornika i koherentną demodulację odbieranego sygnału.

OFDM mapper i generator odwzorowują symbole informacji w zbiorze wielu podnośnych.

Modulator przekształca cyfrowy sygnał OFDM w sygnał analogowy, który może być nadawany w kanale radiowym. Proces ten składa się z przetwarzania sygnału cyfrowego na analogowy, przemiany częstotliwości oraz filtrowania widma sygnału.

DRM zaprojektowano w ten sposób, że umożliwia przesyłanie danych, które odnoszą się do usług(i) audio lub są autonomicznymi usługami danych. W przypadku autonomicznych usług danych FAC obejmuje pole identyfikatora aplikacji, które umożliwia odbiornikom przeszukiwanie pasma częstotliwości w celu znalezienia żądanej usługi.

Identyfikator aplikacji umożliwia odbiornikowi skanującemu kanały radiowe szybkie zdecydowanie, czy aplikacja jest użyteczna, a jeżeli nie na kontynuację skanowania.

Identyfikator aplikacji odnosi się tylko do autonomicznych usług danych, nie dotyczy aplikacji danych przesyłanych wraz z usługami audio.

W SDC w przypadku wszystkich aplikacji danych informacja o aplikacji – powinna być kodowana zgodnie z normami ETSI ogólną ES 201 980 i szczegółową ETSI TS 101 986. Jednostki danych SDC zawierają różne pola, których interpretację podano w dokumencie ETSI TS 101 968.

Jeżeli nowe aplikacje danych zostaną zdefiniowane i znormalizowane przez konsorcjum DRM, odpowiednie dokumenty ETSI będą podlegać rewizji.

Transport danych w DRM może polegać na przesyłaniu strumieni danych lub obiektów (plików).

Przesyłanie strumieni ma trzy warianty:

- tryb strumienia synchronicznego,
- tryb strumienia asynchronicznego,
- tryb asynchronicznej jednostki danych.

Strumień synchroniczny całkowicie wypełnia strumień danych DRM. W związku z tym przepływność jest ustalana do czasu następnej rekonfiguracji multipleksu. W tym trybie, jeżeli nie ma danych do wysłania, koder multipleksu powinien nadawać bity 0.

W obu trybach asynchronicznych jest możliwy transport danych z różnymi szybkościami. Ilekroć nowe dane są dostępne po stronie nadawczej będą przesyłane do dekodera odbiornika DRM.

W trybie strumienia asynchronicznego dane są rozgłaszane ze zmienną szybkością. Zaletą tego trybu jest mały nadmiar kodowy i małe opóźnienie.

W trybie asynchronicznej jednostki danych dane są również rozgłaszane ze zmienną szybkością. Jednakże w odróżnieniu od asynchronicznego strumienia można zapewnić przesyłanie koherentnych "porcji" danych, które albo zostaną odebrane, albo utracone. Prawdopodobieństwo odbioru można zwiększyć stosując powtórzenie jednostki danych.

Dla potrzeb transportu plików (obiektów) w DRM zastosowano protokół DAB MOT (wg EN 301 234).

Protokół MOT (Multimedia Object Transfer) umożliwia przesyłanie plików o

skończonych rozmiarach, do 256 Mbajłów, od nadawcy do odbiornika. Oprócz danych użytkowych (np. samego pliku) mogą być rozgłaszane dane organizacyjne, takie jak nazwa pliku, rozmiar pliku, rodzaj zawartości itp.

Przed przesłaniem obiektu tworzony jest nagłówek MOT zawierający (opisujący) zawartość MOT (np. plik). Następnie nagłówek i zawartość MOT są segmentowane w pakiety o rozmiarach dostosowanych do możliwości kanału DRM.

Biorąc pod uwagę ograniczenia wynikające z Regulaminu Radiokomunikacyjnego i parametry stosowanych metod kodowania i modulacji przyjęto, że szybkość transmisji dostępna dla kodowania źródła jest w granicach od 8 kb/s (kanały połówkowe) do ok. 20 kb/s w kanałach o standardowej szerokości i do ok. 72 kb/s w kanałach o podwójnej szerokości.

Ponieważ szerokość pasma kanałów radiofonicznych w zakresach częstotliwości do 30 MHz wynoszą 9 kHz lub 10 kHz system DRM zaprojektowano do stosowania w kanałach o szerokości:

- znamionowej 9 kHz lub 10 kHz dostosowanych do obowiązujących zasad planowania sieci w tych zakresach częstotliwości;
- połówkowej (odpowiednio 4,5 kHz lub 5 kHz), aby umożliwić jednoczesne nadawanie analogowych sygnałów AM;
- podwójnej (18 kHz lub 20 kHz), dostosowanej do większych szybkości transmisji, do wykorzystania w przyszłości gdy i gdzie będzie to możliwe.

Szerokości pasma i efektywności dotyczą takie parametry jak:

- sprawność kodowania (coding rate) i konstelacja modulacji (constellation) np. 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM,
- parametry symbolu OFDM uzależnione od warunków propagacji.

Biorąc pod uwagę zróżnicowanie charakterystyk kanałów radiowych w zakresach LF, MF i HF zdefiniowano cztery tryby transmisji DRM, o różnej odporności na zakłócenia kanałowe (patrz tabela poniżej).

Tabela 6 Tryby odporności transmisji DRM

Tryb odporności	Typowe warunki propagacji
A	Kanały Gaussa, ze słabym zanikiem selektywnym
B	Kanały z selektywnym zanikiem w dziedzinie czasu i częstotliwości, z dłuższym rozrzutem opóźnienia
C	Odporność jak w trybie B, ale z większym wpływem efektu Dopplera
D	Odporność jak w trybie C, ale ze znacznym wpływem efektu Dopplera i opóźnieniami

Tryb A jest najbardziej odpowiedni do stosowania w kanałach z falą przyziemną na falach długich i średnich oraz górnej części pasma fal krótkich (> 26 MHz).

Tryb B jest najbardziej odpowiedni do stosowania w przypadkach występowania fali jonosferycznej w kanałach na falach średnich i krótkich.

Tryby C i D są przeznaczone do stosowania wyłącznie w kanałach na falach krótkich.

Wymagane wartości parametrów sygnału OFDM dla czterech trybów nadawania zawiera tabela.

Tabela 7 Wartości parametrów OFDM

Tryb odporności	Użyteczny czas symbolu T_U [ms]	Odstęp nośnych $1/T_U$ [Hz]	Czas odstępu ochronnego Δ [ms]	Całkowity czas symbolu $T_S = T_U + \Delta$ [ms]	Δ/T_U	Liczba symboli w ramce N_S
A	24	$41^{2/3}$	2,66	26,66	1/9	15
B	21,33	$46^{7/8}$	5,33	26,66	1/4	15
C	14,66	$68^{2/11}$	5,33	20	4/11	20
D	9,33	$107^{1/7}$	7,33	16,66	11/14	24

Parametry OFDM zależą od szerokości dostępnego pasma (kanału RF), liczby nośnych K i ich rozmieszczenie względem częstotliwości odniesienia f_R – nośnej DC lub z indeksem 0 (w konwencjonalnej AM jest to częstotliwość fali nośnej).

Pasmo częstotliwości zajmowane przez sygnał DRM powinno być dostosowane do

znamionowej szerokości pasma kanału radiowego. W specyfikacji systemu zdefiniowano sześć możliwych wartości parametru charakteryzującego zajmowane pasmo.

Tabela 8 Typ zajętości widma DRM a szerokość pasma kanału radiowego

Szerokość pasma kanału [kHz]	4,5	5	9	10	18	20
Typ zajętość widma DRM	0	1	2	3	4	5

2.3.1 Sieci jedno i wieloczęstotliwościowe DRM

W przypadku transmisji DRM jest możliwe nadawanie tego samego sygnału DRM na tej samej częstotliwości przez wiele stacji (Single Frequency Network, SFN), w taki sposób, aby ich sygnały pojawiają się w antenie odbiorczej w tym samym czasie. Warunki odbioru SFN są, zatem podobne do odbioru wielodrogowego sygnału pojedynczej stacji.

Na wielu obszarach odbiór DRM sygnałów nadawanych w trybie SFN może być wyższej jakości w porównaniu z odbiorem emisji pojedynczej stacji. Dla potrzeb synchronizacji nadajników, SFN stosuje się "stempel czasowy" DRM (TAG Item) i lokalnie ustawiany offset czasowy. Typowa wymagana dokładność skali czasu w stosowanych trybach pracy wynosi 0,5% odstępu ochronnego, tj. w przybliżeniu $\pm 13,3 \mu\text{s}$ w trybie A, $\pm 26,66 \mu\text{s}$ w trybach B i C oraz $\pm 36,65 \mu\text{s}$ w trybie D.

Jeżeli nadajniki nadające identyczny sygnał DRM na różnych częstotliwościach radiowych są synchronizowane w czasie (Synchronized Multi-Frequency Network, SMFN), to możliwe jest wprowadzenie AFS, sygnalizacji alternatywnej (alternatywnych) częstotliwości, na których nadawany jest ten sam program. Stosowanie AFS jest sposobem zwiększenia prawdopodobieństwa odbioru zwłaszcza na falach krótkich. Przy tym sposobie nadawania możliwe jest automatyczne przełączenie odbiornika na "lepszą" z częstotliwości odbieranych w danym miejscu i danym momencie. Dla potrzeb synchronizacji nadajników stosuje się "stempel czasowy" DRM oraz lokalnie ustawiany offset.

Jeżeli nadajniki nadają identyczny sygnał DRM na różnych częstotliwościach (Multi-

Frequency Network, MFN) nie są synchronizowane w czasie, to wykorzystanie udogodnień związanych z AFS nie jest możliwe, chociaż możliwe jest przełączenie odbiornika na inne częstotliwości.

W przypadku pojedynczego nadajnika DRM nie ma potrzeby stosowania AFS.

Wymagania odnośnie interfejsu dystrybucji multipleksu (MDI) w sieciach DRM zdefiniowano w dokumencie ETSI TS 102 280. Opis dotyczy części systemu począwszy od urządzenia generującego dane (DRM Multiplex Generator) do modulatora DRM zdefiniowanego w ten sposób, że możliwe jest tworzenie sieci MFN, SMFN i SFN. Urządzenie generujące DRM będzie zwykle umieszczane w studiu, chociaż może znajdować się także w nadajniku. Modulator będzie przeważnie po stronie nadajnika. Sygnał może być doprowadzony do modulatorów w kilku nadajnikach tworzących rozległą sieć, pracującą w jednym lub kilku kanałach radiowych. Przy tym jak wspomniano pakiety MDI przeznaczone do emisji w sieciach SFN lub SMFN powinny być znakowane stemplem czasu.

Innym udogodnieniem, które mogą oferować nadawcy w okresie przejściowym [ETSI TS 102 386] jest system sygnalizacji emisji AM (AM Signaling System, AMSS). AMSS ma ułatwiać dostrajanie odbiornika z demodulatorem AM do emisji DRM. Wymaga wprowadzenia dodatkowej modulacji fazowej do emisji AM. Sygnał AMSS zawiera uproszczony format SDC.

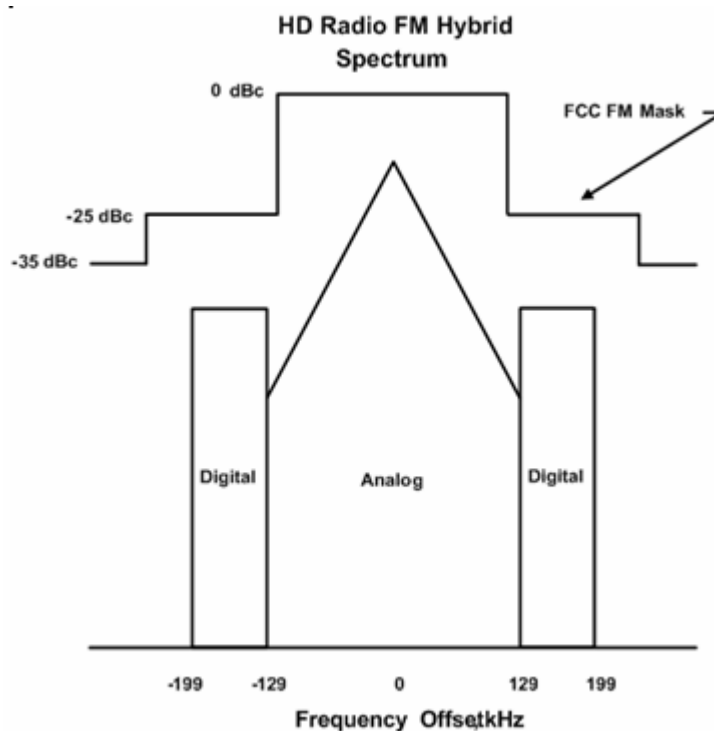
W marcu 2005 roku, konsorcjum DRM rozpoczęło proces rozszerzenia stosowalności systemu DRM na pasma do częstotliwości 108 MHz, czy pokrywającego zakres obecnie wykorzystywanego systemu analogowego UKFM FM. Rozszerzony standard nosi nazwę DRM+. System DRM+ dzięki wykorzystywaniu szerszych kanałów 100 kHz posiada wystarczającą przepływność do transmisji dźwięku zbliżonego do jakości CD czy nawet niskiej jakości obrazu video, stanowiąc przy tym konkurencję dla standardów telewizji mobilnej DVB-H czy T-DMB. 31 sierpnia 2009 standard DRM+ został oficjalnie opublikowany w specyfikacji ETSI ES 201 980 V3.1.1 jako nowa odmiana rodziny DRM pokrywająca pasmo powyżej 30 MHz aż do zakresu 174 MHz.

2.4 Standard HD Radio i FM Extra

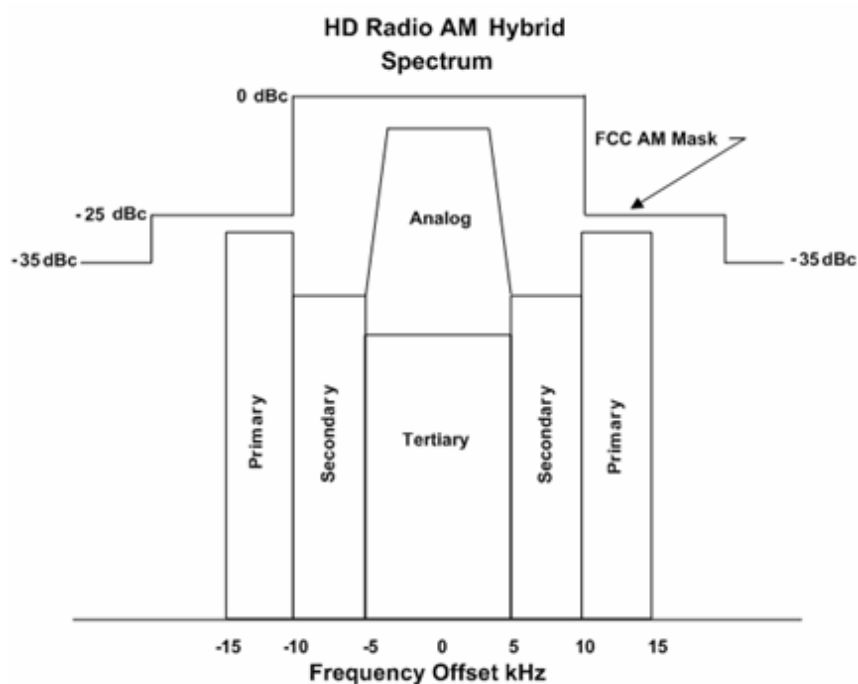
HD Radio i FMeXtra to cyfrowa technologia emisji radiowej pracująca na aktualnie wykorzystywanych częstotliwościach systemów analogowych (AM, FM) i emisji równoległej w tym samym kanale (IBOC - In Band On Channel) wywodząca się z USA i poprzednich wersji systemów IBOC. Dzięki czemu oba systemy mogą pracować równocześnie, co jest bardzo ważne w okresie przejściowym, czyli wtedy, gdy pracują emisje zarówno analogowe jak i cyfrowe. Możliwe jest to jednak przy zastosowaniu szerokiej maski widma i odstępie kanałowym 200 kHz stosowanym w USA. W przypadku Europy systemy te pozostają w konflikcie z istniejącymi sieciami analogowymi.

Koncepcja systemu HD Radio

W trybie hybrydowym tj. równoczesnej emisji analogowej i cyfrowej górne i dolne wstęgi boczne zostały dodane do widma sygnału analogowego oraz cyfrowego. Wstęgi boczne są modulowane przez informacje nadmiarowe do przenoszenia treści cyfrowej. Dodatkowa informacja może być transmitowana w niższym poziomie mocy, aby uniknąć zakłóceń w sygnale analogowym.



Rysunek 1 Widmo sygnału mieszanego HD Radio, FM



Rysunek 2 Widmo sygnału mieszanego HD Radio, AM

W widmie sygnału cyfrowego sygnał analogowy został usunięty. Główny kanał audio stereo pozostał bez zmian. Zmienia się natomiast poziom mocy tak, aby zapewnić większą odporność na zakłócenia. W ograniczonym zakresie $\pm 100\text{kHz}$, w którym poprzednio była treść audio znajdują się usługi dodatkowe.

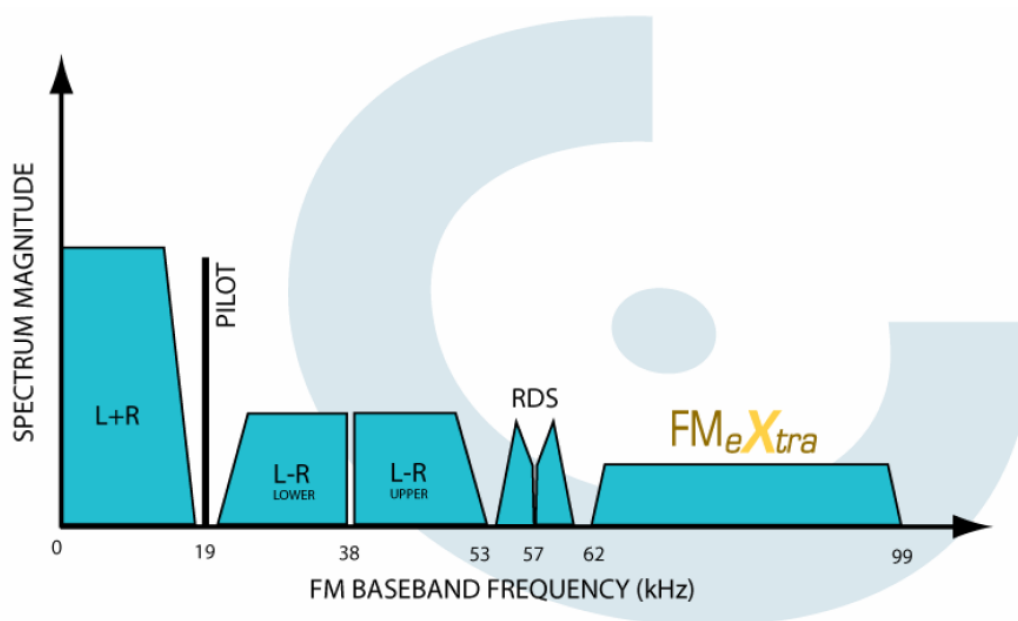
Przeprowadzone w latach ubiegłych pomiary kompatybilności [8] systemu HD Radio oraz UKF FM w Polsce przeprowadzone w Instytucie Łączności we Wrocławiu na zlecenie Urzędu Komunikacji Elektronicznej, wskazały jednoznacznie na brak kompatybilności systemu HD Radio z UKF FM przy obecnie wykorzystywanych maskach widmowych sygnału HD Radio i UKF FM. Problemem w Polsce we wdrożeniu systemu HD Radio jest również wykorzystywany raster kanałowy w systemie UKF FM, który jest mniejszy niż używany w Stanach Zjednoczonych, gdzie powstała koncepcja systemu HD Radio.

Koncepcja systemu FMeXtra

FMeXtra jest systemem, który umożliwia, stacjom FM nadawanie oprócz regularnego sygnału dodatkowych cyfrowych programów. W systemie można

nadawać jeden lub dwa dodatkowe cyfrowe kanały stereo oprócz regularnego analogowego sygnału. Kanały te zostają dodane do sygnału FM w podobny sposób jak jest dodawany sygnał RDS. Aby odebrać sygnał FMextra wymagany jest odpowiedni odbiornik przystosowany do odbioru cyfrowego.

Widmo sygnału FM z uwzględnionym FMEXTRA przedstawiono na rysunku poniżej

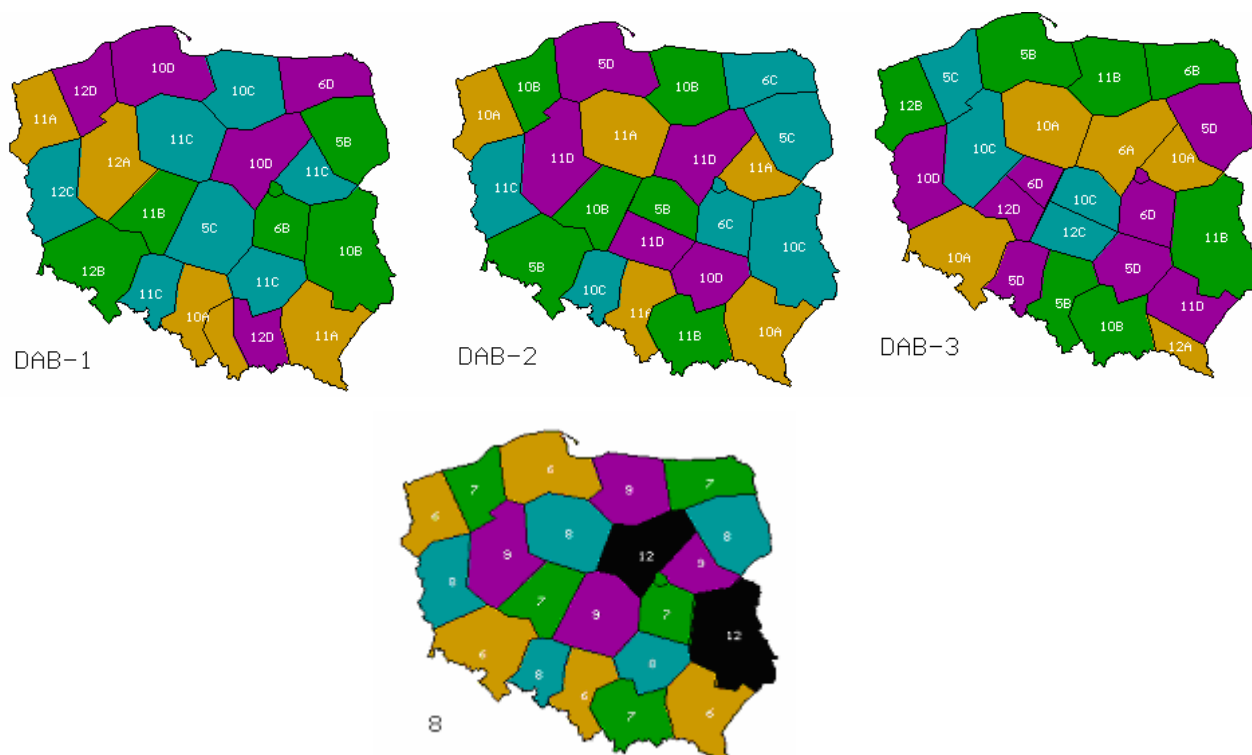


Rysunek 3 Widmo sygnału FM, FMeXtra

Wstępne badania systemu FMeXtra wskazują na istnienie problemu dodatkowych zakłóceń do analogowych sieci UKF FM w przypadku emisji w systemie FMeXtra w Europie. Pomysłodawca systemu twierdzi jednakże że jest możliwe zmieszczenie całkowitego widma sygnału UKF FM – FmeXtra w masce widma nie powodując zakłóceń do sieci analogowych. Nie zostało to jednak do tej pory potwierdzone.

3. Analiza możliwości wykorzystania kanałów z Planu GE06 w okresie przejściowym pod kątem radiofonii cyfrowej

Polska zgodnie z wynikami Regionalnej Konferencji Radiokomunikacyjnej w 2006 roku w Genewie (GE06) posiada w paśmie VHF (174 – 230 MHz) jedno pokrycie ogólnokrajowe dla DVB-T o rastrze kanałowym 7 MHz, oraz 3 ogólnokrajowe multipleksy dla systemu T-DAB z blokami o szerokości 1,5 MHz.



Rysunek 4 Plan pokryć (warstw) T-DAB oraz warstwy DVB-T w paśmie VHF dla obszaru Polski uzgodniony na konferencji GE06

W Polsce istnieje duża złożoność systemów w paśmie VHF. Obecnie pracujący analogowy system telewizyjny D1 posiada raster kanałowy 8 MHz, natomiast planowany system DVB-T raster 7 MHz, podobnie jak bazujący na tym rastrze system T-DAB z blokami 1,5 MHz w kanałach 7 MHz. Dodatkowo Niemcy posiadają system analogowej telewizji B z rastrem 7 MHz. Sytuacja ta, w okresie

przejściowym (do całkowitego wyłączenia emisji analogowej), powoduje problemy ze znalezieniem kanałów z planu GE06, które można wykorzystać do emisji w systemie T-DAB lub T-DMB, lub wykorzystania kanałów przeznaczonych dla DVB-T do emisji T-DAB/T-DMB. Należy jednak zauważyć, że nie została podjęta zarówno w Polsce jak i w Europie jednoznaczna decyzja na temat wykorzystania kanałów dla DVB-T w paśmie VHF. Niektóre kraje np. Niemcy, wykorzystują te kanały do emisji systemów radiofonicznych lub telewizji mobilnej i nie planują uruchamiania tam standardowej telewizji DVB-T.

W tabeli 10 porównano rastry kanałowe systemów telewizji analogowej, DVB-T, oraz bloki T-DAB w paśmie VHF.

Przeprowadzona analiza wykazała, że możliwe jest uruchomienie kanałów z planu GE06, które mogą pracować obecnie bez wyłączania telewizyjnych nadajników analogowych, pracujących w paśmie III (czyli nie kolizyjnych ze stacjami analogowymi). Tabela 9 zawiera wykaz kanałów możliwych do uruchomienia bez wyłączania stacji TV analogowej. Obszary rezerwacji dla Polski w paśmie III dla systemu DVB-T oraz T-DAB zostały przedstawione poglądowo na Rysunku 5, na którym kolorem zielonym zaznaczono obszary z kanałami niekolidującymi ze stacjami analogowymi.

Tabela 9 Obszary rezerwacji dla pasma III wraz z dostępnymi kanałami (blokami T-DAB) niekolidujące ze stacjami analogowymi

Lp.	Obszar rezerwacji	Kanały (bloki)
1	BIALYSTOK	5B 5C 5D
2	BYDGOSZCZ	Brak
3	GDANSK	10D 5D 5B
4	GIZYCKO	Brak
5	KALISZ	Brak
6	KALISZ - N	Brak
7	KALISZ - S	Brak
8	KATOWICE	5B
9	KATOWICE - KRAKOW	Brak
10	KIELCE	5D
11	KOSZALIN	5C
12	KRAKOW	11B
13	KRAKOW - E	Brak

14	LODZ	5C
15	LODZ - N	5B
16	LODZ - S	Brak
17	LUBLIN	Brak
18	OLSZTYN	Brak
19	OPOLE	11C 5D
20	PLOCK	12 11D
21	POZNAN	Brak
22	RZESZOW	Brak
23	RZESZOW - N	Brak
24	RZESZOW - S	Brak
25	SIEDLCE	10A
26	SZCZECIN	11A 10A
27	WARSZAWA	Brak
28	WROCLAW	5B
29	ZIELONA GORA	Brak



Rysunek 5 Obszary rezerwacji z GE06 w paśmie III dla DVB-T oraz T-DAB (kolorem zielonym zaznaczono obszary z kanałami kompatybilnymi z pracującymi stacjami analogowymi)

Nr kanału	DVB-T Pasmo III [7MHz]			Nr kanału	TV Analog system D [8MHz]				T-DAB Band III			
	Częst. środkowa	Częst dol/gor bloku			Częst. środkowa	Nośna wizji	Częst dol/gor bloku		Nr bloku	Częst. środkowa	Częst dol/gor bloku	
5	177,5	174	181	6	178	175,25	174	182	5A	174,928	174,160	175,696
6	184,5	181	188						5B	176,640	175,872	177,408
									5C	178,352	177,584	179,120
									5D	180,064	179,296	180,832
				6A	181,936	181,168	182,704					
7	191,5	188	195	7	186	183,25	182	190	6B	183,648	182,880	184,416
									6C	185,360	184,592	186,128
									6D	187,072	186,304	187,840
									7A	188,928	188,160	189,696
8	198,5	195	202	8	194	191,25	190	198	7B	190,640	189,872	191,408
									7C	192,352	191,584	193,120
									7D	194,064	193,296	194,832
									8A	195,936	195,168	196,704
9	205,5	202	209	9	202	199,25	198	206	8B	197,648	196,880	198,416
									8C	199,360	198,592	200,128
									8D	201,072	200,304	201,840
									9A	202,928	202,160	203,696
10	212,5	209	216	10	210	207,25	206	214	9B	204,640	203,872	205,408
									9C	206,352	205,584	207,120
									9D	208,064	207,296	208,832
									10A	209,936	209,168	210,704
11	219,5	216	223	11	218	215,25	214	222	10B	211,648	210,880	212,416
									10C	213,360	212,592	214,128
									10D	215,072	214,304	215,840
									11A	216,928	216,160	217,696
12	226,5	223	230	12	226	223,25	220	230	11B	218,640	217,872	219,408
									11C	220,352	219,584	221,120
									11D	222,064	221,296	222,832
									12A	223,936	223,168	224,704
									12B	225,648	224,880	226,416
									12C	227,360	226,592	228,128
									12D	229,072	228,304	229,840

Tabela 10. Rastry kanałowe w paśmie VHF dla systemów telewizyjnych analogowych i cyfrowych w Polsce oraz dla systemu T-DAB

Pod koniec 2008 roku odbyły się publiczne konsultacje przeprowadzone przez Urząd Komunikacji Elektronicznej dotyczące wykorzystania częstotliwości z zakresu 1452-1492 MHz na potrzeby radiofonii cyfrowej lub świadczenia innych usług. W wyniku konsultacji, które spotkały się z dużym zainteresowaniem podmiotów związanych z radiofonią, stwierdzono, że pasmo L powinno zostać przeznaczone na emisje nadawców regionalnych. Do emisji ogólnopolskiej najkorzystniejsze będzie wykorzystanie pasma III, natomiast pasmo L można wykorzystać do uzupełniania miejsc gdzie występują braki zasięgi emisji w paśmie III. Docelowo nadawcy w Polsce wiążą swoją przyszłość z szerokim wykorzystaniem do emisji radiofonicznej pasma III.

Urząd Komunikacji elektronicznej przedstawił również projekt kanałowy multipleksu ogólnopolskiego dla pasma III na okres przejściowy, czyli do czasu wyłączenia emisji analogowej telewizji w paśmie III. Multipleks przejściowy z kanałami możliwymi do wykorzystania w tym czasie przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11 Propozycja UKE multipleksu ogólnopolskie T-DAB+/T-DMB na okres przejściowy

Lp.	Województwo	Allotment	Blok
1	Dolnośląskie	Wrocław	5B
2	Kujawsko-Pomorskie	Bydgoszcz	8B
3	Lubelskie	Lublin	12D
4	Lubuskie	Zielona Góra	8B
5	Łódzkie	Łódź	5C
6	Małopolskie	Kraków	-
		Kraków -E	12D
7	Mazowieckie	Płock	12D
		Siedlce	9B
		Warszawa	7B
8	Opolskie	Opole	8B
9	Podkarpackie	Rzeszów	11A
		Rzeszów – N	-
		Rzeszów - S	-
10	Podlaskie	Białystok	5C
11	Pomorskie	Gdańsk	6A
			10D
12	Śląskie	Katowice	6A
13	Świętokrzyskie	Kielce	5D
14	Warmińsko-Mazurskie	Olsztyn	10C

		Giżycko	Brak
15	Wielkopolskie	Kalisz	7A
		Kalisz – N	-
		Kalisz – S	-
		Poznań	9C+7A
16	Zachodniopomorskie	Szczecin	11A+6A
		Koszalin	12D

Obecnie trwają prace w UAE nad aktualizacją planów wykorzystania częstotliwości dla pasma III i w przypadku pozytywnych dodatkowych koordynacji można oczekiwać powstania możliwości budowy pierwszego ogólnopolskiego multipleksu DAB+.

Ze względów technicznych system T-DAB+/T-DMB rozróżnia 4 tryby transmisji: I, II, III i IV – tryb I adresowany jest dla pasma VHF, a optymalizowanym trybem transmisji dla pasma L jest tryb IV umożliwiający budowę stosunkowo dużych sieci SFN w tym paśmie oraz tryb II pozwalający na stosowanie dużych prędkości odbioru w paśmie L ale z ograniczonymi możliwościami stosowania rozległych sieci jednoczęstotliwościowych, wynikających z większego problemu zakłóceń własnych sieci w tym trybie. Tryby transmisji podsumowano Tabeli (zaznaczono kolorem tryby dla odbioru naziemnego w paśmie L).

Tabela 12 Tryby transmisji w systemie DAB dla pasma VHF i L

	Tryb I	Tryb II	Tryb III	Tryb IV
Przeznaczenie	Pasma VHF	Odbiór naziemny pasmo L	Odbiór satelitarny pasmo L	Odbiór naziemny pasmo L
Odstęp ochronny [μs]	246	62	31	123
Max. odległość między stacjami nadawczymi bez zakłóceń własnych	ok. 80 km	ok. 20 km	ok. 10 km	ok. 40 km

Max. Prędkość odbioru pasmo VHF (miejska/wiejska)	ok. 260/3 90 km/h	-	-	ok. 520/780 km/h
Max. Prędkość odbioru pasmo L (miejska/wiejska)	ok. 40/60 km/h	ok.160/240 km/h	ok. 320/480 km/h	ok. 80/120 km/h

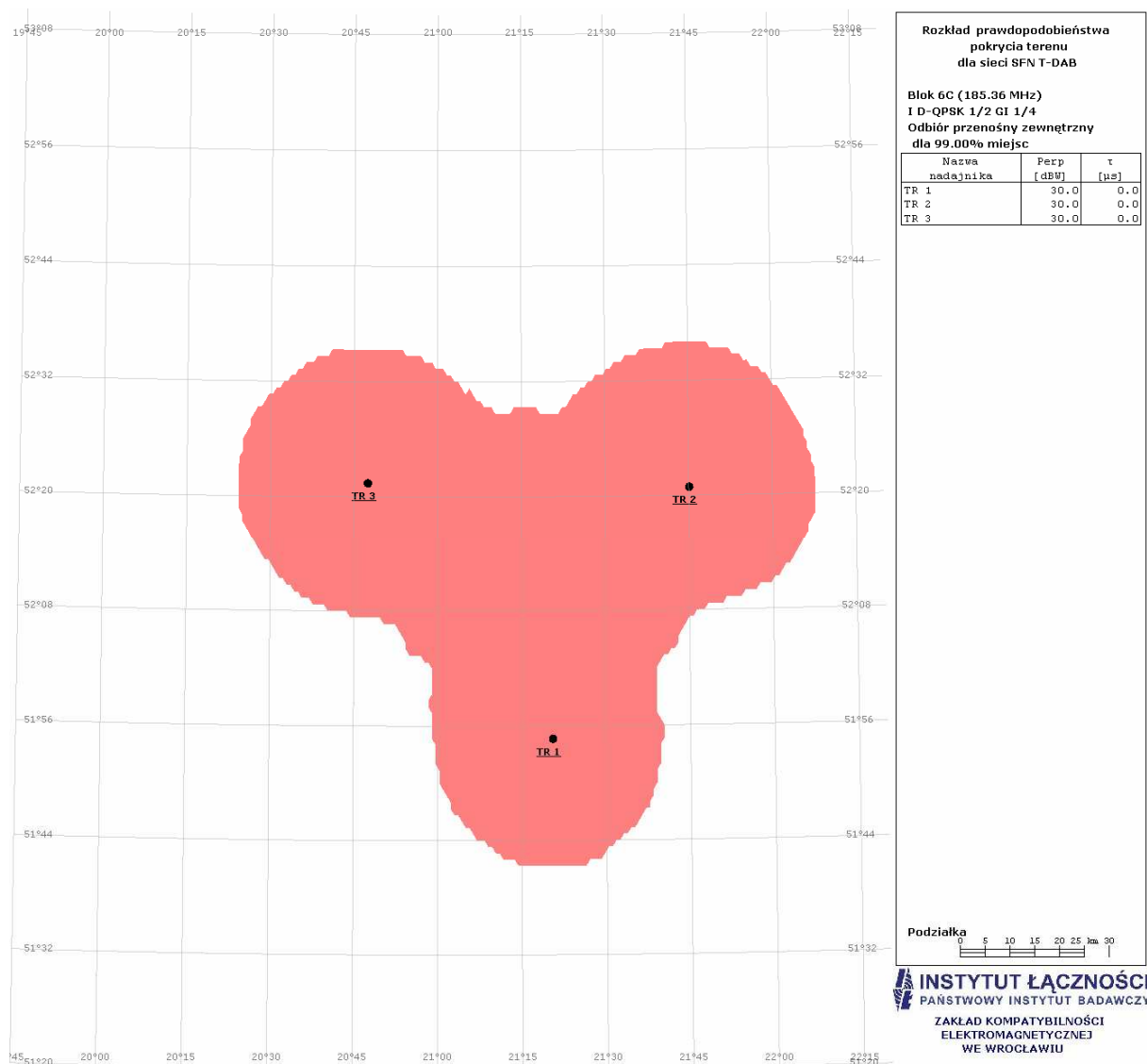
W przypadku pasma L możliwe jest wykorzystanie trybu II lub IV, przy czym w trybie II konieczna byłaby budowa gęstej sieci stacji projektowanej specjalnie tak by ograniczać zakłócenia własne sieci ze względu na fakt, iż powstają one już przy odległościach między stacjami wynoszącymi ok. 20 km a w trybie IV dobry odbiór ograniczony byłby do prędkości ok. 120 km/h na wsi i ok. 80km/h w mieście, a przy sieciach o rozmiarach przekraczających kilkadziesiąt km również w tym trybie powstawałyby znaczne zakłócenia własne sieci, które należałoby minimalizować na etapie jej projektowania – co mogłoby prowadzić do kosztownych rozwiązań technicznych.

3.1 Przykładowe analizy sieci SFN T-DAB w paśmie VHF i L

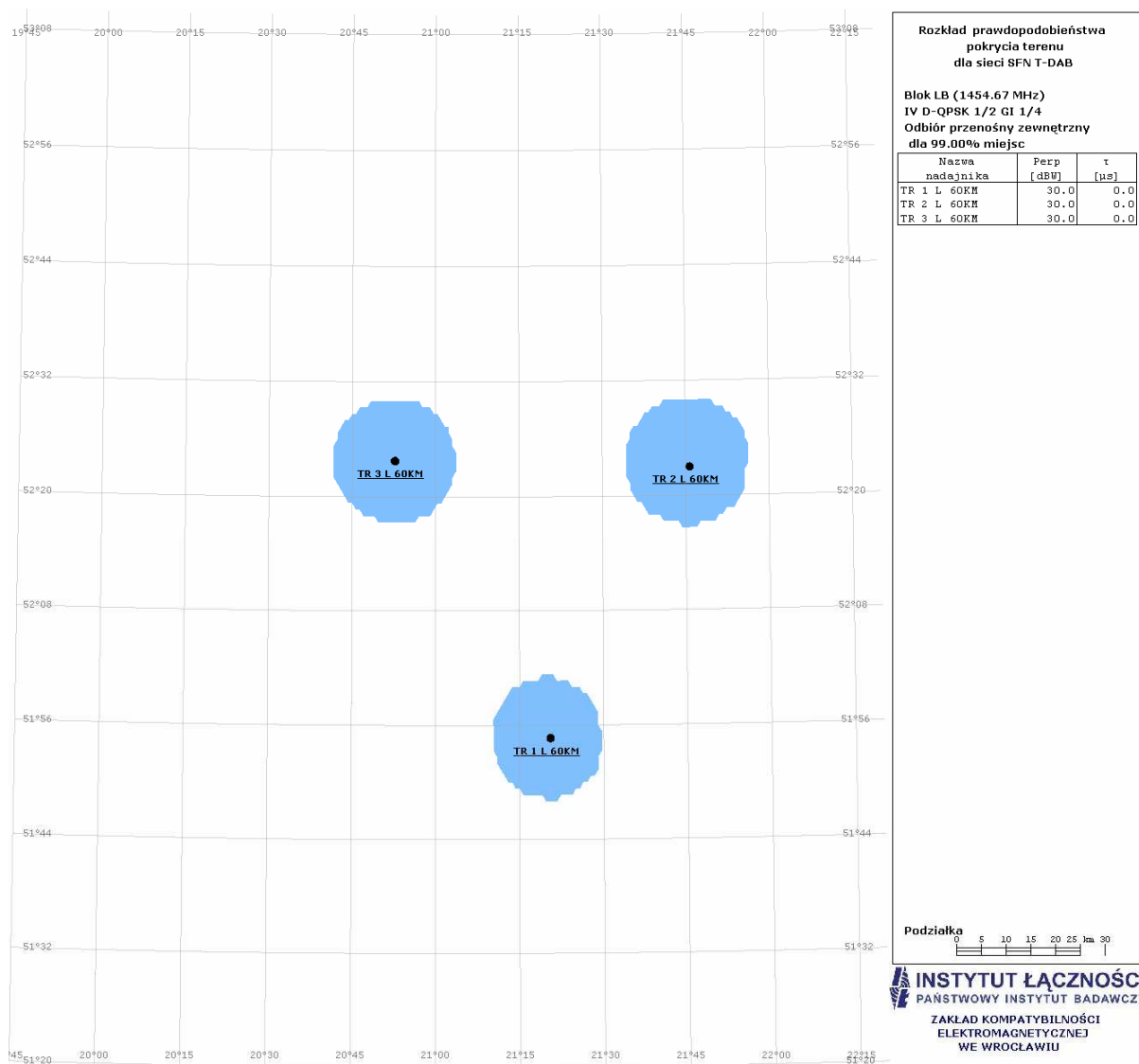
Sieci pasma VHF i pasma L odznaczają się różnymi zasięgami ze względu na inne parametry techniczne odbiorników i anten odbiorczych obu pasm, inne parametry propagacyjne i inne cechy sygnałów odbieranych oraz różny wpływ zakłóceń własnych w związku z różnymi możliwymi trybami pracy. W efekcie budowa sieci o zasięgu ogólnopolskim w paśmie L wymagałaby stosowania gęstej sieci stacji najlepiej nisko zawieszonych i z podjętymi działaniami minimalizacji zakłóceń własnych SFN i właściwie wyklucza budowę jej w oparciu o istniejące obiekty i stacje dużej mocy, które mogą zapewnić jedynie ograniczony zasięg sieci w takich warunkach – ze względu na ich ograniczone potencjalne zasięgi w paśmie L (max. ok. 40km dla stacji 100 kW o h=300 m n.p.t.) i właściwie brak możliwości rozszerzania zasięgu takiej stacji dużej mocy za pomocą stacji uzupełniających – w związku z powstaniem dużych zakłóceń własnych takiej sieci w paśmie L.

Przykładowe zasięgi teoretyczne w kilku konfiguracjach zostały pokazane na rysunkach poniżej. Prowadzą one do konkluzji potwierdzającej wyższe koszty infrastruktury sieci w paśmie L wynikającej z większej wymaganej liczby stacji i/lub koniecznych wyższych mocy stacji w tym paśmie. Dodatkowo w przypadku pasma L w trybie IV ograniczona jest max. prędkość poprawnego odbioru a w trybie II konieczne jest stosowanie sieci bardzo gęstych lub wyłącznie pojedynczych stacji (w ramach MFN). W przypadku sieci SFN konieczne byłoby podejmowanie różnych działań minimalizujących zakłócenia własne w paśmie L przy znacznych (kilkadziesiąt km) rozmiarach sieci oznaczających wzrost koszty budowy takiej sieci. Z tych powodów wykorzystanie sieci pasma L (T-DAB+/T-DMB) do emisji rozległych SFN (np. sieci ogólnopolskich) jest niezalecane. Należy przy tym zauważyć, że emisje radiofoniczne T-DAB+/T-DMB mogą być uruchamiane już dziś w wielu miejscach w Polsce (na ok. połowie terytorium kraju) w paśmie VHF i mogą stanowić zaczątek pełnej sieci ogólnopolskiej T-DAB+/T-DMB w paśmie VHF, która w pełni może być zrealizowana po wyłączeniu telewizji analogowej. Cechy emisji w paśmie VHF są dużo korzystniejsze ze względu na max. prędkość odbioru i koszty budowy sieci stąd tego typu transmisja powinna być zalecana do budowy ogólnopolskich sieci radiofonii cyfrowej wysokiej jakości. Sieci pasma L mogą stanowić uzupełnienie sieci pasma VHF, np. na terenach dużych aglomeracji, gdzie zasoby pasma VHF mogą być niewystarczające, nie powinny jednak stanowić zasadniczej infrastruktury ogólnokrajowej sieci radiofonii cyfrowej.

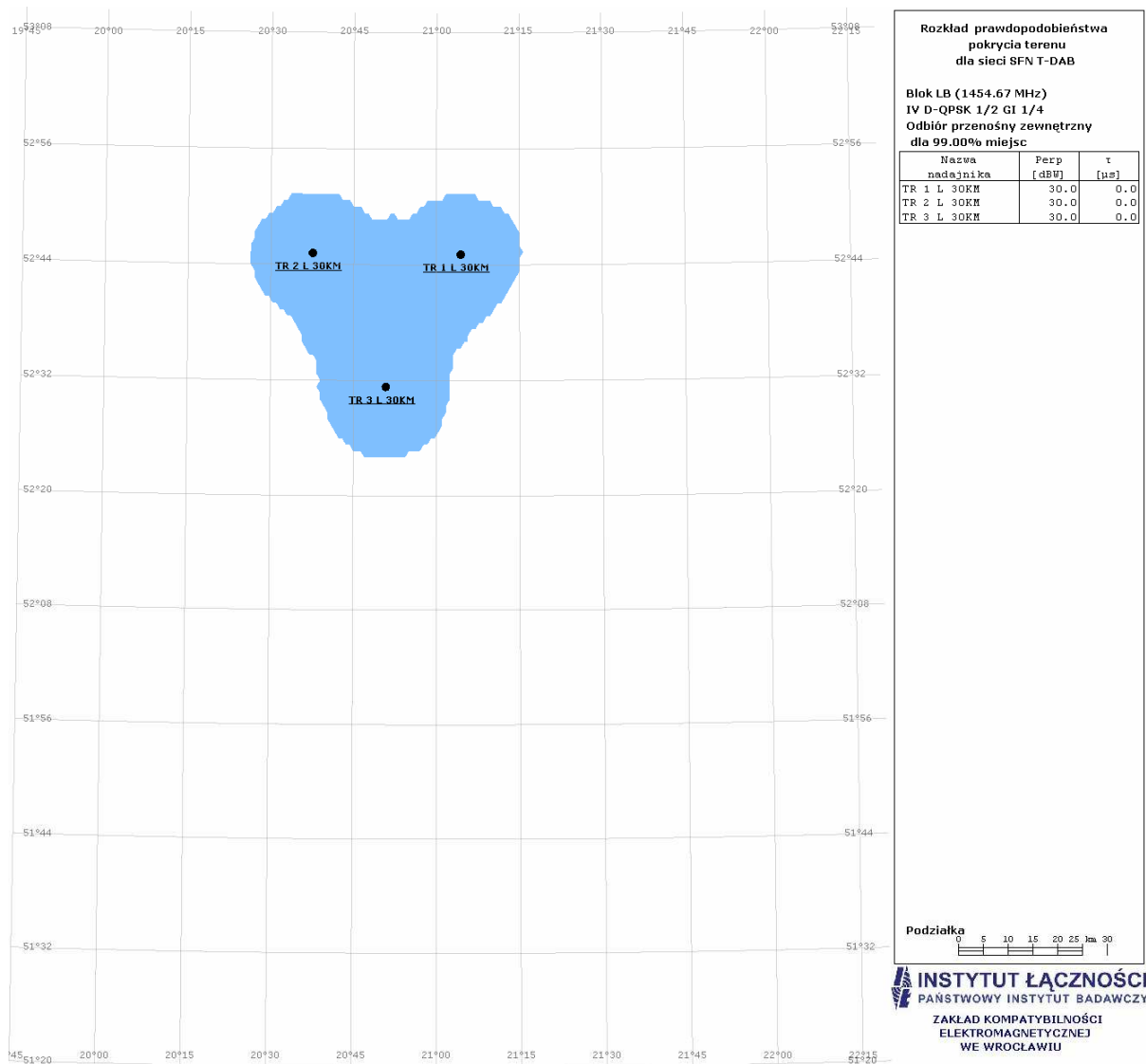
Zgodnie z decyzją ECC z 2003r. część pasma L, czyli zakres 1479,5 MHz – 1492 MHz powinien pozostać przeznaczony emisję satelitarną ewentualnie wspomaganą transmisją naziemną. Możliwe jest tu przeznaczenie dla różnych standardów np. Worldspace, S-DAB+/S-DMB, DVB-SH czy inne uwzględniając potrzeby i oczekiwania rynku oraz decyzje i działania na poziomie paneuropejskim.



Rysunek 6 Zasięg teoretycznej sieci 3 stacji w SFN, T-DAB+, Pasmo VHF, odległość między stacjami 60km, tryb odbioru przenośny/mobilny zewnętrzny, $p = 99\%$, $h = 150\text{m}$, $ERP = 1\text{kW}$, anteny ND, ITU-R P. 1546, tryb I, QPSK kod 1/2, odstęp ochronny 1/4, synchronizacja odbiornika: pierwszy sygnał, metoda sumowania SFN: k-LNM; $k = 0,7$, zakładany brak zakłóceń od innych sieci i stacji.



Rysunek 7 Zasięg teoretycznej sieci 3 stacji w SFN, T-DAB+, Pasmo L, odległość między stacjami 60km, tryb odbioru przenośny/mobilny zewnętrzny, $p = 99\%$, $h = 150\text{m}$, $ERP = 1\text{kW}$, anteny ND, ITU-R P. 1546, tryb IV, QPSK kod 1/2, odstęp ochronny 1/4, synchronizacja odbiornika: pierwszy sygnał, metoda sumowania SFN: k-LNM; $k = 0,7$, zakładany brak zakłóceń od innych sieci i stacji.



Rysunek 8 Zasięg teoretycznej sieci 3 stacji w SFN, T-DAB+, Pasmo L, odległość między stacjami 30km, tryb odbioru przenośny/mobilny zewnętrzny, $p = 99\%$, $h = 150\text{m}$, $\text{ERP} = 1\text{kW}$, anteny ND, ITU-R, P. 1546, tryb IV, QPSK kod 1/2, odstęp ochronny 1/4, synchronizacja odbiornika: pierwszy sygnał, metoda sumowania SFN: k-LNM; $k = 0,7$, zakładany brak zakłóceń od innych sieci i stacji.

4. Emisja eksperymentalna DAB+ we Wrocławiu

We wtorek 2 czerwca 2009r. we Wrocławiu rozpoczęły się pierwsze w Polsce testy cyfrowego radia w technologii DAB+ uruchomione dzięki wspólnemu wysiłkowi Instytutu Łączności, Polskiego Radia Wrocław i TP Emitel. Długość emisji testowej przewidziano, na co najmniej 6 miesięcy. Emisja prowadzona jest w bloku 5B T-DAB zgodnym z Planem GE06 dla Wrocławia na częstotliwości 176,640 MHz w sieci SFN, z należącego do spółki TP EmiTel obiektu Wrocław/Żórawina oraz masztu zlokalizowanego na terenie Instytutu Łączności przy ul. Swojczyckiej 38. Moc ERP z pierwszej lokalizacji to ok. 5 kW, z drugiej – ok. 50 W. Emisja z Żórawiny nadaje sygnał z wykorzystaniem kierunkowej charakterystyki promieniowania skierowanej na centrum miasta. Początkowo w multipleksie nadawano cztery programy radiofoniczne - Radio Wrocław, Radio RAM oraz dwa kanały uruchomione specjalnie na tę okazję - Radio Wrocław Kultura i Radio Wrocław Sport. Emisja DAB+ we Wrocławiu jest pierwszą emisją w tym standardzie prowadzoną w Polsce oraz czwartym systemem cyfrowej radiofonii testowanym na terenie Polski. Pierwsza emisja w standardzie DAB prowadzona była w połowie lat dziewięćdziesiątych przez Polskie Radio multipleksu DAB na częstotliwości 105,008 MHz, później w bloku 10B (211,648 MHz) w Warszawie, następnie ruszyła emisja radia w ramach testów telewizji cyfrowej w systemie DVB-T, a w latach 2006 i 2008 w stolicy można było słuchać przekazów w systemie HD Radio. Tę technologię najpierw testowało Polskie Radio, a następnie Radio RMF FM. Natomiast Polskie Radio dla Zagranicy prowadzi już stałą emisję swoich programów w systemie DRM, jednak audycje te nadawane są z obiektu zlokalizowanego w Niemczech. W roku 2009 odbyły się też testy emisji DRM na falach krótkich na Politechnice Warszawskiej.

Tabela 13 Eksperymentalna emisja DAB+ w paśmie III we Wrocławiu

System emisji	Lokalizacja obiektu nadawczego	Częstotliwość środkowa	Nazwa nadawanego programu	Termin rozpoczęcia nadawania	Termin zakończenia nadawania*
T-DAB (DAB+, TDMB)	Wrocław/Żórawina	176,640MHz	Radio Wrocław Radio RAM	2 czerwca 2009	30 listopad 2009
T-DAB (DAB+, TDMB)	Wrocław/ul. Swojczycka 38	176,640MHz	Radio Wrocław Radio RAM	2 czerwca 2009	30 listopad 2009

*) Termin został przedłużony

4.1 Parametry techniczne emisji testowej DAB+ we Wrocławiu

Emisja testowa radiofoniczna w standardzie DAB+ we Wrocławiu prowadzona jest w bloku 5B (176,64 MHz). Emisja prowadzona jest w postaci sieci jednoczęstotliwościowej SFN z dwóch stacji: stacji głównej zlokalizowanej na obiekcie TP Emitel Wrocław Żórawina, oraz stacji uzupełniającej zlokalizowanej na wieży Instytutu Łączności przy ul. Swojczyckiej 38 we Wrocławiu. Szczegółowe parametry stacji nadawczych wykorzystanych do emisji testowej przedstawiono w tabeli poniżej.

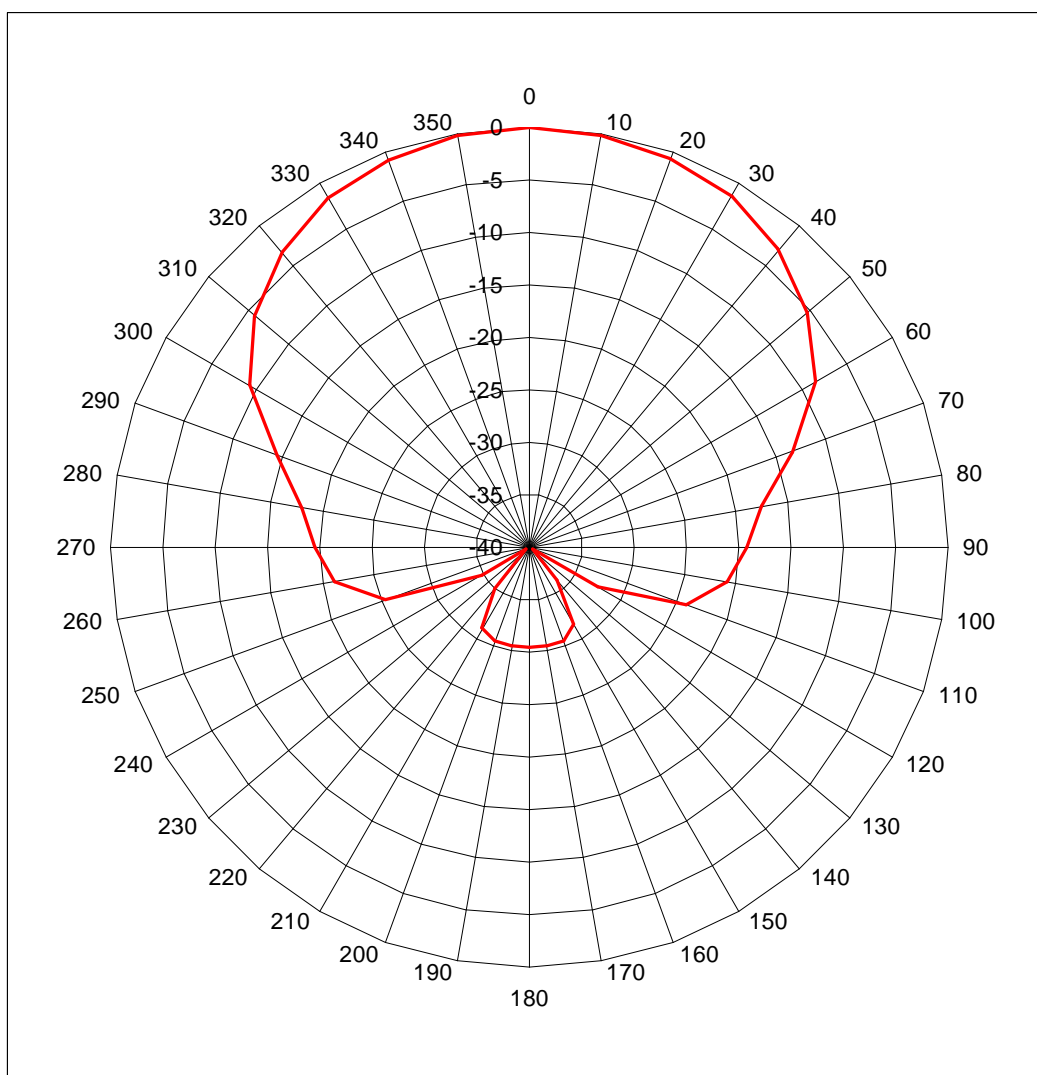
Tabela 14. Parametry lokalizacji stacji do emisji eksperymentalnej DAB+

Lokalizacja	Współrzędne lokalizacji	Wysokość terenu [m n.p.m.]	Wysokość zawieszenia anteny [m n.p.t.]	Moc ERP [kW]	Charakterystyka promieniowania
ul. Swojczycka 38 Wrocław	17E06'55" 51N06'55" [wg. WGS84]	116	20	0,05	dookólna
RTON Żórawina	17E01'51" 50N59'10" [wg. Pułkowo '42]	135	200	5	Kierunkowa

Tabela 15. Charakterystyka promieniowania anteny dla stacji Żórawina

Azymut [deg]	Wytłumienie [dB]	Azymut [deg]	Wytłumienie [dB]
0	0	180	30.44
10	0.14	190	30.44
20	0.57	200	30.44
30	1.4	210	31.05
40	2.93	220	34.81
50	5.31	230	39.71
60	8.37	240	34.68

Azymut [deg]	Wytłumienie [dB]	Azymut [deg]	Wytłumienie [dB]
70	13.35	250	25.26
80	17.43	260	21.14
90	19.25	270	19.46
100	20.72	280	17.96
110	24.07	290	14.34
120	32.54	300	9.25
130	39.74	310	5.81
140	35.92	320	3.35
150	31.61	330	1.62
160	30.42	340	0.71
170	30.44	350	0.17



Rysunek 9 Charakterystyka promieniowania anteny dla stacji Żórawina



Fot. 1 Nadajnik DAB+ testowej emisji we Wrocławiu, Instytut Łączności



Fot. 2 Wieża nadawcza na terenie Instytutu Łączności we Wrocławiu, na wierzchołku antena nadawcza emisji eksperymentalnej DAB+

4.2 Analizy propagacyjne emisji testowej DAB+ we Wrocławiu

Dla prowadzonej emisji eksperymentalnej DAB+ we Wrocławiu przeprowadzono szerokie analizy propagacyjne, z wykorzystaniem własnego oprogramowania planistycznego stworzonego w Instytucie Łączności we Wrocławiu SFN.NET i MZ.NET, mapy cyfrowej DEM a także mapy zabudowy dla miasta Wrocławia i okolicznych miejscowości. Analizy zasięgów sieci SFN wykonano dla różnych trybów odbioru oraz trybów samej emisji DAB+. Tryby odbioru, dla których wykonano analizy propagacyjne, oraz ich krótki opis przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 16 Rodzaje odbioru emisji DAB+, dla których przeprowadzono analizy zasięgów

Rodzaj odbioru DAB+	Charakterystyka
Stacjonarny	Odbiór stacjonarny z wykorzystaniem wysoko zawieszanej, kierunkowej anteny odbiorczej, prawdopodobieństwo lokalizacji 95%
Przenośny zewnętrzny	Odbiór przez odbiorniki przenośne na zewnątrz budynków, prawdopodobieństwo lokalizacji 95%
Przenośny wewnętrzny	Odbiór przez odbiorniki przenośne wewnątrz budynków, prawdopodobieństwo lokalizacji 95%
Mobilny	Odbiór w pojeździe z wykorzystaniem zewnętrznej anteny, prawdopodobieństwo lokalizacji 99%
Mobilny, odbiór w pojeździe	Odbiór w pojeździe z wykorzystaniem odbiornika przenośnego bez dodatkowej anteny zewnętrznej, prawdopodobieństwo lokalizacji 99%

Standardowy tryb zabezpieczenia sygnału w emisji DAB+ wykorzystywany podczas emisji testowej to UEP3, jednak podczas testów wykorzystywano również inne tryby. Dlatego też, analizy przeprowadzono również dla różnych trybów pracy UEP (Unequal Error Protection). W tabeli poniżej przedstawiono tryby pracy wraz z poziomami odpowiadającymi progowi pojawienia się nie skorygowanych błędów na wyjściu sygnału po dekodерze Reeda-Solomona.

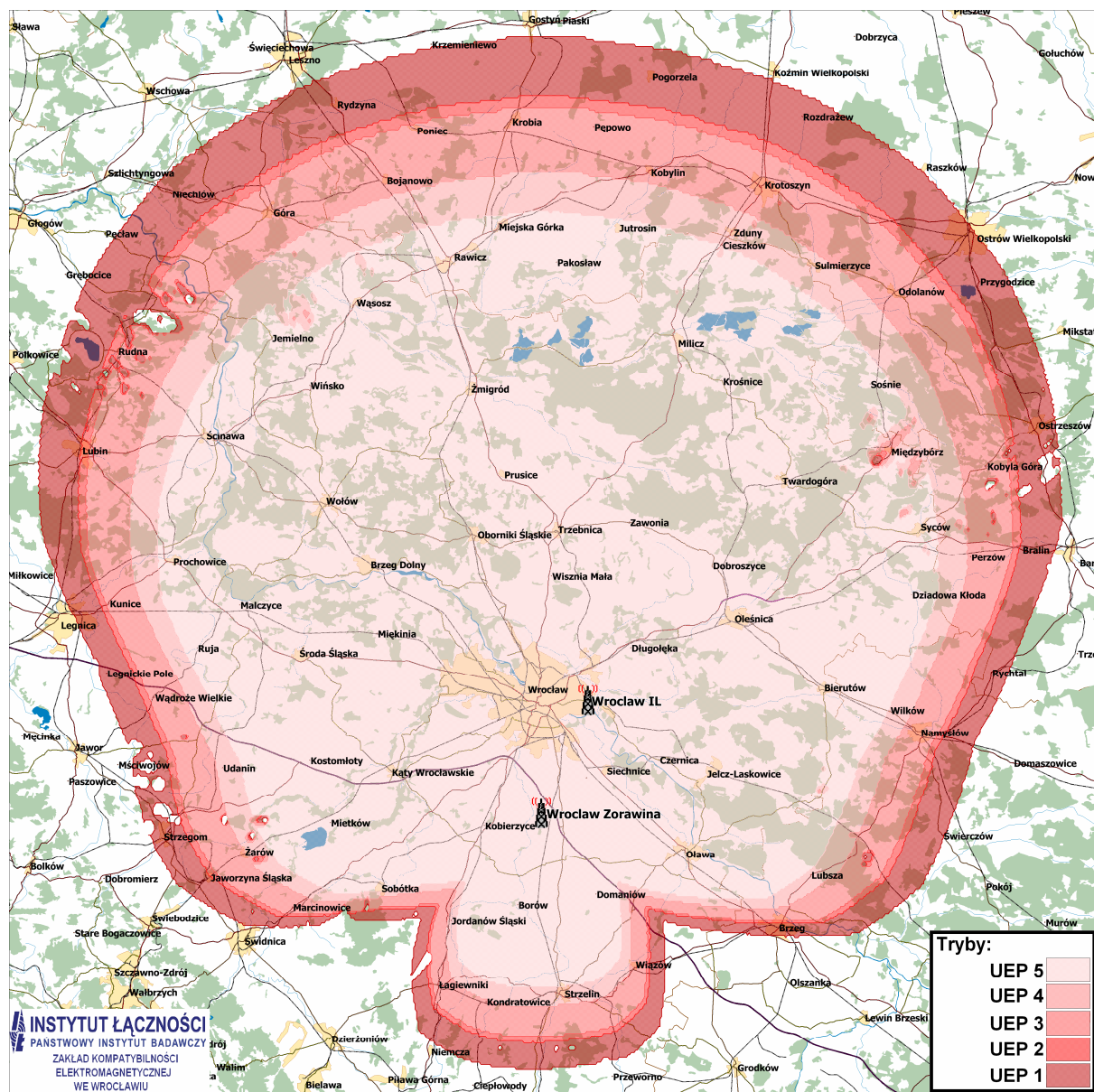
Tabela 17 Tryby emisji sygnału DAB+

Tryb pracy	S/N [dB] Próg pojawienia się nieskorygowanych błędów po dekodерze Reeda-Solomona
UEP 1	2,5
UEP 2	5,0
UEP 3	5,5
UEP 4	8,5
UEP 5	10

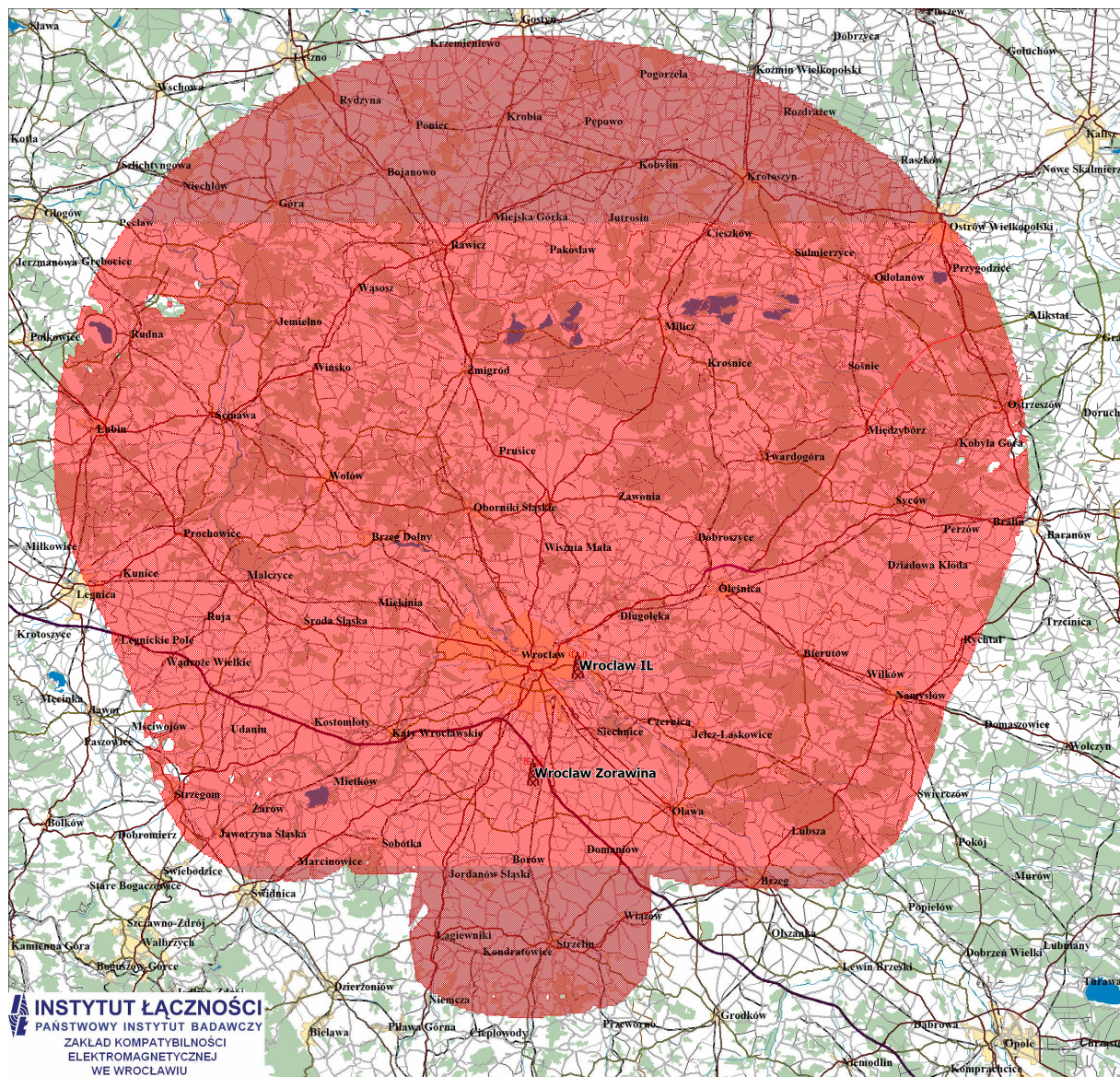
Wartości na podstawie pomiarów przeprowadzonych przez TP Emitel.

4.2.1 Odbiór stacjonarny

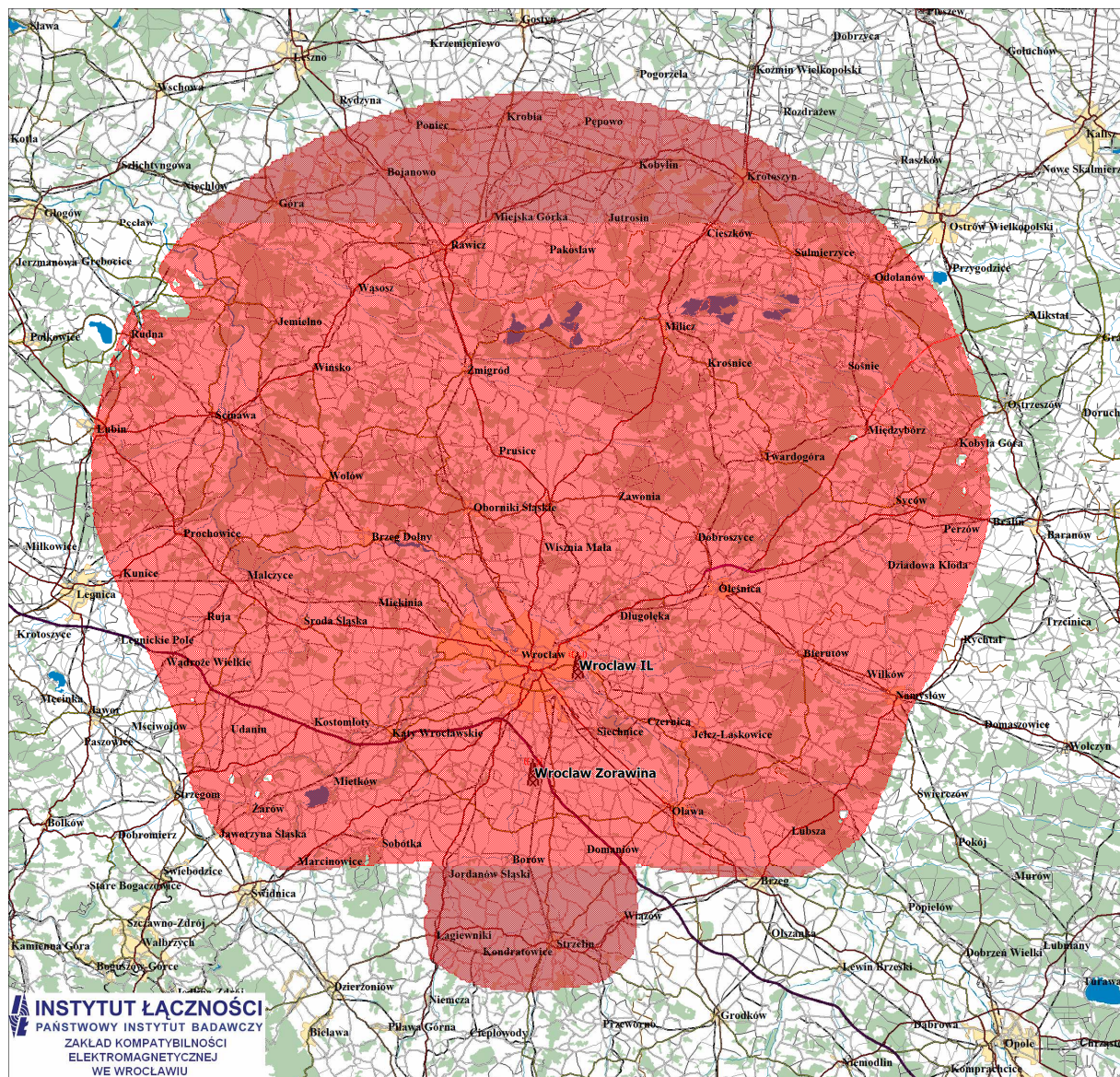
Odbiór za pomocą anteny stacjonarnej wyniesionej na 10mnpt, typ anteny 3-elementowa Yagi pasmo III (dla anten większych zasięg jeszcze wzrośnie), typ odbiornik stacjonarny z anteną zewnętrzną, np. Tangent NET-200



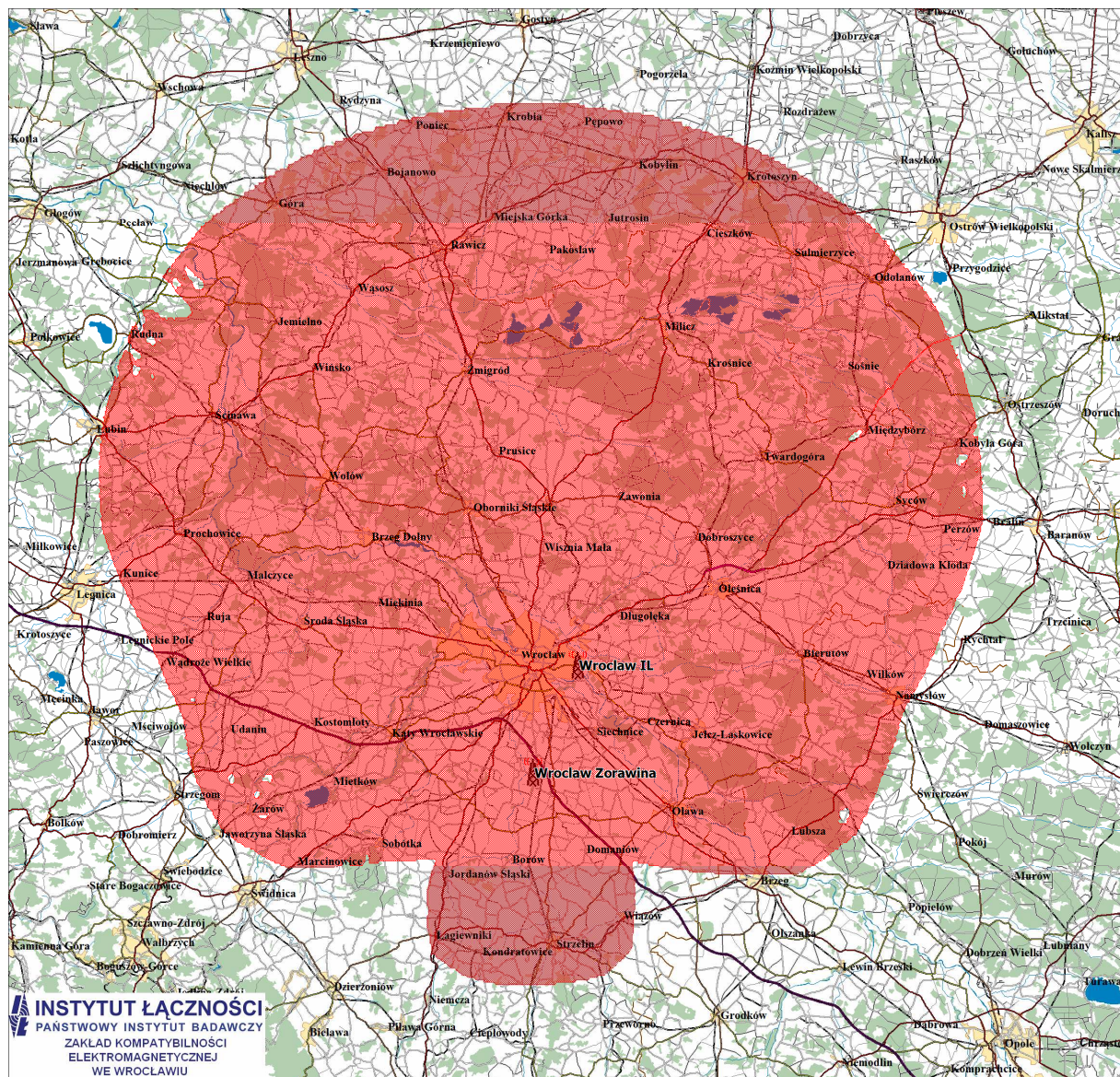
Rysunek 10 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze stacjonarnym dla trybów pracy od UEP1 do UEP5



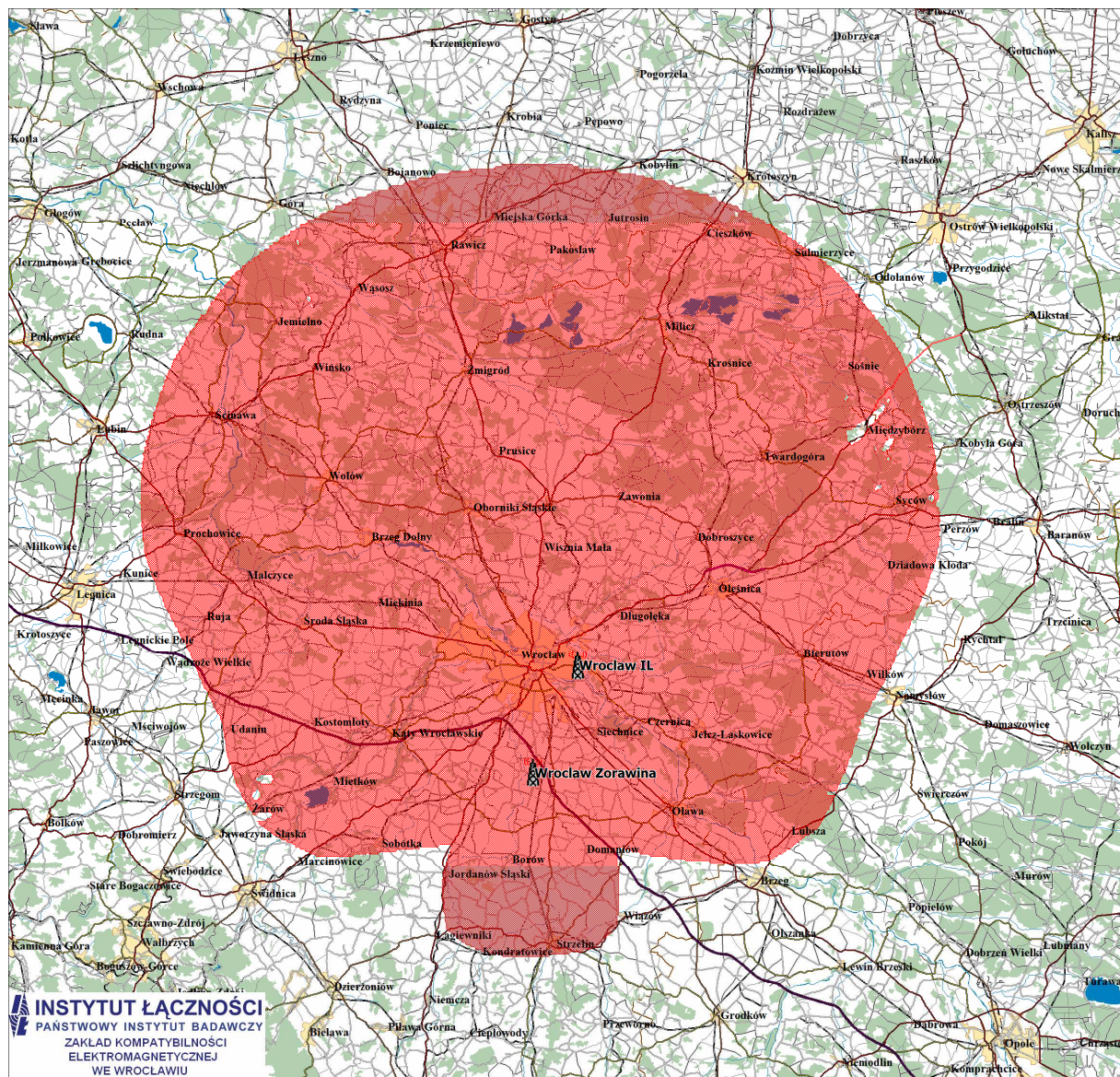
Rysunek 11 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze stacjonarnym dla trybów pracy UEP1



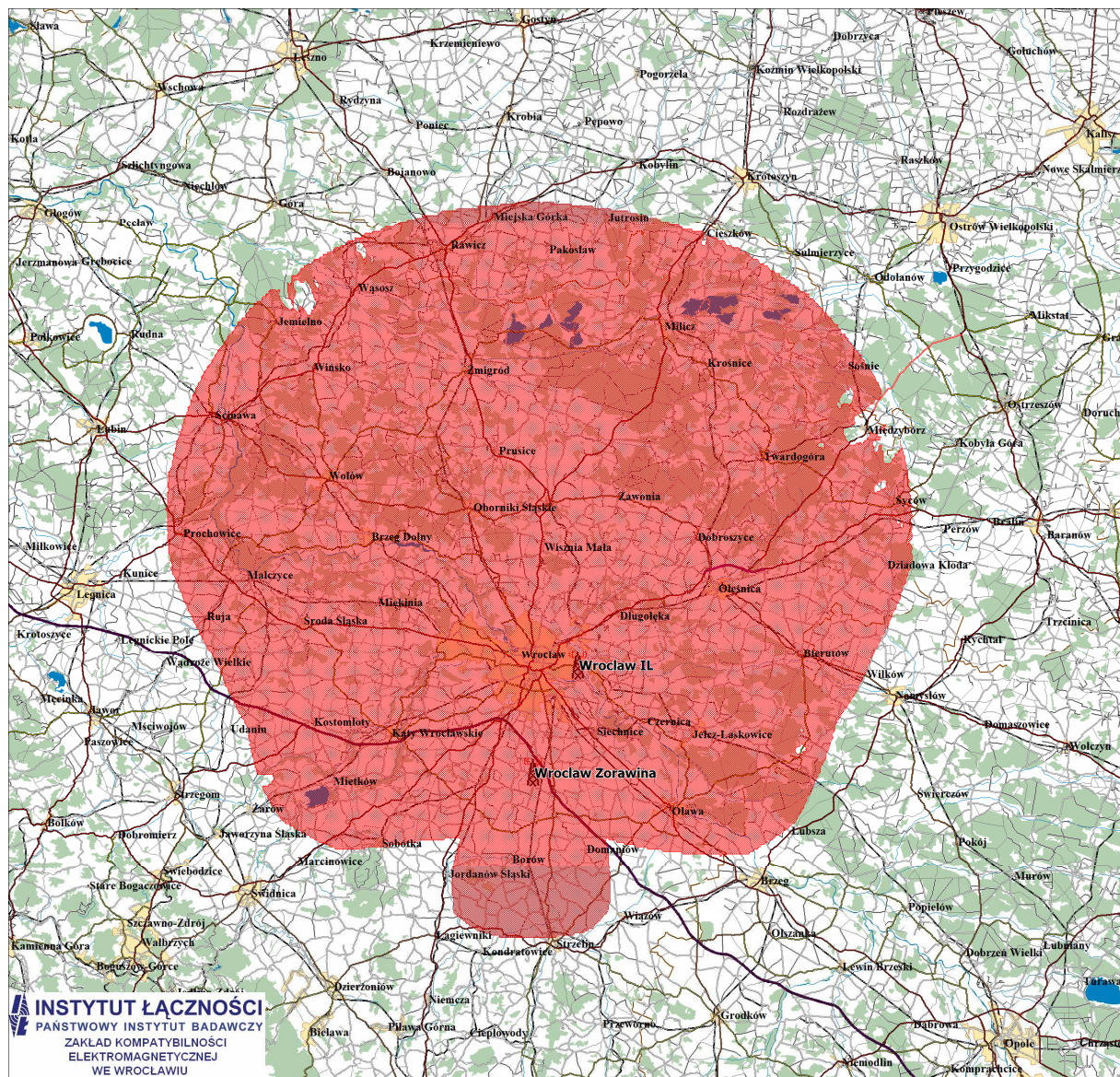
Rysunek 12 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze stacjonarnym dla trybów pracy UEP2



Rysunek 13 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze stacjonarnym dla trybów pracy UEP3

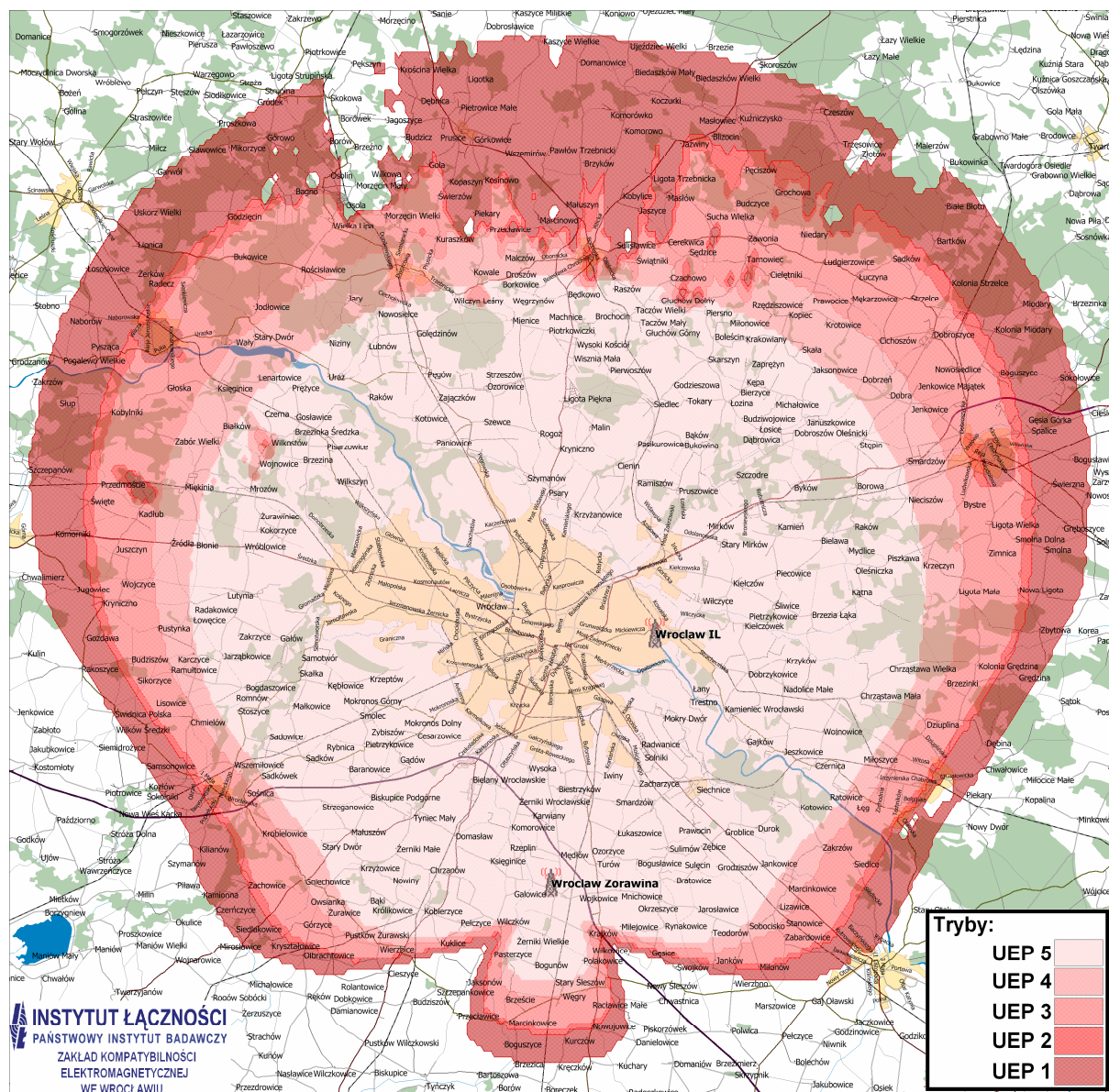


Rysunek 14 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze stacjonarnym dla trybów pracy UEP4

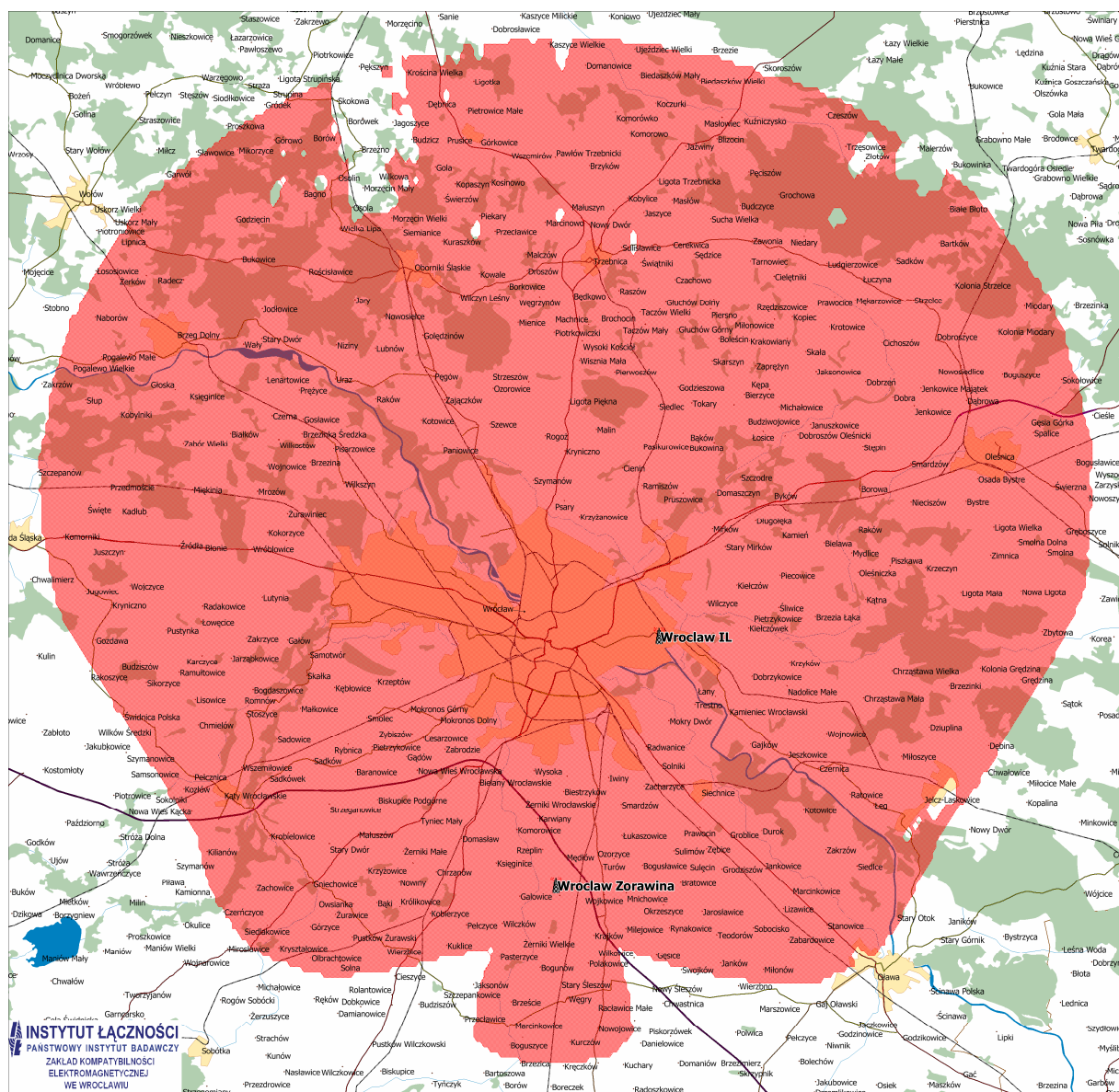


Rysunek 15 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze stacjonarnym dla trybów pracy UEP5

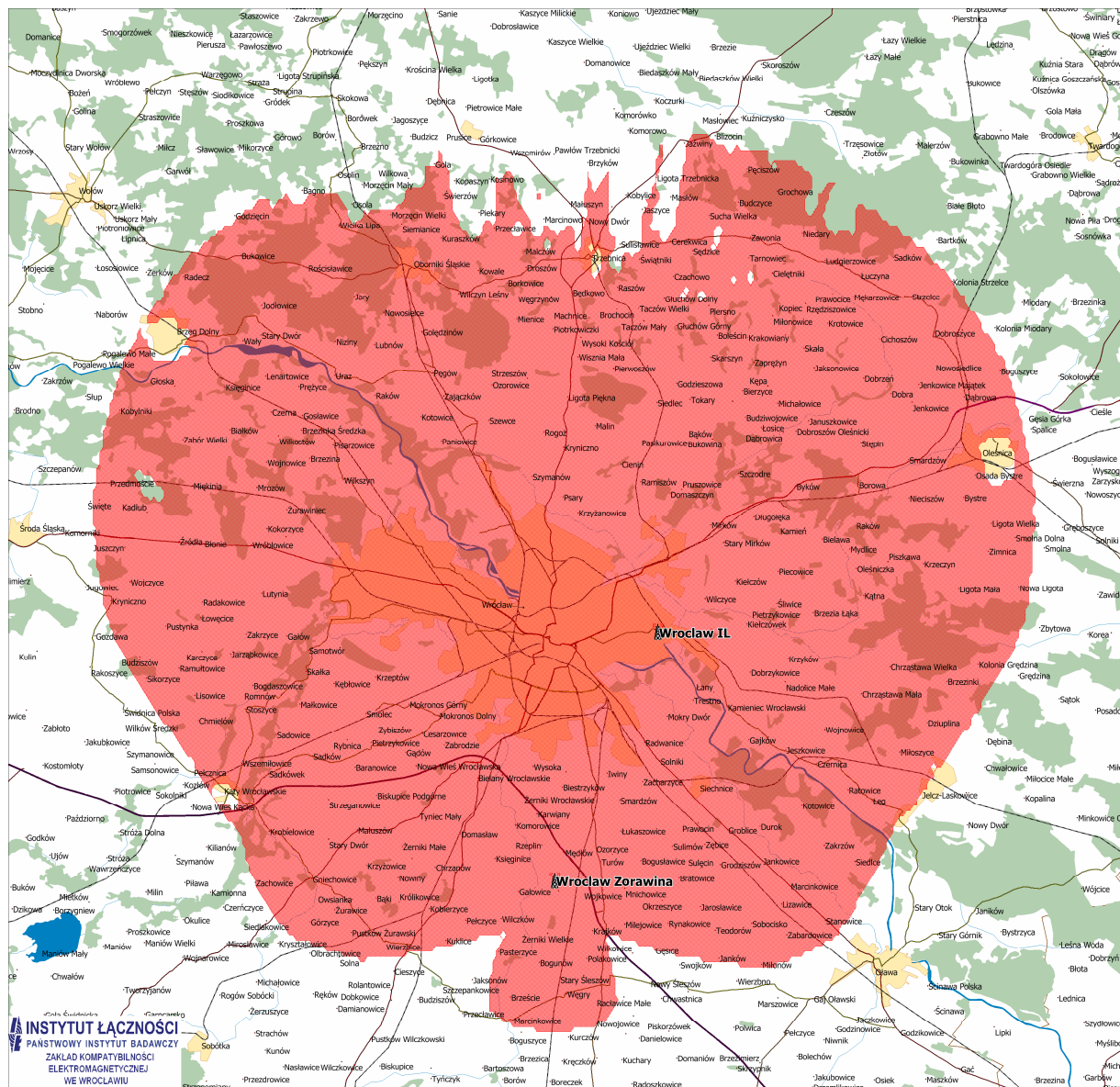
4.2.2 Odbiór przenośny zewnętrzny



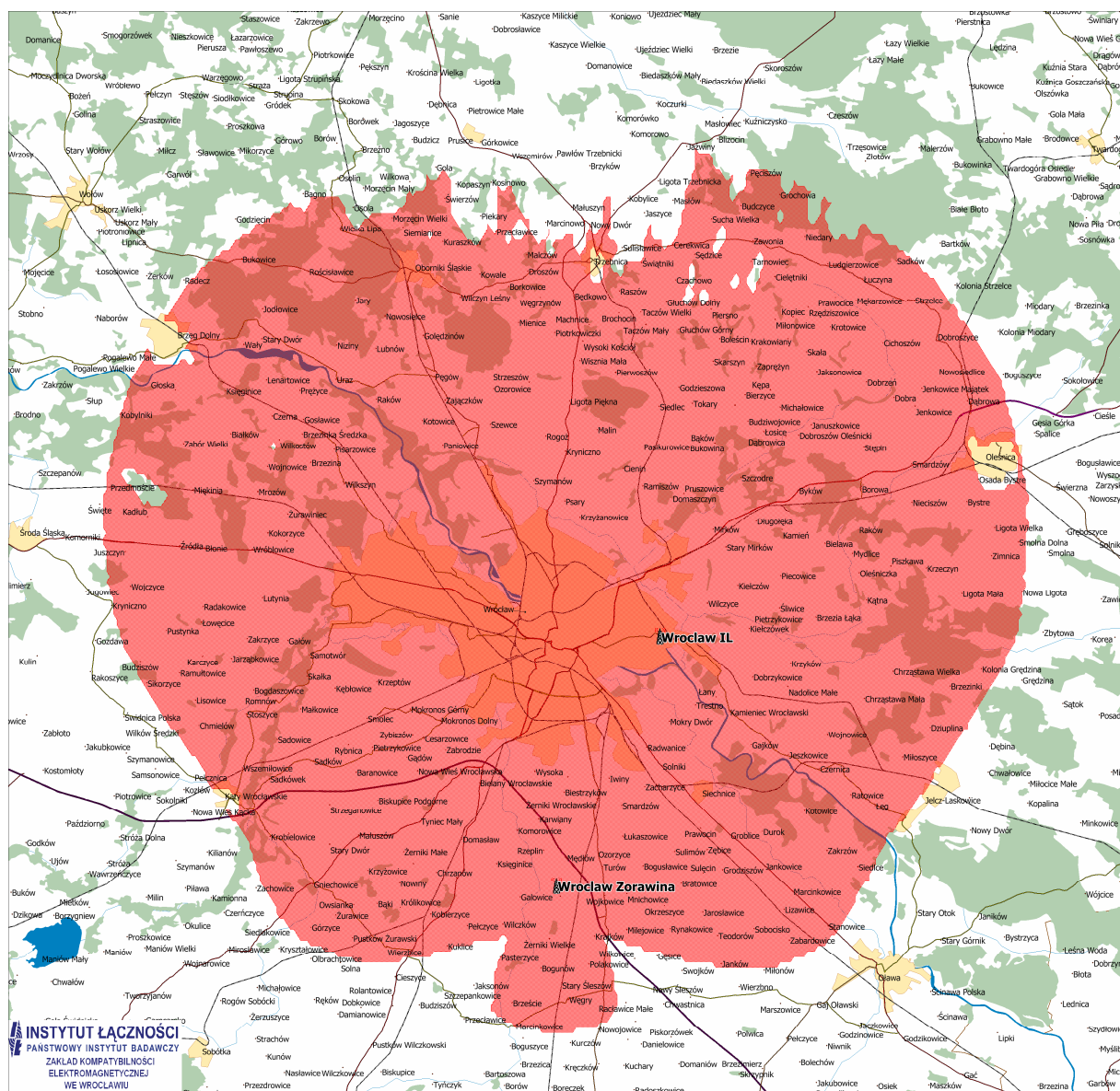
Rysunek 16 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym zewnętrznym dla trybów pracy od UEP1 do UEP5



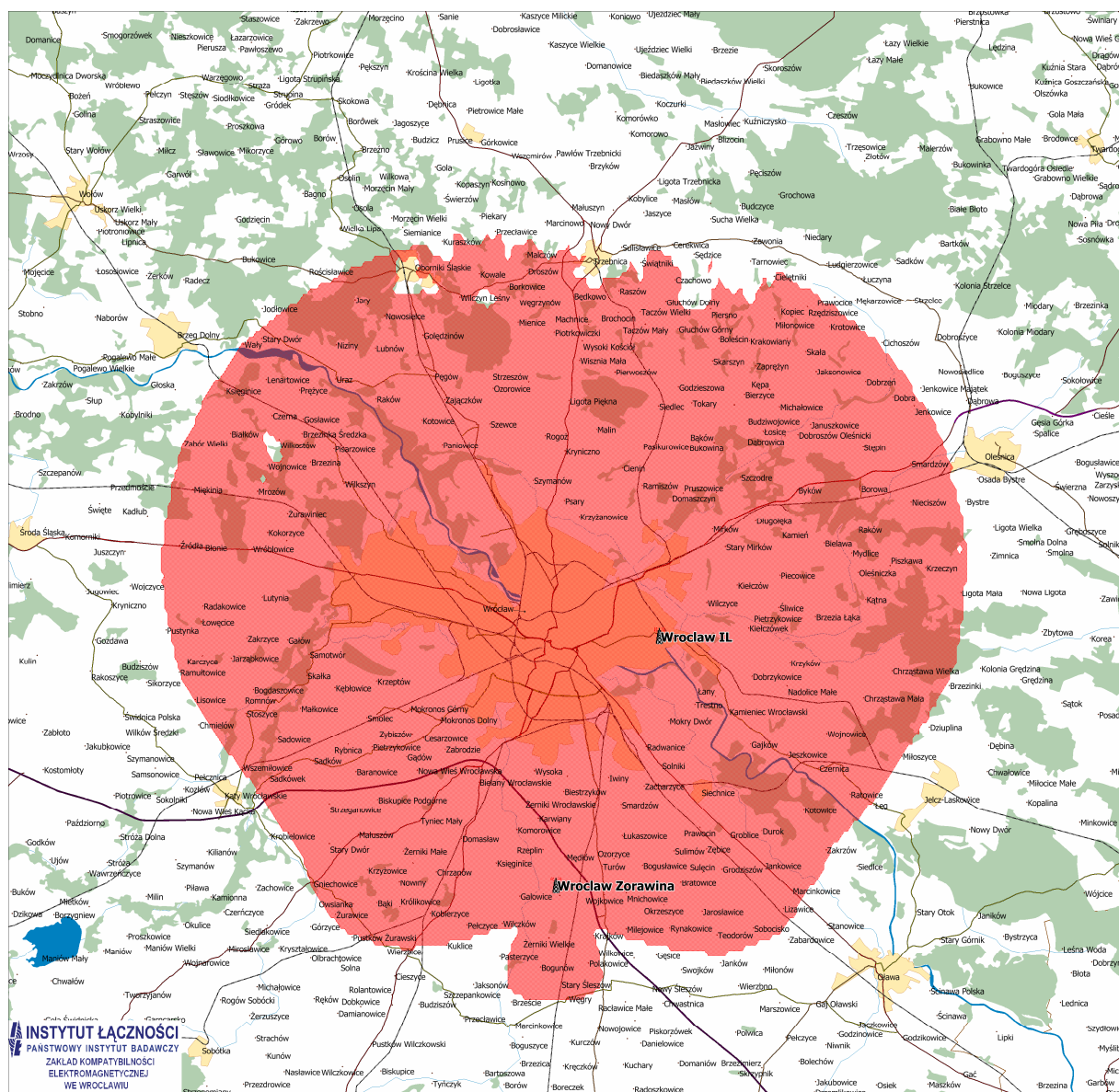
Rysunek 17 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym zewnętrznym dla trybu pracy UEP1



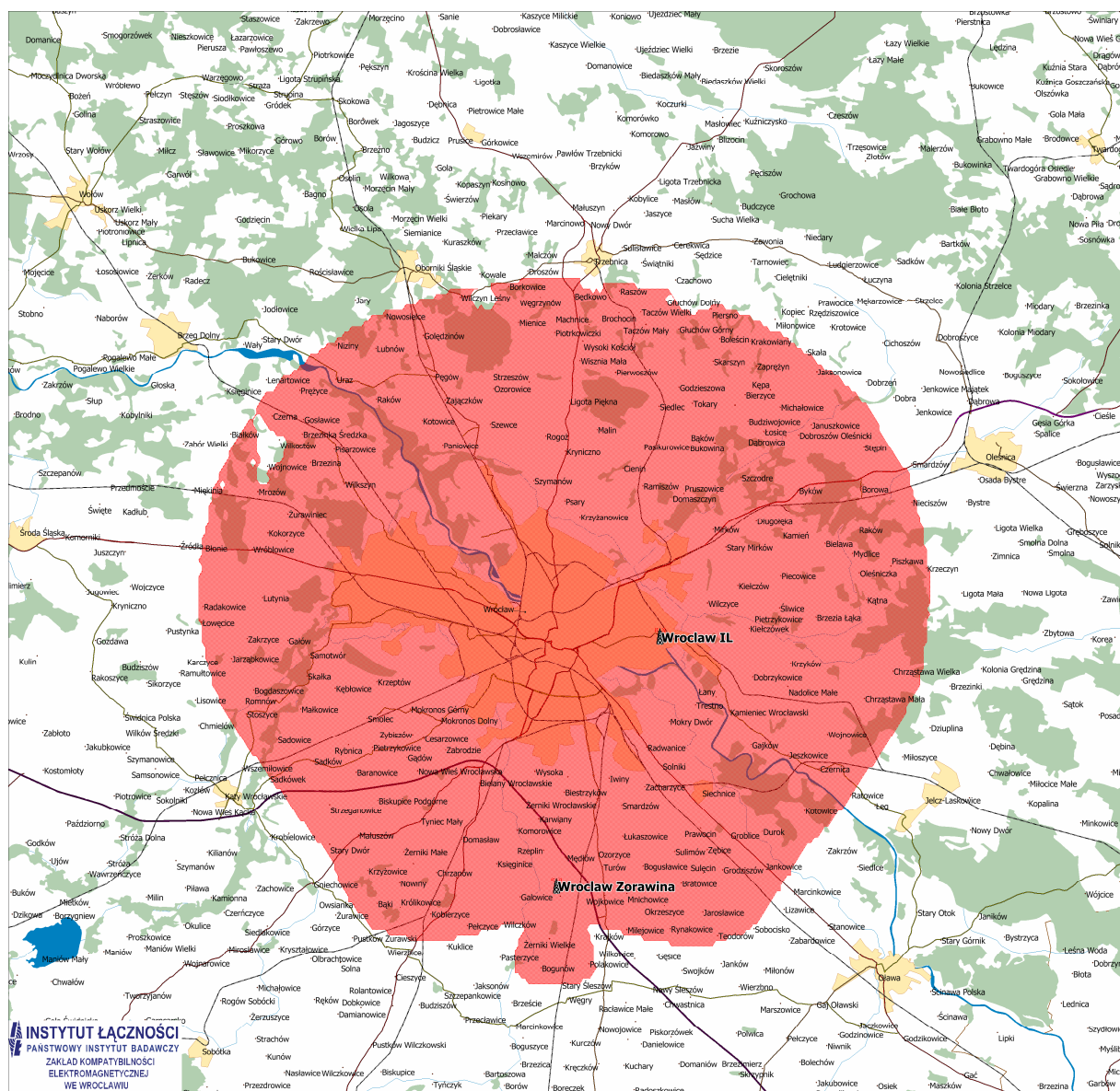
Rysunek 18 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym zewnętrznym dla trybu pracy UEP2



Rysunek 19 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym zewnętrznym dla trybu pracy UEP3

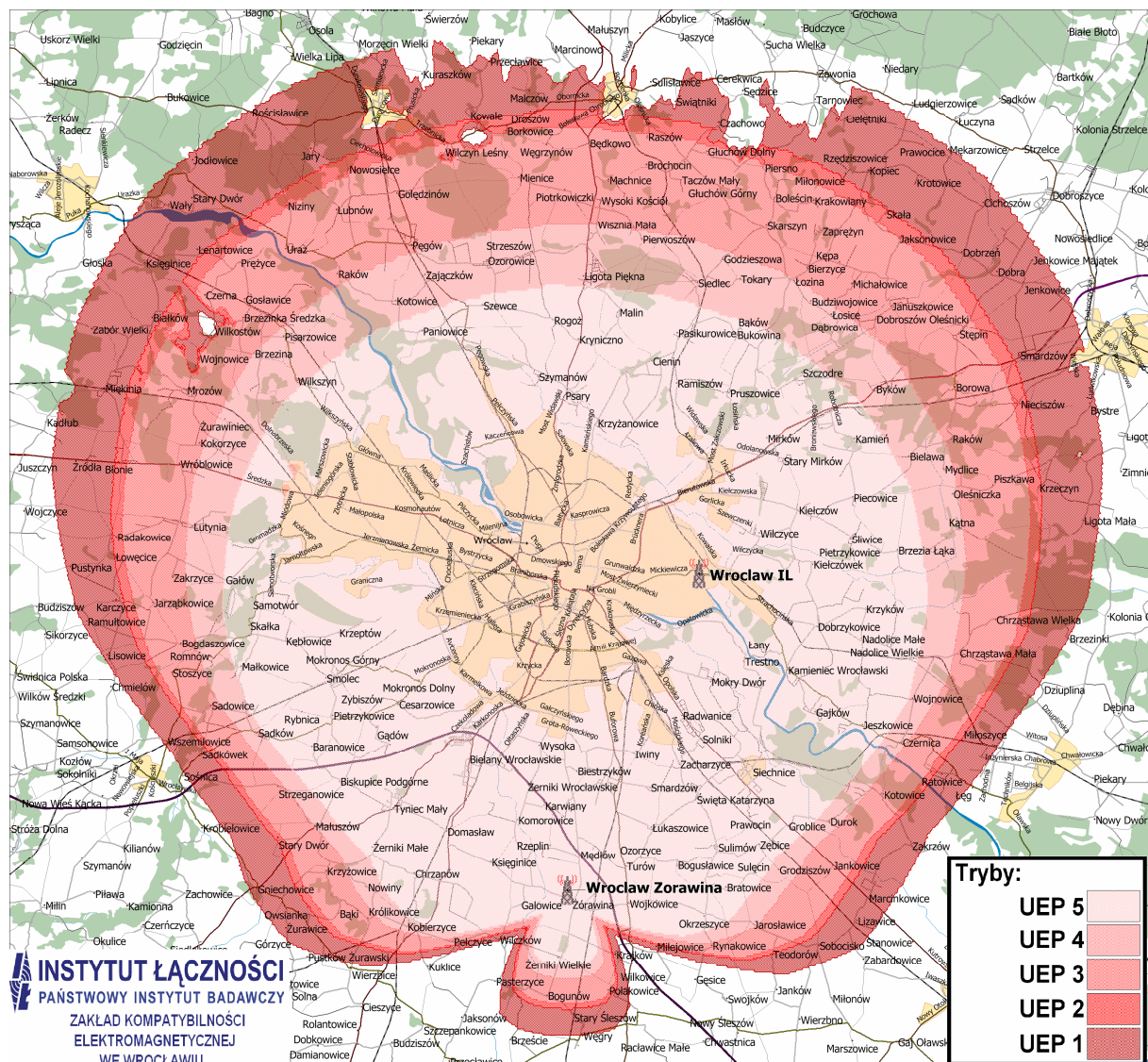


Rysunek 20 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym zewnętrznym dla trybu pracy UEP4

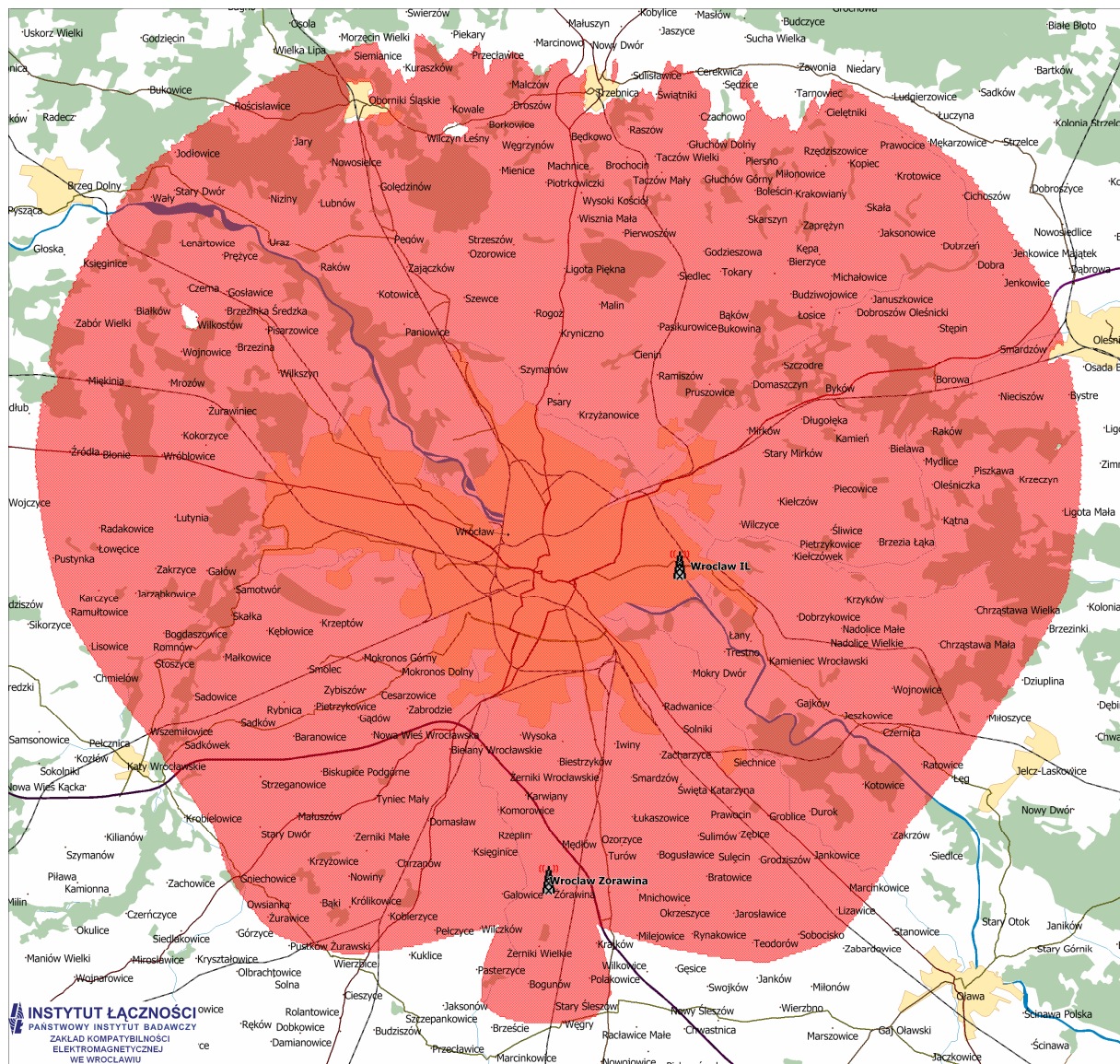


Rysunek 21 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym zewnętrznym dla trybu pracy UEP5

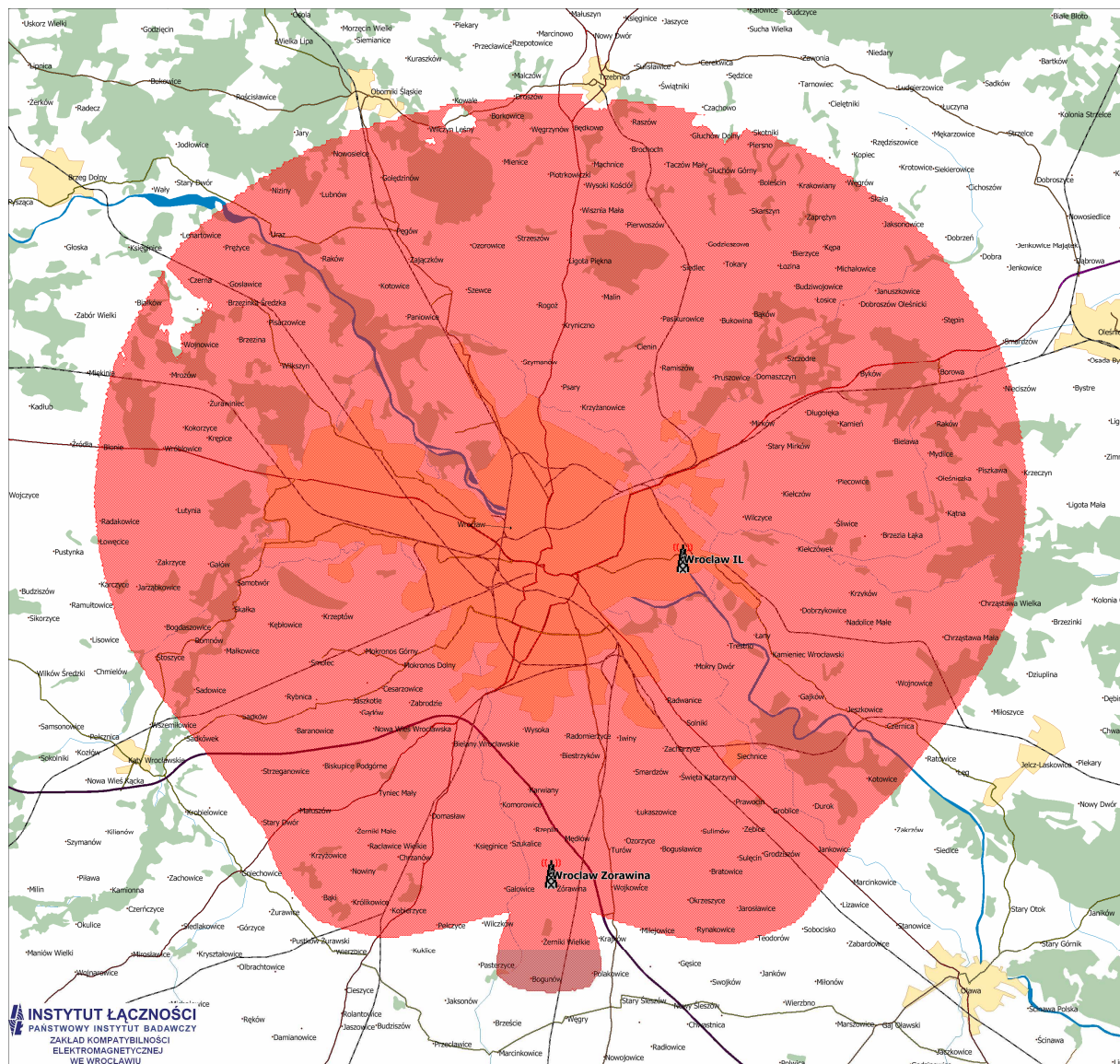
4.2.3 Odbiór przenośny wewnętrzny



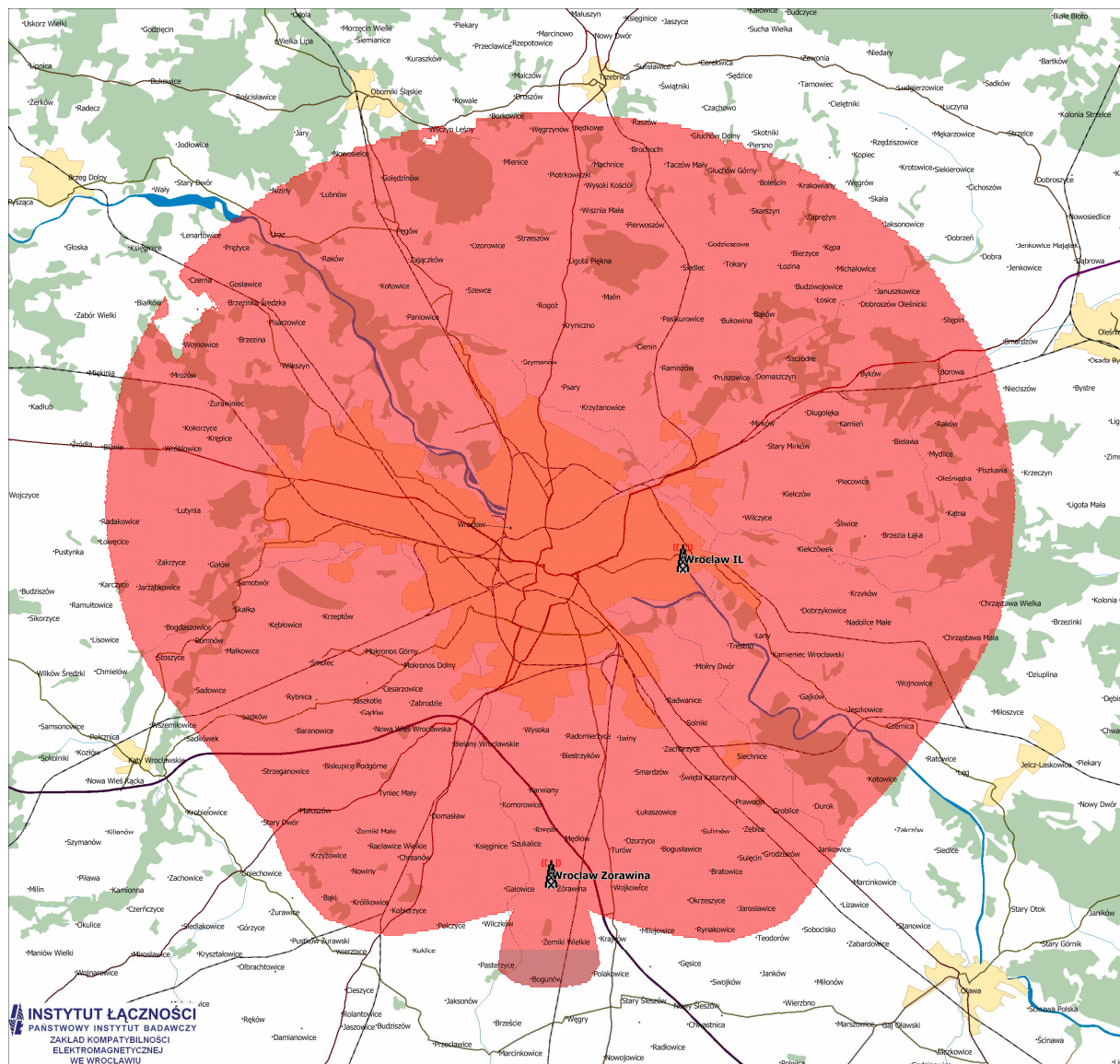
Rysunek 22 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym wewnętrznym dla trybów pracy od UEP1 do UEP5



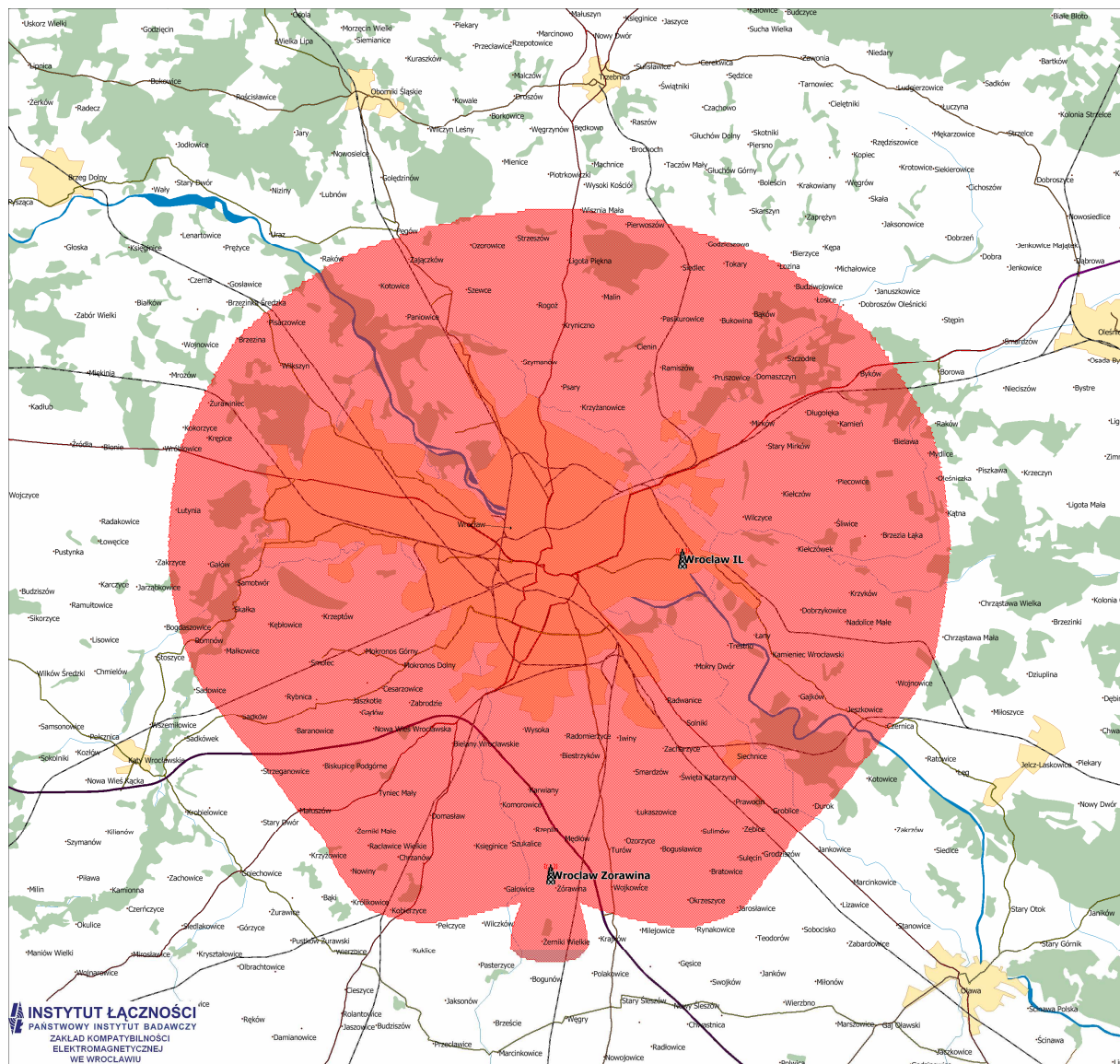
Rysunek 23 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym wewnętrznym dla trybu pracy UEP1



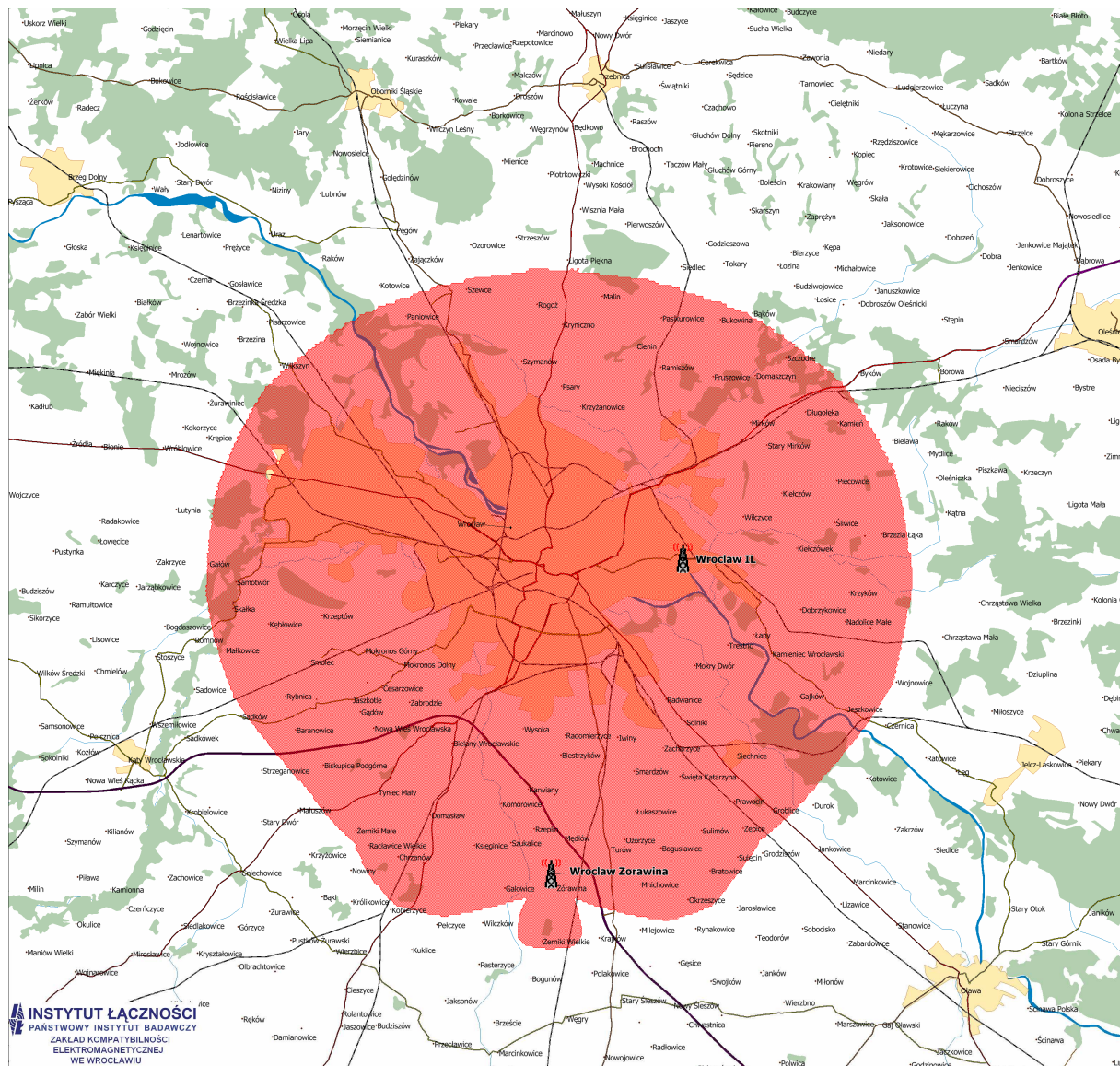
Rysunek 24 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym wewnętrznym dla trybu pracy UEP2



Rysunek 25 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym wewnętrznym dla trybu pracy UEP3



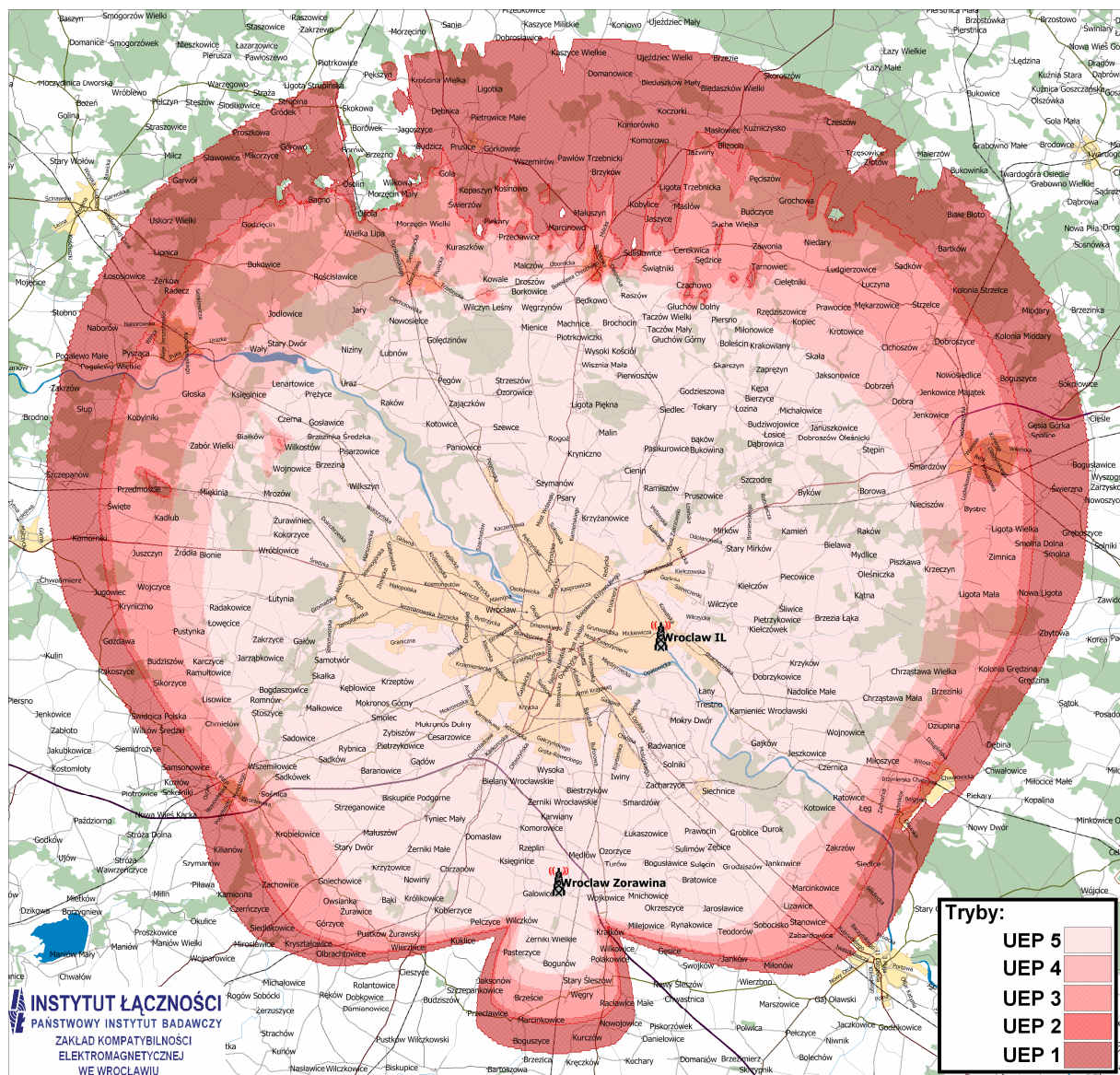
Rysunek 26 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym wewnętrznym dla trybu pracy UEP4



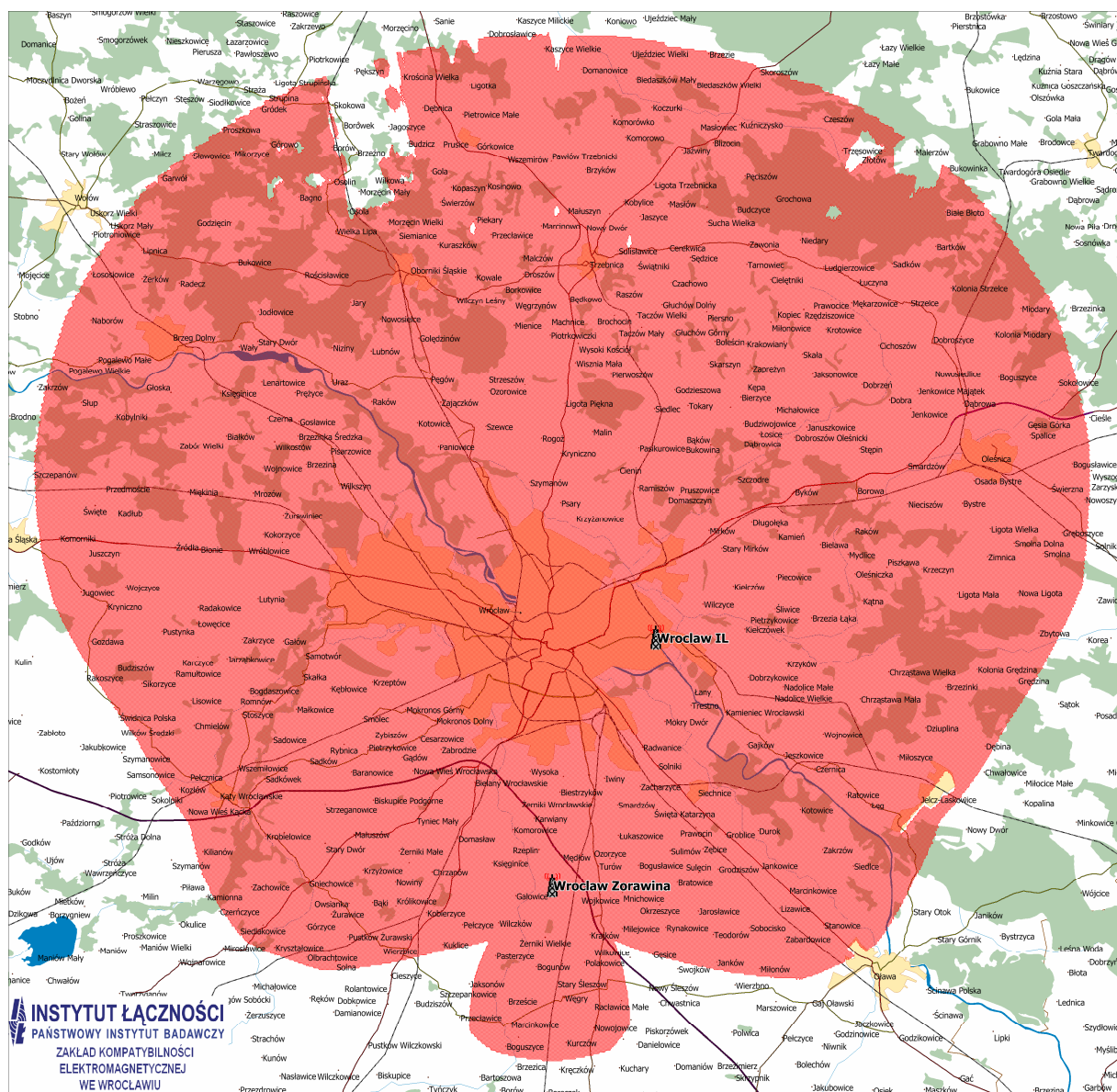
Rysunek 27 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze przenośnym wewnętrznym dla trybu pracy UEP5

4.2.4 Odbiór mobilny

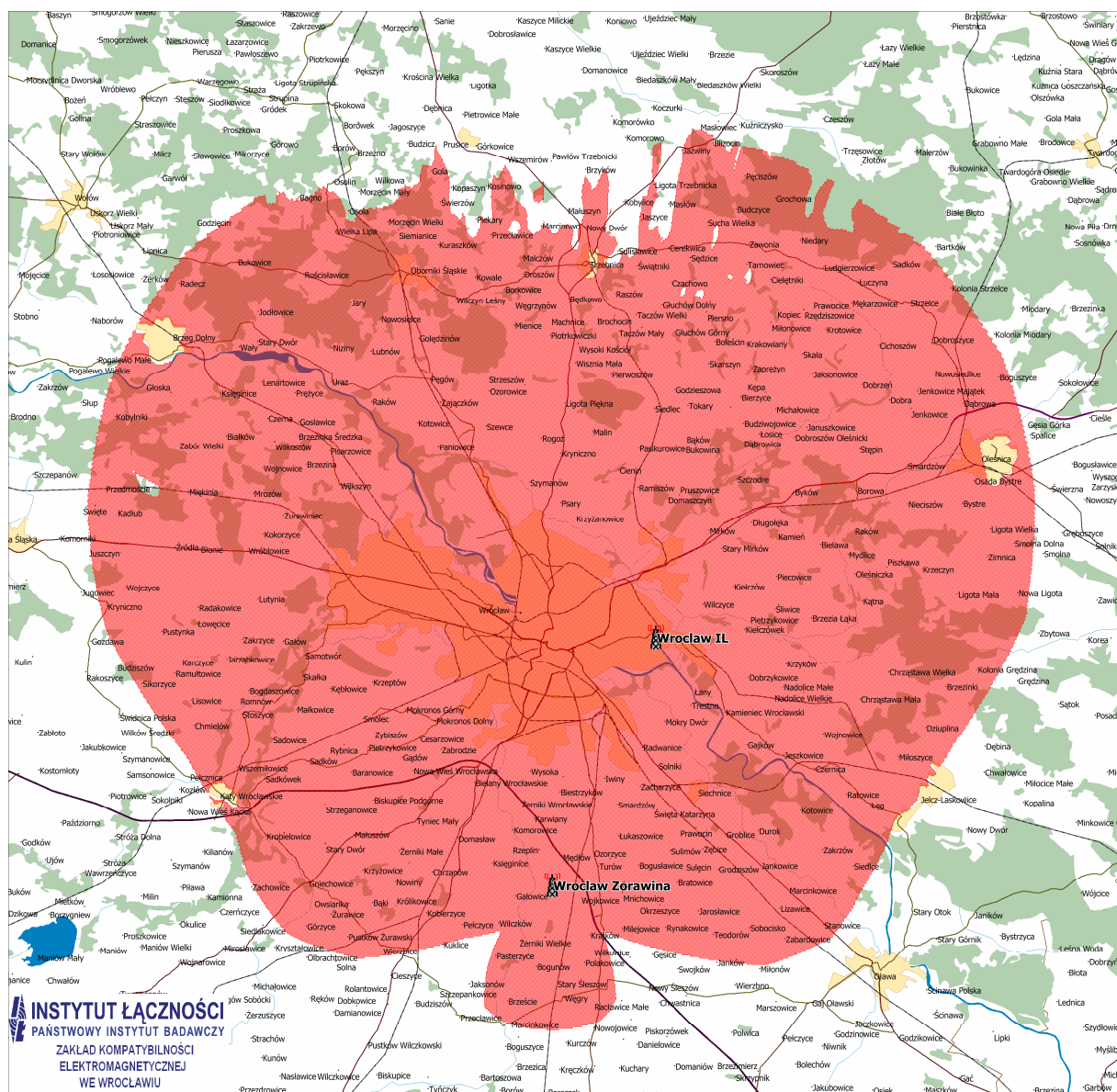
Odbiór mobilny za pomocą anteny samochodowej na dachu samochodu na wysokości 1,5m npt (typ odbiornik samochodowy, np. Highway)



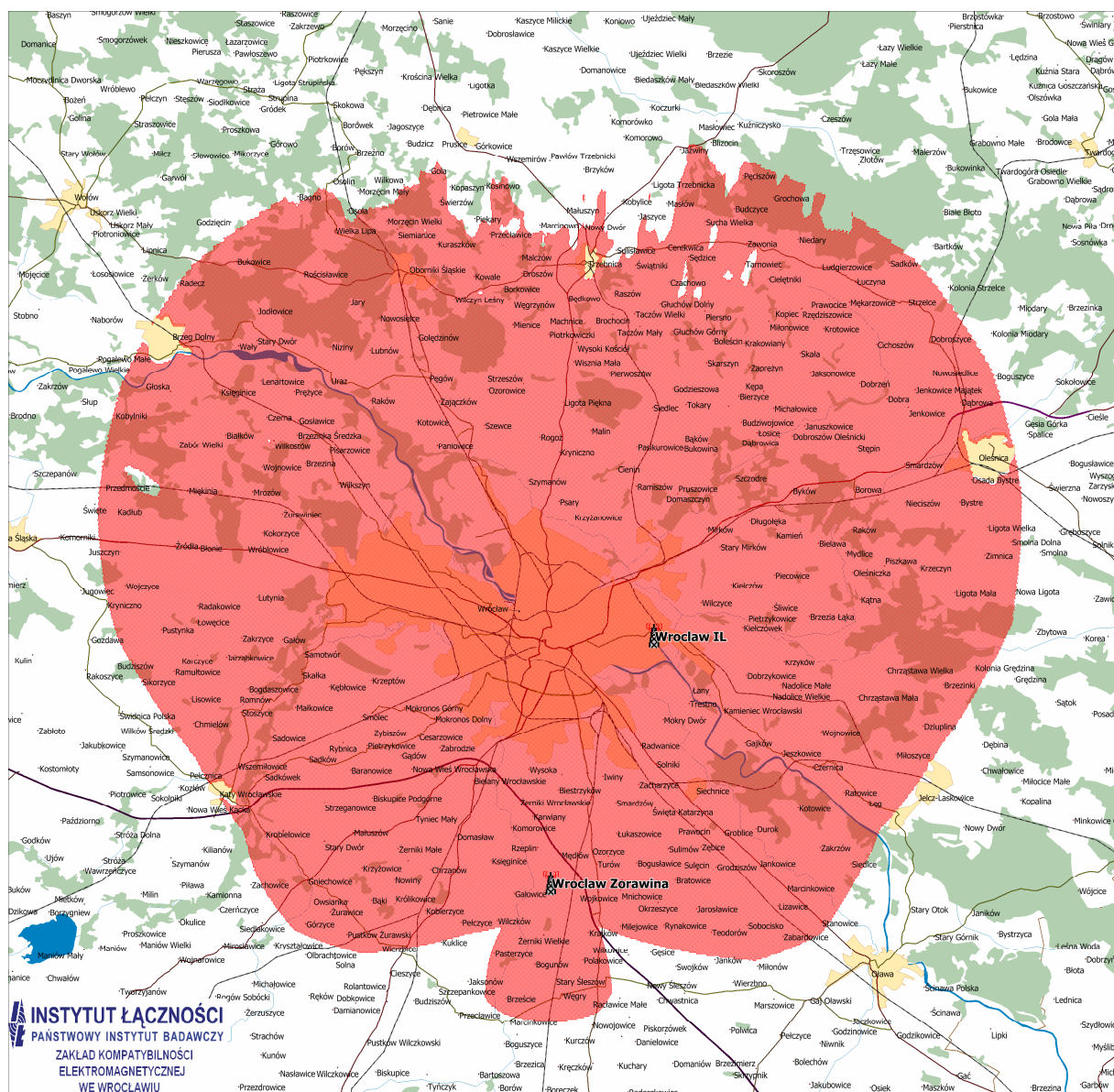
Rysunek 28 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym dla trybów pracy od UEP1 do UEP5



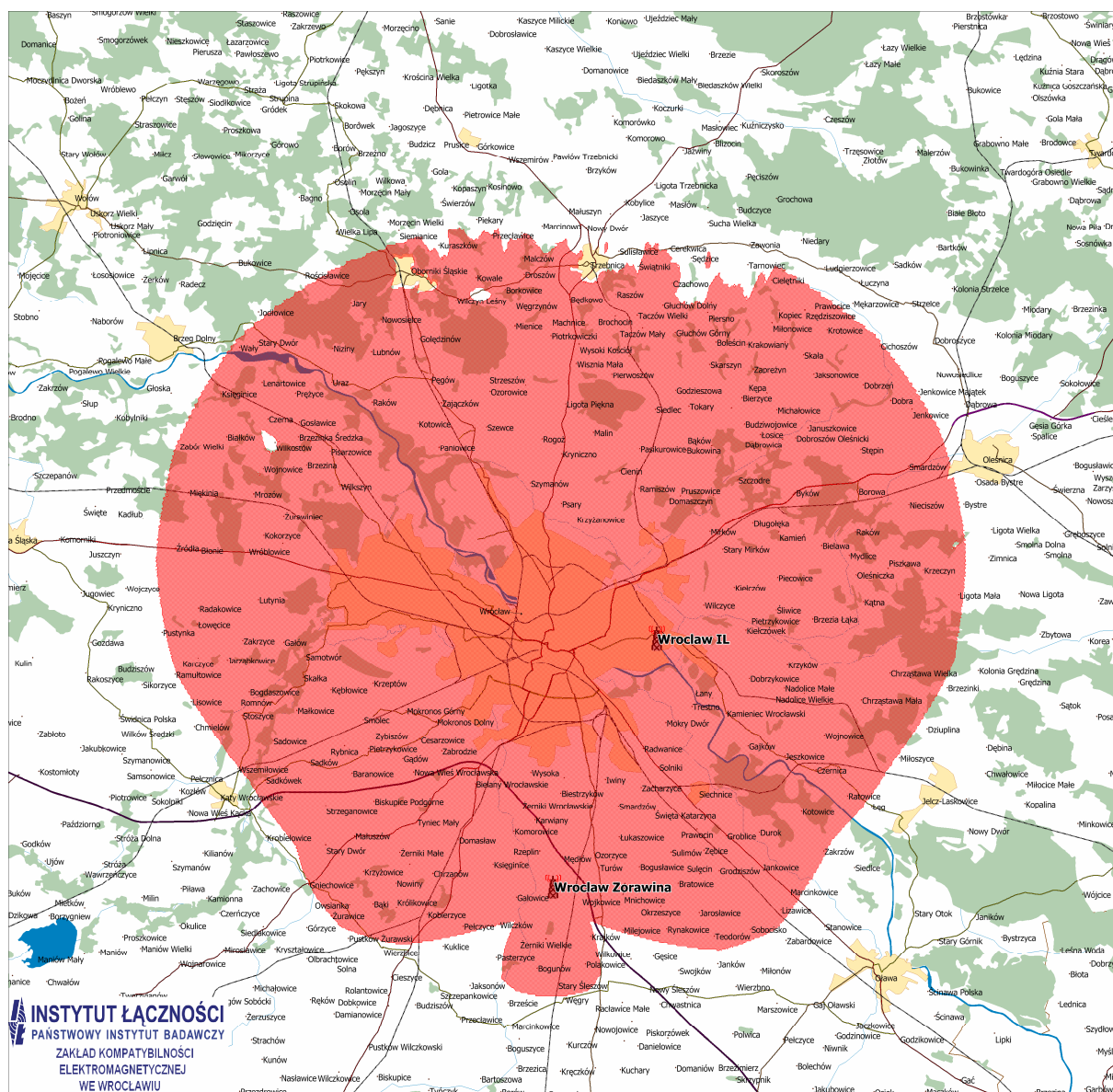
Rysunek 29 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym dla trybu pracy UEP1



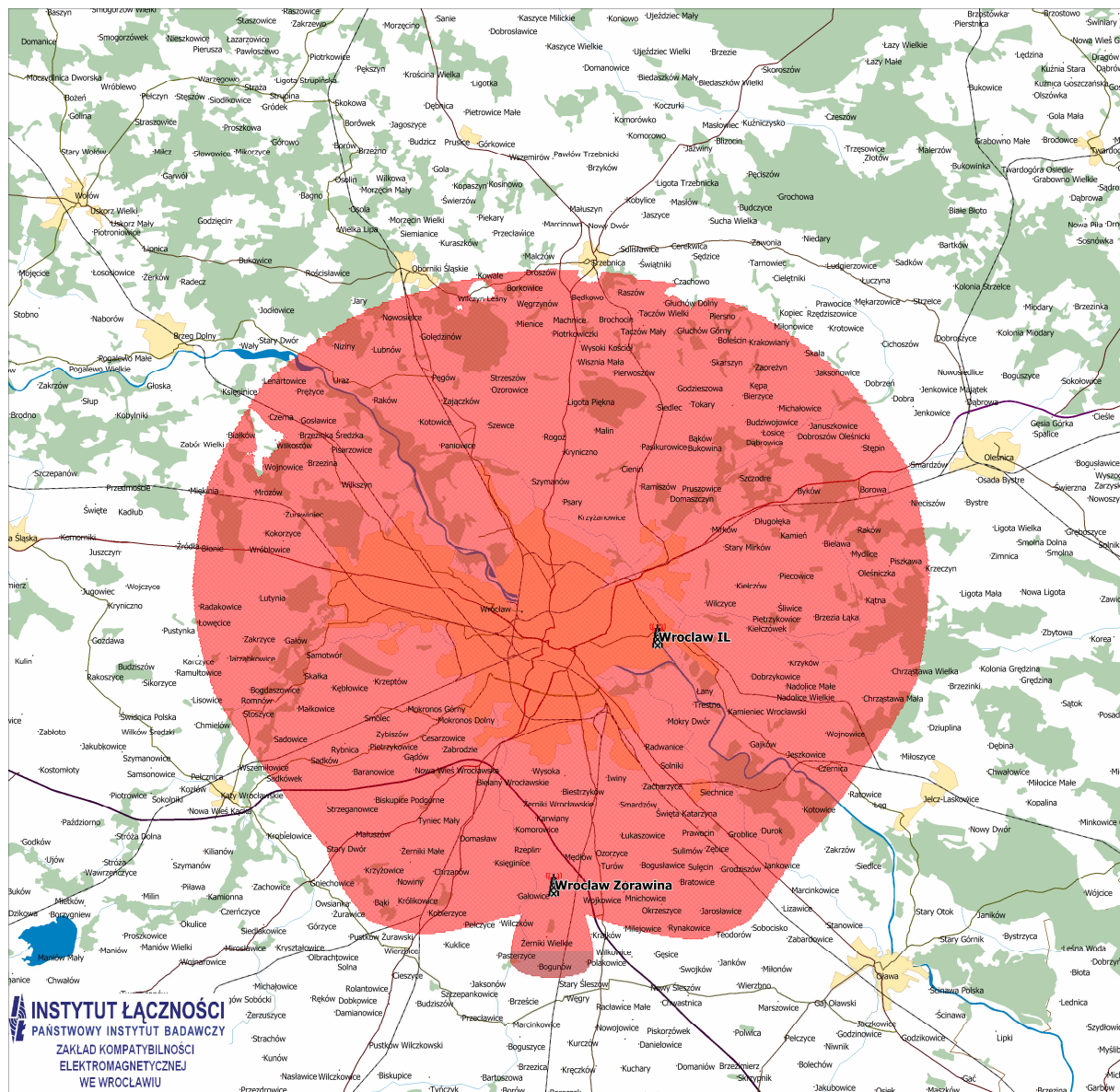
Rysunek 30 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym dla trybu pracy UEP2



Rysunek 31 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym dla trybu pracy UEP3



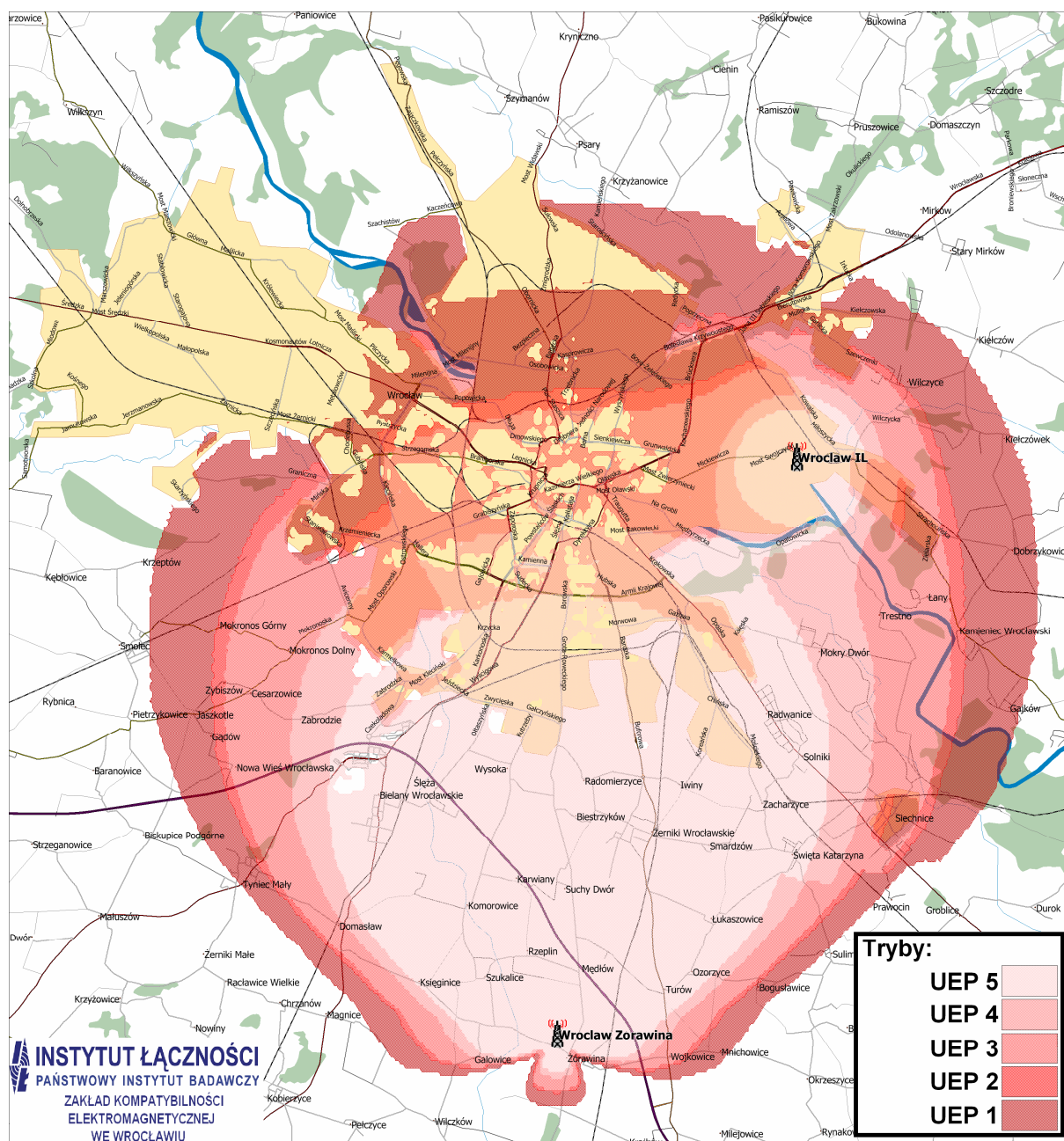
Rysunek 32 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym dla trybu pracy UEP4



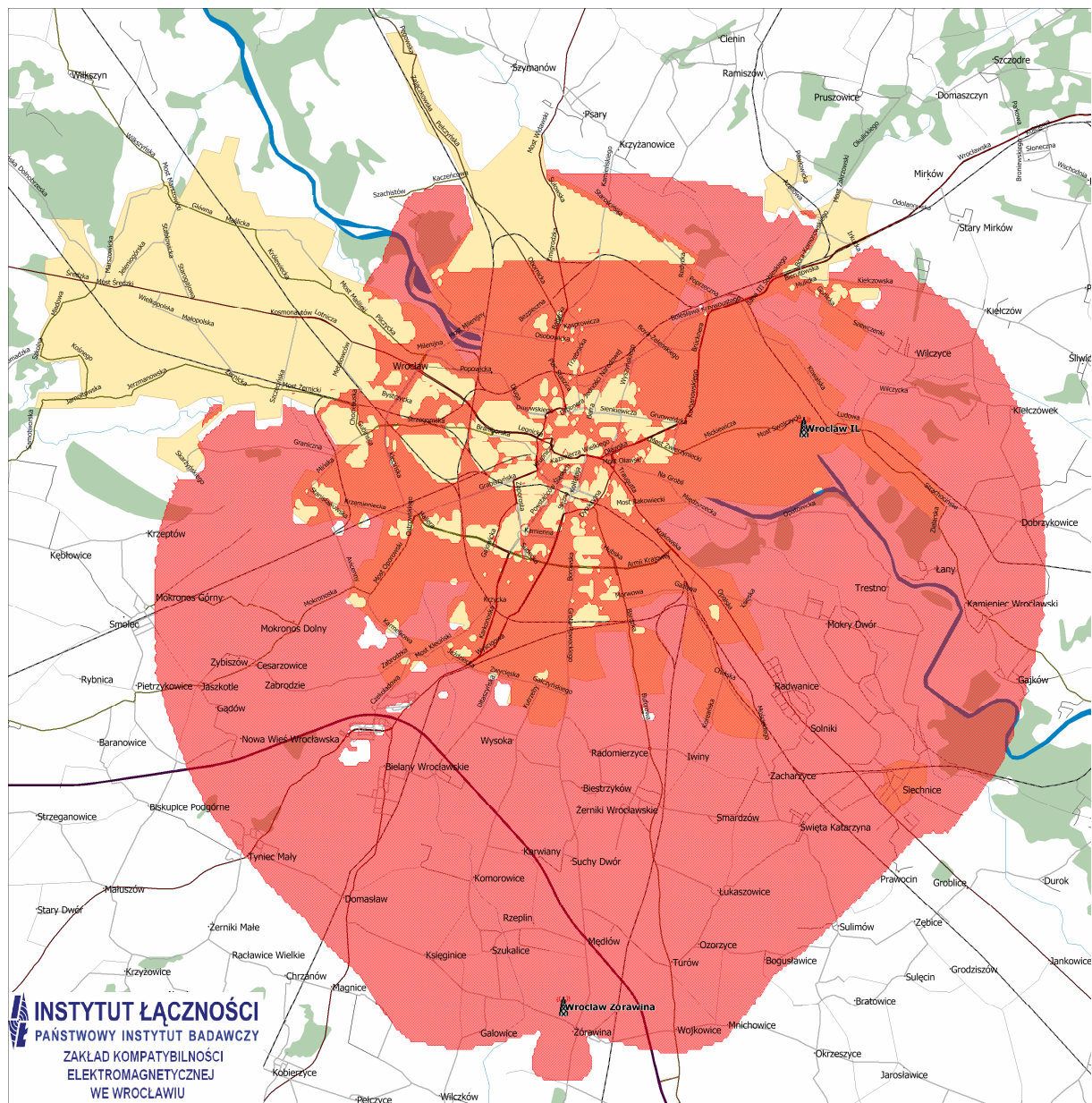
Rysunek 33 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym dla trybu pracy UEP5

4.2.5 Odbiór mobilny w pojeździe

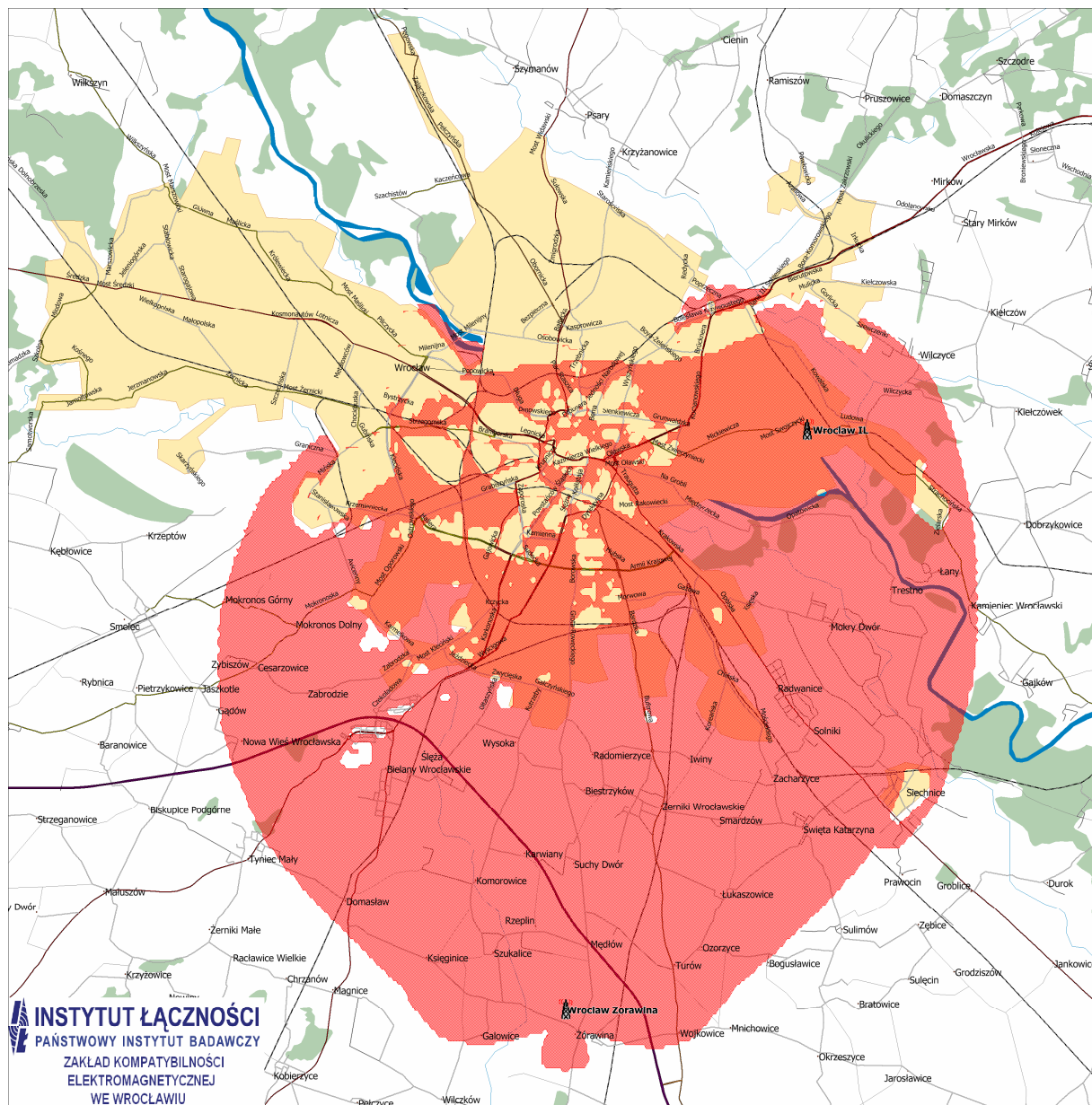
Odbiór za pomocą odbiornika przenośnego ze zintegrowaną anteną (typ Driver B20) w poruszającym się pojeździe, odbiornik wewnątrz pojazdu, np. na masce samochodu)



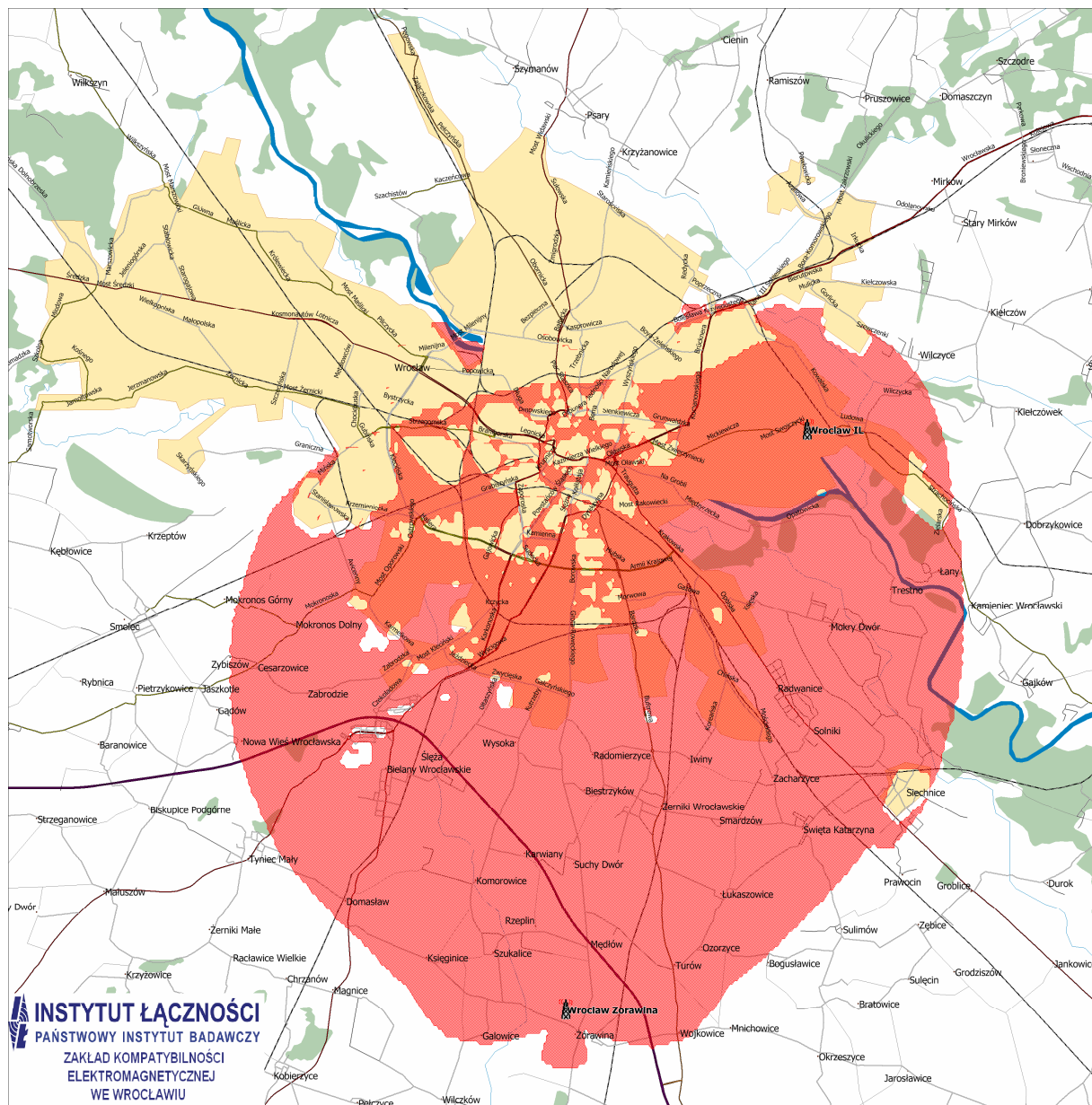
Rysunek 34 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym w pojeździe dla trybów pracy od UEP1 do UEP5



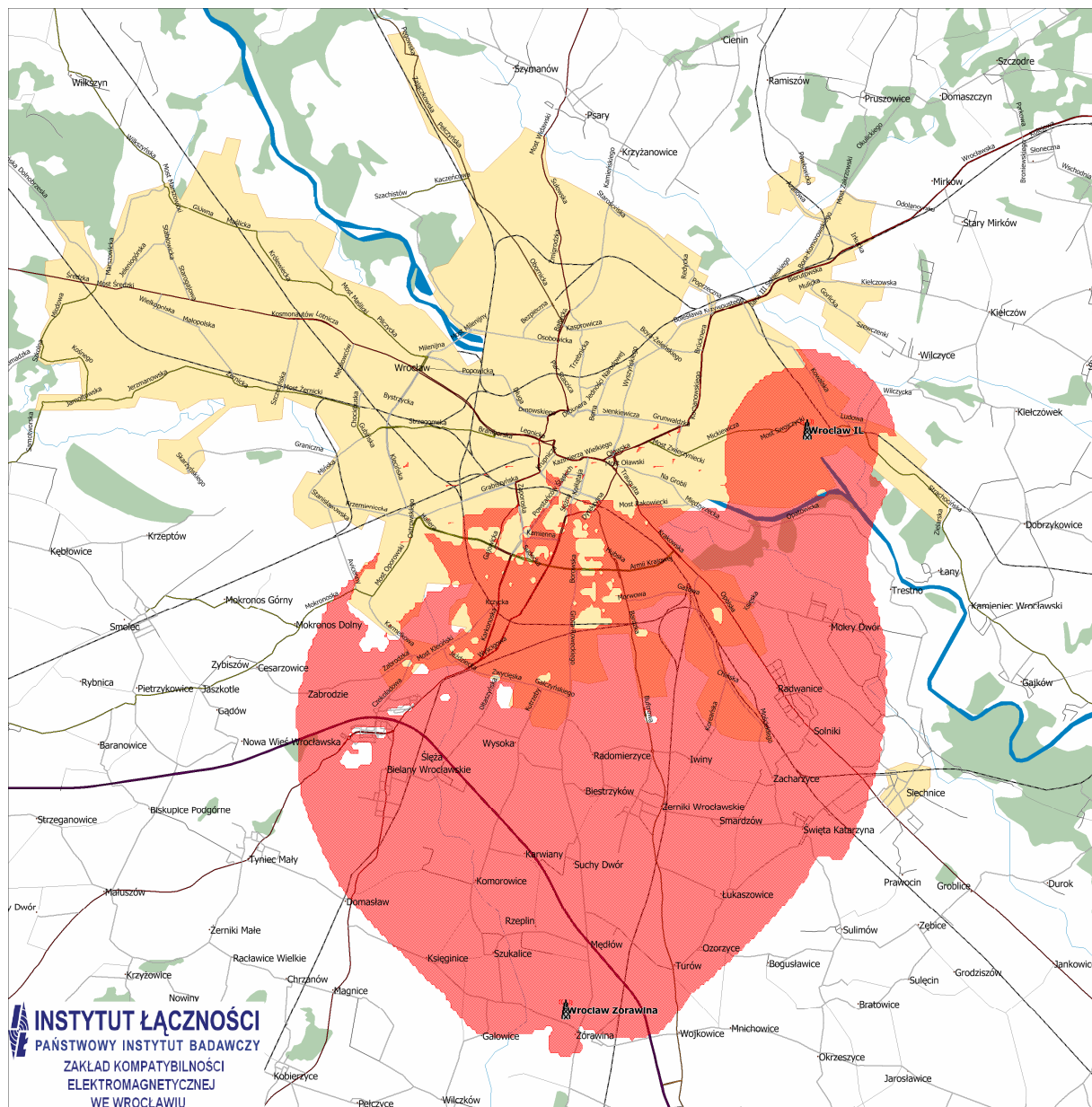
Rysunek 35 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym w pojeździe dla trybu pracy UEP1



Rysunek 36 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym w pojeździe dla trybu pracy UEP2



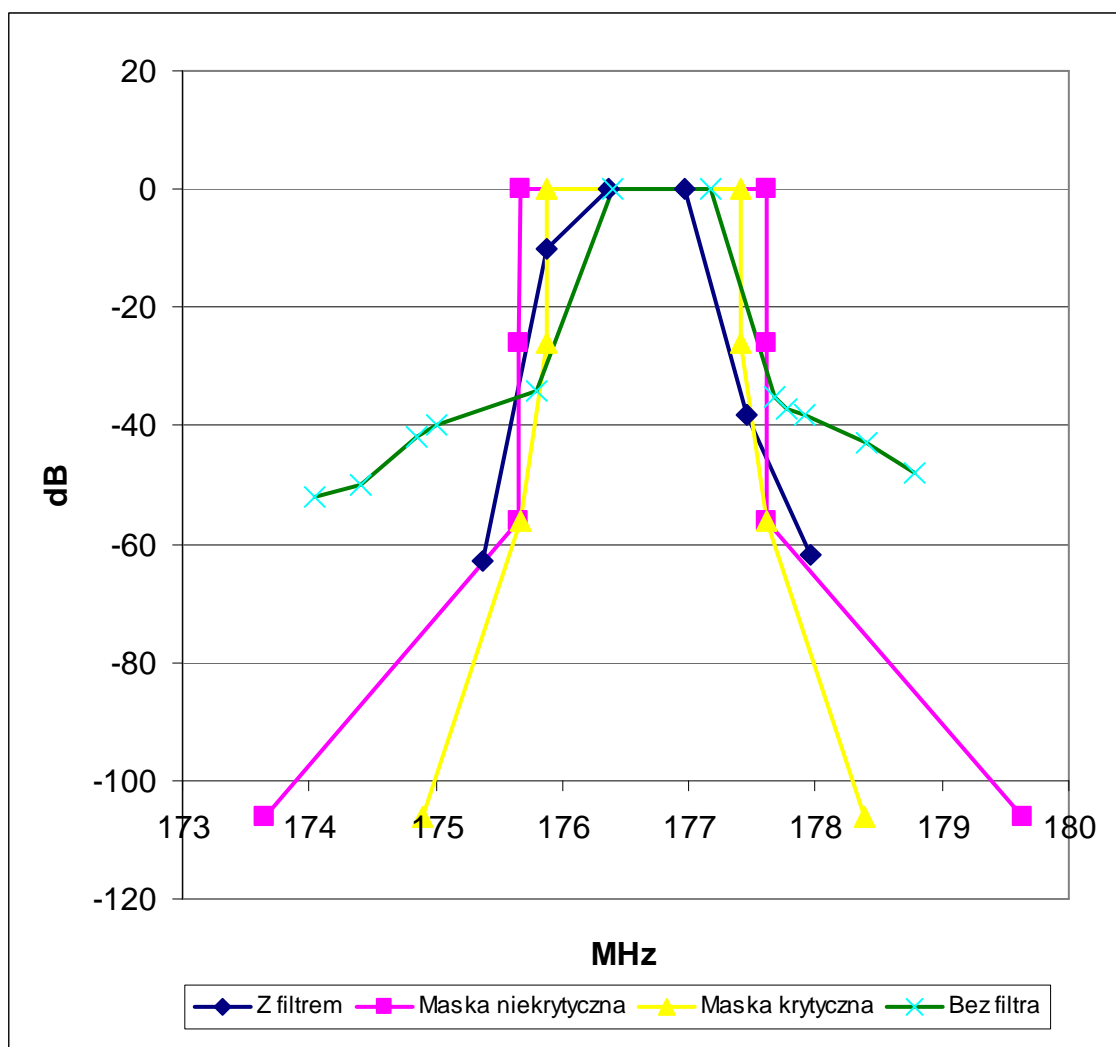
Rysunek 37 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym w pojeździe dla trybu pracy UEP3



Rysunek 38 Zasięg emisji testowej sieci DAB+ we Wrocławiu w odbiorze mobilnym w pojeździe dla trybu pracy UEP4

4.3 Pomiary sygnału DAB+

W trakcie testów systemu DAB+ we Wrocławiu przeprowadzono pomiary sygnału nadajnika w Instytucie Łączności. Zmierzono widmo sygnału i porównano go z maską wzorcową dla sygnału T-DAB. W związku z tym, że na wyjściu nadajnika był zamontowany filtr, pomiary przeprowadzono dla emisji z filtrem oraz dla emisji bez filtra. Otrzymane wyniki przedstawiono na poniższym rysunku oraz w tabeli. Jednoznacznie wskazują one, że bez zastosowania filtra na wyjściu nadajnika poziom emisji poza pasmem jest o ponad 20 dB powyżej dla maski niekrytycznej i blisko 40 dB dla maski krytycznej.



Rysunek 40 Zmierzony poziom emisji sygnału nadajnika DAB+ pracującego w Instytucie Łączności

Tabela 18 Zmierzone poziomy emisji sygnału nadajnika DAB+ pracującego w Instytucie Łączności

Częstotliwość [MHz]	Poziom [dB]
Z filtrem na wyjściu nadajnika	
175.37	-63
175.87	-10
176.37	0
176.96	0
177.46	-38
177.96	-62
Bez filtra na wyjściu nadajnika	
174.05	-52
174.4	-50
174.85	-42
175	-40
175.8	-34
176.4	0
177.17	0
177.67	-35
177.77	-37
177.91	-38
178.41	-43
178.79	-48

4.4 Odbiór testowy emisji DAB+

Emisję testową odbierano przy pomocy dwóch typów odbiorników. Odbiornika przenośnego ze zintegrowaną anteną teleskopową firmy iRiver oraz odbiornika samochodowego z dodatkową anteną zewnętrzną firmy Pure. Poniżej przedstawiono wykorzystywane odbiorniki wraz z podstawowymi parametrami technicznymi.



Fot. 3 Odbiornik DAB+ Pure Highway



Fot. 4 Antena zewnętrzna DAB+ Pure Highway

Parametry techniczne odbiornika PURE
Wymiary (SxWxG) - 122x70x29mm
Tuner: <ul style="list-style-type: none">- DAB zgodny z ETS 300 401, kompatybilny z odbiorem trybów 1-4, zakres częstotliwości 174-240 MHz.- FM zakres częstotliwości 87.6-107.9 MHz
Wyświetlacz: <ul style="list-style-type: none">- podświetlany na zielono LCD dwie linie po 16 znaków,
Zasilanie: <ul style="list-style-type: none">- konektor USB 5v,- dwie baterie AA,
Złącza: <ul style="list-style-type: none">- 3,5mm stereofoniczny wyjście audio- złącze anteny zewnętrznej
Pamięć stacji: <ul style="list-style-type: none">- DAB – 20 stacji- FM - 4 stacje
Skład zestawu: <ul style="list-style-type: none">- odbiornik PURE Highway- uchwyt samochodowy- zasilacz samochodowy- dodatkowa zewnętrzna antena- dodatkowa wewnętrzna antena- stereofoniczne słuchawki



Fot. 5 Odbiornik DAB+ iRiver

Dane techniczne odbiornika iRiver:	
Wymiary	80.9 x 49.5 x 16.3 mm
Tuner	DAB – zakres częstotliwości (174.9 MHz ~ 239.2 MHz) , (1452.960 MHz ~ 1478.640 MHz) FM - zakres częstotliwości 87.6-107.9 MHz
Wyświetlacz	LCD TFT 2.4" (320 x 240)
Zasilanie	- DC 5V USB - zintegrowany akumulator
Obsługiwane formaty	WMV9 SP,MPEG-4SP,TXT,JPG,Adobe Flash Life 2.1 , MPEG 1/2/2.5 Layer 3,OGG, WMA

W trakcie emisji testowej DAB+ pracownicy Instytutu Łączności prowadzili odbiór testowy programów radiowych przy użyciu w/w odbiorników komercyjnych w różnych porach dnia i nocy. Testowano zachowanie się odbiorników w typowych warunkach, podczas poruszania się samochodami, w ruchu pieszym czy tramwaju.

Dokonano podstawowej weryfikacji otrzymanych w analizach propagacyjnych zasięgów. Wstępne rezultaty wskazują na pełną poprawność zastosowanej metodyki do wyznaczania zasięgów stacji, której wyniki znalazły potwierdzenie w praktyce. Ze względu na zmieniające się warunki propagacyjne wypadkowe zasięgi zmieniają się w czasie (np. zasięg mobilny nawet o 5-6 km) jednak nigdy nie były mniejsze niż wskazane na prognozowanej mapie, która dotyczy „najgorszego przypadku” – czyli gwarantowanego odbioru w dowolnych warunkach propagacyjnych.

5. Podsumowanie

W okresie przejściowym tylko część z przydzielonych dla Polski na konferencji GE06 kanałów DVB-T i bloków T-DAB może być wykorzystana do emisji bez konieczności wyłączenia stacji TV analogowych ze względu na konieczność zachowania kompatybilności elektromagnetycznej z istniejącymi sieciami. Jednak na potrzeby emisji testowych możliwe jest wykorzystanie w niektórych lokalizacjach kanałów wolnych w danym obszarze lub z sąsiednich obszarów rezerwacji (np. blok 12C dla obszaru Warszawy, który docelowo wykorzystuje obszar rezerwacji Płock). Szczególnie interesujące wydaje się wykorzystanie kanału 5 (zatem i bloków T-DAB 5A-5D) który z uwagi na niską częstotliwość daje bardzo korzystne zasięgi a w tym kanale w kraju nie są prowadzone żadne emisje. Jego wykorzystanie jest możliwe w wielu miejscach kraju (także poza planem GE06), jednak w każdym przypadku trzeba przeprowadzić analizę kompatybilności z blokami w krajach sąsiednich. W przypadku pozytywnej koordynacji międzynarodowej być może uda się zapewnić dostęp do widma dla pełnego jednego multipleksu ogólnopolskiego DAB+. Pozwoliłoby to jeszcze przed wyłączeniem emisji analogowej na ogłoszenie przetargu i uruchomienie jednej sieci DAB+ w Polsce. Kolejne sieci będą mogły powstać po wyłączeniu telewizji analogowej, planowanej na 2013r.

Z uwagi na często rozległe powierzchniowo obszary rezerwacji w Polsce w paśmie III (w stosunku do obszarów rezerwacji dla DVB-T w paśmie IV i V) uzyskanie dobrego pokrycia obszaru rezerwacji z jednego, nawet wysoko wyniesionego obiektu nadawczego jest w wielu przypadkach nieosiągalne, stąd uwzględniając też korzyści

wynikające z zapewnienia równomiernego pola lepsze jest wykorzystywanie sieci jednocześnie wielostronnych SFN.

Przeprowadzone analizy wykazały, że podczas projektowania sieci konieczna jest jednoznaczna decyzja, który standard (T-DMB czy T-DAB) jak i który tryb odbioru w danym systemie będzie wykorzystywany. Związane jest to ze znacznymi różnicami i wymaganiami analizowanych systemów. Obszar zoptymalizowany i prawidłowo pokryty w systemie T-DAB może być słabo pokryty w systemie T-DMB. Także na optymalizację sieci wpływa typ oczekiwanego odbioru jednego systemu w jednej konfiguracji – inny typ odbioru może wymagać nieco innej sieci. Jest to szczególnie ważne w sieci cyfrowej gdzie utrata zasięgu oznacza każdorazowo niedopuszczalne pogorszenie jakości odbioru. Stawia to duże wymagania projektantom sieci, którzy muszą zagwarantować by w obszarze planowanego odbioru nie następowało „zrywanie” odbioru np. w obszarach zabudowanych czy zalesionych – co jest niezwykle uciążliwe dla odbiorcy.

Zależnie od wymaganego obszaru pokrycia, rodzaju systemu, trybu pracy, struktury sieci wynik optymalizacji sieci może być więc inny i na etapie projektu sieci należy przyjąć wszystkie docelowe założenia.

Emisja w systemie DAB (DAB+) w paśmie III umożliwia nadawanie radiofonii cyfrowej bardzo wysokiej jakości (zbliżonej do CD) na znacznych obszarach kraju. W przypadku pasma L uzyskiwane zasięgi są mniejsze a budowa sieci kosztowniejsza. Pasma L może być jednak z powodzeniem wykorzystywane do lokalnych emisji miejskich. Szerokie wdrożenie emisji DAB/DAB+ pozwoliłoby też na transmisję bardzo wielu programów radiowych ogólnopolskich, co jest niemożliwe obecnie w technice UKF FM. Wydaje się, że oba powyższe czynniki (jakość CD i odbiór ogólnopolski) będą skłaniać nadawców programów radiowych do zainteresowania się emisją w DAB/DAB+. Istotną zaletą cyfryzacji powinno być zaoferowanie nowych programów radiowych niedostępnych w danym miejscu w technice UKF FM. Ponieważ nie jest obecnie planowane wyłączenie emisji UKF FM i można założyć kontynuację nadawania w tym systemie przez kolejne lata (a odbiorniki są powszechnie dostępne), nie istnieje konieczność równoległego nadawania programów dostępnych w technice analogowej za pomocą DAB+ i możliwe jest

przeznaczenie całego multipleksu DAB+ na programy niedostępne w danym regionie w technice analogowej.

System T-DMB umożliwia emisję programów telewizyjnych do terminali noszonych. Ze względu na słabsze anteny terminali noszonych i trudniejsze warunki odbioru system ten odznacza się nieco niższym zasięgiem wypadkowym niż system DAB/DAB+ przy nieco gorszej efektywności w przypadku jego wykorzystywania wyłącznie do emisji programów radiowych. Oznacza to, iż zastosowanie tego systemu jedynie do emisji programów radiowych będzie mijać się z celem, natomiast może on budzić zainteresowanie jako jeden z wariantów emisji telewizji mobilnej. W emisji testowej we Wrocławiu sprawdzono możliwość emisji w jednym zespole wspólnie strumienia DAB+ i DMB.

Ponieważ w Polsce podjęto działania, zgodne z zaleceniami Komisji Europejskiej, by standardowym systemem telewizji mobilnej stał się system DVB-H, który to obecnie jest wdrażany na terenie 31 miast Polski, nie powinno się obecnie podejmować prac zmierzających do stworzenia konkurencyjnej oferty telewizji mobilnej w innym standardzie technicznym – np. T-DMB. Dlatego ewentualne wykorzystanie standardu DMB powinno być ograniczone do chwilowych transmisji video ze studia czy z innego miejsca podczas gdy zasadniczo multipleks powinien być wykorzystywany do transmisji dźwięku i ewentualnie dodatkowych informacji nieruchomych, np. zdjęcia.

Podjęte w Instytucie Łączności o/Wrocław prace wspólnie z PRW i TP Emitel są pionierskimi w odniesieniu do wdrażania radiofonii cyfrowej wysokiej jakości w Polsce. System DRM, nad którym również prowadzone są w Polsce prace nie umożliwia stosowania przepływności 96 kb/s i więcej a więc nie pozwala na uzyskiwanie tak wysokiej jakości dźwięku jaka jest możliwa w systemach DAB+/DMB. Ponadto nie umożliwia takich możliwości transmisji dodatkowych danych (obrazów, slajdów, video) jakie ma system DAB+/DMB. Działania te zostały dostrzeżone przez regulatorów (UKE i KRRiT), którzy objęli nad nimi swój patronat. Zainteresowanie nadawców tym eksperymentem doprowadziło do uruchomienia w listopadzie 2009 kolejnej emisji testowej - tym razem w Warszawie. Można mieć nadzieję, że podjęcie tego tematu przyczyni się do pozytywnego rozwoju procesu cyfryzacji radiofonii w Polsce w nieodległej przyszłości. Ponieważ nie ma w Polsce

planu czy strategii cyfryzacji radiofonii, konieczne będzie prowadzenie w ŁŁ dalszych prac wspomagających Administrację oraz dalsza kontynuacja prac badawczych w odniesieniu do planowania i optymalizacji sieci.

6. Literatura

1. *Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06)*, Genewa, June, 2006;
2. ITU-R, Recommendation P,1546-3, *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz*, 2006, Geneva;
3. ETSI TS 102 428, *DMB video service*; User Application Specification ETSI, 2005;
4. ETSI TS 102 563 V1.1.1 (2007-02), Technical Specification Digital Audio Broadcasting (DAB); Transport of Advanced Audio Coding (AAC) audio
5. EBU TECH 3317, *Planning parameters for hand-held reception*, Geneva, December 2006;
6. Praca zbiorowa pod kier. D. Więcka: *Metody optymalnego wykorzystania widma radiowego przez sieci naziemne radiodifuzji cyfrowej*, Sprawozdanie nr Z21/21300015/951/05, Instytut Łączności, Warszawa-Wrocław 2005;
7. Praca zbiorowa pod kier. D. Więcka: *Platforma cyfryzacji radiofonii i telewizji*, Sprawozdanie nr Z21/21300046/1012/06, Instytut Łączności, Warszawa-Wrocław 2006;
8. Badanie kompatybilności systemów HD Radio i UKF FM, Instytut Łączności, Z21/21400476/1005/2006, Wrocław 2006;