



WPLYW ZMIANY PRZEZNACZENIA PASMA 700 MHz NA INNE SYSTEMY BEZPRZEWODOWE W POLSCE

INFLUENCE OF THE 700 MHz BAND ALLOCATION CHANGE ON OTHER WIRELESS SYSTEMS IN POLAND

Streszczenie: Przeanalizowano wpływ planowanej Decyzji Parlamentu Europejskiego i Rady dotyczącej zmiany przeznaczenia pasma 700 MHz (694-790 MHz). Decyzja ta nakazuje państwu członkowskim przeznaczenie pasma 700 MHz na potrzeby systemów komórkowych (4G/5G) co będzie miało istotny wpływ na inne systemy pracujące obecnie w tym paśmie w Polsce tj. naziemną telewizję cyfrową DVB-T, mikrofony bezprzewodowe i inne urządzenia wspomagające produkcję programów (PMSE) a także na nowy rynek systemów białych przestrzeni widma pasm TV (TV White Spaces).

Abstract: Influence of the European Parliament and of the Council Decision on 700 MHz band (694-790 MHz) allocation change was analyzed. The Decision order EU countries for allocation of this frequency range for mobile cellular systems (4G/5G) which have significant influence on existing wireless systems in Poland: digital broadcasting (DVB-T), radio microphones and other wireless systems: supporting programme making and special events (PMSE) as well as new potential wireless market based on the TV White Space applications.

Słowa kluczowe: 700 MHz 4G, 5G, DVB-T, LTE, PMSE, TV WS, zarządzanie widmem radiowym

Keywords: 700 MHz, 4G, 5G, DVB-T, LTE, PMSE, TV White Space, frequency management

1. WSTĘP

W związku z rosnącym ruchem w sieciach operatorów komórkowych (3G, 4G) występuje bardzo duża presja producentów i operatorów tego sektora na Administrację i instytucje międzynarodowe (tj. KE, CEPT, ITU) w celu przeznaczenia jak największej części widma radiowego na wyłączne potrzeby tego sektora. W efekcie kolejne, dodatkowe zakresy radiowe przeznaczane są na wyłączność do dyspozycji dużych operatorów komórkowych. Stało się tak już w przypadku pasma 800 MHz (790-862 MHz) w wyniku decyzji konferencji WRC07 o dopuszczeniu w tym zakresie systemów mobilnych, oraz późniejszej decyzji harmonizacyjnej Komisji Europejskiej [1]. Podobną decyzję podjęto na konferencji WRC12 w sprawie wspólnej alokacji systemów komórkowych [2] i radiodifuzyjnych w paśmie 700 MHz (694-790 MHz), a ostatnio na konferencji ITU WRC15 [3] dokonano np. alokacji kolejnych pasm na rzecz operatorów komórkowych: pasma L (1427-1452 MHz i 1492-1518 MHz) czy

części pasma C (3400-3600 MHz). Bardzo często skutkuje to problemami kompatybilności elektromagnetycznej i ryzykiem powstania zakłóceń interferencyjnych, w efekcie systemy dotychczas użytkujące dane pasmo muszą je opuścić i zostać przeniesione w inne zakresy częstotliwości, gdyż operatorzy komórkowi oczekują wyłączności użytkowania na całym terytorium kraju, a także jego ochrony przed zakłóceniami przez zastosowanie wielokilometrowych odległości separacyjnych. Opuszczenie pasma przez innych operatorów telekomunikacyjnych (nie komórkowych) jest zazwyczaj stosunkowo proste (ze względu na małą liczbę użytkowników i dedykowany profesjonalny sprzęt podlegający częstej naturalnej wymianie). Natomiast w przypadku systemów wykorzystywanych powszechnie przez społeczeństwo (takich jak np. telewizja DVB-T) powstają poważne komplikacje wynikające np. z powszechnej konieczności wymiany odborników czy chociażby ponownego strojenia odborników przez miliony osób. Proponowana obecnie Decyzja [4], nakazująca krajom członkowskim zmianę przeznaczenia pasma 700 MHz w 2020/2022 roku może np. oznaczać dla społeczeństwa znaczne wydatki związane np. ze zmianą techniki odbioru telewizyjnego (na DVB-T2) lub w związku z koniecznością zakupu dodatkowych filtrów. Nie zostanie ona także bez wpływu na sektor profesjonalnych urzędzeń wspomagających produkcję programów telewizyjnych (*Programm Making and Special Events* PMSE) tj. np. profesjonalne mikrofony bezprzewodowe, czy tworzący się na świecie obecnie nowy rynek systemów i urządzeń pracujących w tzw. białych przestrzeniach widma radiowego (*TV White Spaces*). W niniejszym referacie wykorzystano wybrane wyniki pracy [5] zrealizowanej na rzecz Ministerstwa Administracji i Cyfryzacji.

2. AKTUALNA SYTUACJA

Obecnie widmo radiowe zakresu 694-790 MHz wykorzystywane jest powszechnie przez systemy naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T oraz w mniejszym stopniu przez systemy wspomagające tworzenie programów telewizyjnych (PMSE) takich jak np. radiomikrofony. Szczegółowa zajętość poszczególnych części tego widma na obszarach rezerwacji w Polsce została przedstawiona przez autorów w [6]. Brak możliwości współużytkowania pasma telewizyjnego 700 MHz i systemów 4G wynika z

wymaganej separacji geograficznych obu systemów [3] związanej z koniecznością zachowania kompatybilności elektromagnetycznej. Ponieważ emisje telewizyjne DVB-T w kanałach 49-60 (pasmo 700 MHz) występują na całym terytorium Polski w różnych obszarach rezerwacji (*allotments*) [6], nie jest możliwe uruchomienie emisji 4G w tym zakresie częstotliwości bez uwolnienia tego pasma od emisji telewizyjnych.

W Polsce w zakresie UHF 470-790 MHz aktualnie realizowana jest emisja 3 multipleksów ogólnopolskich (MUX1, MUX2, MUX3) bezpłatnych, niekodowanych (FTA) oraz emisja jednego płatnego, kodowanego multipleksu dedykowanego do odbioru mobilnego (MUX4) [6]. Realizacja zmiany przeznaczenia pasma 700 MHz ma istotny wpływ na pracujące w tym paśmie stacje naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T wszystkich 4 multipleksów. W celu przeniesienia emisji w dolną część widma UHF (470-694 MHz) konieczne są zmiany w uzgodnionym międzynarodowo i wykorzystywanym powszechnie planie częstotliwości GE06 [7]. Wymagane jest uzupełnienie Planu o nowe kanały i obszary wykorzystywania częstotliwości pozwalające na uzyskanie dodatkowych kanałów telewizyjnych w dolnej części widma UHF (470-694 MHz). Spowoduje to konieczność zmian w nadawczej sieci telewizyjnej wynikające ze zmian częstotliwości pracy stacji, które powstają w związku z modyfikacjami istniejących stacji jak i z konieczności uzupełnienia sieci o nowe, dodatkowe stacje – w związku ze wzrostu poziomu zakłóceń interferencyjnych.

Również w odniesieniu do systemów PMSE, ponieważ nie jest możliwe współużytkowanie widma przez systemy 4G/5G i PMSE, konieczne będzie przeniesienie wszystkich kolizyjnych emisji PSME w inną część widma radiowego. Spowoduje to problemy techniczne oraz koszty po stronie użytkowników sprzętu PMSE związane z koniecznością przestrojenia lub wymiany sprzętu.

3. WARIANTY MIGRACJI DVB-T

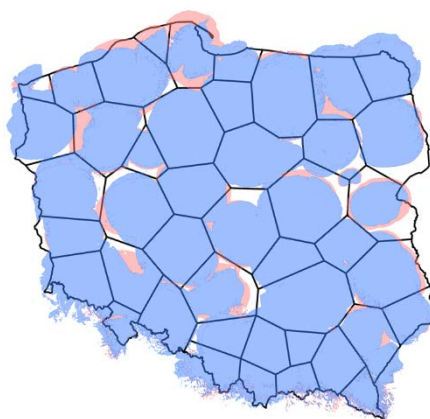
W odniesieniu do oceny wpływu zmiany przeznaczenia pasma na systemy telewizyjne wykonano analizy kilku możliwych wariantów.

W wariantie 1 założono przeniesienie wszystkich obecnych emisji (MUX1-MUX4) z zakresu 470-790 MHz w technice DVB-T do zakresu 470-694 MHz bez zmiany techniki nadawczej. Wariant ten zapewnia jedynie ciągłość zachowania obecnej transmisji telewizyjnej DVB-T, bez możliwości zwiększenia liczby programów lub ich jakości (do HD czy UHD), co wynika z ograniczonej pojemności multipleksów DVB-T.

W wariantie 2 i 3 założono natomiast zmianę techniki nadawczej na DVB-T2 oraz przeniesienie obecnych i nowych emisji do odpowiednio 4 lub 5 multipleksów DVB-T2. Pozwalają one nie tylko na przeniesienie emisji aktualnych programów, ale także na umieszczenie programów nowych i podniesienie jakości obecnych (do HD lub UHD). Wariant 3 ze względu na dostępność aż 5 multipleksów w technice DVB-T2 jest najbardziej rozwojowy z punktu widzenia potencjału przyszłej telewizji naziemnej a wariant 1 najbardziej zachowawczy i nierozwojowy.

4. ANALIZA UTRATY ZASIĘGÓW

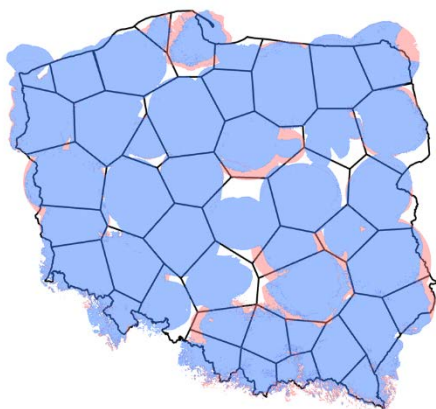
W sytuacji przeznaczenia pasma 700 MHz do wykorzystania w sieciach komórkowych nastąpi konieczne uzupełnienie sieci DVB-T o dodatkowe emisje w kanałach w dolnej części widma radiowego 470-694 MHz, w zamian za utracone emisje w zakresie 694-790 MHz. Spowoduje to zwiększenie intensywności wykorzystania dolnej części widma radiowego, pojawienie się dodatkowych emisji zakłócających, wzrost zakłóceń interferencyjnych w sieciach multipleksów DVB-T i zmniejszenie się w efekcie wypadkowych zasięgów użytkowych poszczególnych multipleksów. W celu przeanalizowania skali i potencjalnych miejsc w kraju, gdzie może takie pogorszenie nastąpić wykonano analizy zasięgów wypadkowych dla przykładowych multipleksów: MUX1 i MUX2 – w aktualnej konfiguracji sieci oraz w przypadku zmiany kanałów MUX1-MUX4 na kanały w dolnej części widma UHF. Przyjęto identyczne parametry stacji w obu przypadkach (moce, wysokości zawieszenia anten, charakterystyki anten, parametry planistyczne i metody propagacyjne). W analizie szczegółowej zasięgów uwzględniono metody planowania zgodne z GE06, metody sumowania sygnałów użytecznych w sieci SFN (k -LNM, $k=0,7$), metody uwzględniania zakłóceń interferencyjnych wspólni sąsiedniokanałowych wg [7]. Analizy wykonywane były przy użyciu oprogramowania własnego, dedykowanego do analiz sieci radiodifuzyjnych, wyposażonego w stosowne bazy danych, cyfrowe mapy wysokości, moduły propagacyjne i moduły analiz sieciowych. Na Rysunkach 1 i 2 pokazano wynik zmiany zasięgów przykładowych sieci DVB-T (Wariant 1 analiz) w przypadkach przed przekazaniem pasma 700 MHz i po jego przekazaniu, kolorem różowym zaznaczono różnicę obu zasięgów, która oznacza obszar gdzie utracono prawidłowy zasięg odbioru wskutek przeniesienia emisji w dolną część widma radiowego 470-694 MHz i związanego z tym wzrostu poziomów zakłóceń interferencyjnych. W Tabeli 1 podano liczbowe wartości uzyskiwanych zasięgów i wskazano ich różnicę.



Rys. 1. Zasięg MUX1 przed i po zmianie przeznaczenia pasma 700 MHz, na różowo zaznaczono obszary utraty zasięgu

Na podstawie przeprowadzonych analiz zauważyć można, że zwiększenie liczby emisji telewizyjnych DVB-T w dolnej części widma pasma UHF (470-694 MHz) wmuszone rezygnacją z nadawania w paśmie 700 MHz

powoduje zauważalny wzrost zakłóceń interferencyjnych w sieciach zmodyfikowanych w ten sposób multipleksów.



Rys. 2. Zasięg MUX2 przed i po zmianie przeznaczenia pasma 700 MHz, na różowo oznaczono obszary utraty zasięgu

Tab. 1. Wyniki analiz zasięgów

	Zasięg ludności [osób]	% pokrycia ludności	Zasięg powierzchni [km ²]	% pokrycia powierzchni
MUX1 Stan aktualny	36603088	95,05	287614,36	91,98
MUX1 bez 700MHz	35700053	92,74	275116,13	87,99
Utrata zasięgu MUX1	903035	2,31	12498,23	3,99
MUX2 Stan aktualny	37122803	96,43	291039,21	96,43
MUX2 bez 700MHz	35843930	93,11	279847,4	89,5
Utrata zasięgu MUX2	1278873	3,32	11191,81	6,93

Wzrost zakłóceń może spowodować nawet ok. 3% utratę zasięgu ludnościowego (ok. 1 mln osób). Jest to istotny problem, gdyż w Ustawie o wdrożeniu naziemnej telewizji cyfrowej [8] nadawców w multipleksach zobligowano do uzyskania zasięgów na poziomie 95% ludności a umowy operatora technicznego sieci z nadawcami obligują go do analizy i utrzymania tego zasięgu.

W celu wyeliminowania tego problemu konieczne będzie zastosowanie działań zapobiegawczych: optymalizacji parametrów emisyjnych istniejących stacji (np. charakterystyk anten nadawczych, opóźnień w sieciach SFN, optymalizacji wykorzystania kanałów pomiędzy poszczególnymi multipleksami, optymalizacji mocy stacji) oraz uzupełnienia utraconego zasięgu poprzez uruchomienie dodatkowych stacji. Autorzy szacują, że ok. połowę utraconego zasięgu może uda się „odzyskać” środkami optymalizacyjnymi a pozostałą część trzeba będzie zrekomensować przez uzupełnienie zasięgu za pomocą dodatkowych stacji. Oznaczać to będzie jednak konieczność wydatkowania istotnych dodatkowych środków finansowych spowodowanych decyzją o zmianie przeznaczenia pasma 700 MHz.

W przypadku zmiany emisji telewizyjnej DVB-T na DVB-T2 we wszystkich multipleksach (Wariant 2 i 3) możliwe stanie się poszerzenie terytorialne poszczególnych obszarów pracy i zmniejszenie liczby wykorzystywanych kanałów telewizyjnych. Przykład takich planów autorzy zaprezentowali w [6]. W takiej sytuacji możliwe będzie uzyskanie nie pogorszonego zasięgowo odbioru bez konieczności uruchamiania wielu dodatkowych stacji uzupełniających zasięg. Powstaną jednak wówczas koszty związane ze zmianą częstotliwości nadawania oraz wymianą (upgradem) nadajników oraz znaczne koszty społeczne związane z koniecznością wymiany odbiorników/tunerów telewizyjnych na DVB-T2.

Niezależnie od wystąpienia problemów związanych z utratą i koniecznością odzyskiwania zasięgu odbioru telewizyjnego, wystąpić mogą również problemy związane z zakłóceniami sąsiedniokanałowymi od terminali 4G/5G 700 MHz do kanałów telewizyjnych poniżej 694 MHz. Dotyczyć to będzie szczególnie kanału 48, ale w sytuacji wystąpienia zjawiska przesterowania stopni wejściowych odbiornika DVB-T/T2 (*overloading*) dotyczyć to może zakłócania dowolnego kanału TV pasma UHF. Szacowana skala tego problemu wynikająca z analiz statystycznych to ok. 40 tys. gospodarstw domowych w Polsce [5]. Eliminacja problemu polegać będzie zasadniczo na instalacji dodatkowych filtrów w układach odbiorczych anten telewizyjnych.

Od strony technicznej przygotowanie, wykonanie i uruchomienie zmodyfikowanych emisji może zająć 2 lata, co potwierdził operator sieci nadawczej. W sytuacji chęci przeznaczenia pasma 700 MHz w roku 2020, wszystkie sprawy dotyczące zasad refarmingu sieci DVB-T, koordynacji międzynarodowej nowych kanałów, wydania nowych decyzji rezerwacyjnych powinny zostać ukończone wcześniej i operator sieci nadawczej TV powinien otrzymać stosowne decyzje już w roku 2018.

5. WPLYW NA PMSE

Pasma UHF możliwe jest do wykorzystywania na zasadzie drugiej ważności przez urządzenia wspomagające radiodifuzję i służące do tworzenia programów PMSE, takie jak np. mikrofony bezprzewodowe. Decyzja o zmianie przeznaczenia pasma 700 MHz i przekazania go do wykorzystania przez operatorów komórkowych może doprowadzić do znacznego uszczuplenia zasobów widmowych dla PMSE (zakres 694-790 MHz stanowi ok. 30% dostępnego dla mikrofonów bezprzewodowych pasma UHF). Dotyczy to szczególnie dużych imprez kulturalnych i sportowych tj. festiwale, mecze, koncerty, gdzie wykorzystuje się dziesiątki a nawet setki tego typu urządzeń. Urządzenia PMSE są co prawda wąskopasmowe (do kilkuset kHz), jednak ze względu na występujące powszechnie problemy intermodulacyjne (w przypadku powszechnych nadal mikrofonów analogowych) nie jest możliwe wykorzystywanie wszystkich potencjalnie wolnych kanałów częstotliwości w związku z wykluczeniem ich na podstawie analiz produktów intermodulacji. Dlatego zwłaszcza organizatorzy dużych imprez (np. nadawcy telewizyjni) będą musieli odpowiednio przygotować się do całkowitej rezygnacji z emisji w paśmie 700

MHz (zwłaszcza w zakresie duplexu 2x30 MHz). Możliwe będzie natomiast rozważenie na poziomie krajowym decyzji o ewentualnej alokacji części luki dupleksowej albo pasm ochronnych do celów transmisji PMSE. Decyzję o takim wykorzystywaniu pozostawiono krajom członkowskim UE. Niewątpliwie jednak część urzędzeń PMSE będzie musiała być wymieniona lub przestrojona, autorzy na podstawie rozmów z dostawcami i producentami oszacowali, że może to dotyczyć max. ok. 15 tys. urzędzeń. Ewentualną alternatywą godną rozważenia dla urzędzeń PMSE będzie emisja w paśmie VHF oraz zastąpienie transmisji analogowych transmisjami cyfrowymi.

6. WPLYW NA TV WS

Jednym z interesujących obszarów rozwoju systemów bezprzewodowych są transmisje kognitywne z wykorzystaniem oportunistycznego dostępu do widma na zasadzie służby drugiej ważności, realizowane w tzw. białych przestrzeniach widma pasm telewizyjnych (TV WS) z wykorzystaniem systemu tzw. baz geolokalizacyjnych [9]. Są to nowe systemy aktualnie rozwijane w USA i UK oraz testowane w innych krajach na świecie w celu realizacji np. dostępu do Internetu w terenach niezurbanizowanych lub w systemach komunikacji maszynowej (M2M). Analizę dostępności widma pasm telewizyjnych w Polsce dla systemów TV WS autorzy przedstawili w [10]. Oszacowanie różnicy w dostępności kanałów telewizyjnych w sytuacji obecnej i po przeznaczeniu pasma 700 MHz na potrzeby 4G/5G autorzy opublikowali w [5]. Wynika z nich, że zmiana przeznaczenia pasma 700 MHz zmniejszy potencjał rozwojowy tego segmentu rynku o około 31%, co jest znaczące, ale nie wyklucza rozwoju tego typu systemów.

7. PODSUMOWANIE

Planowana Decyzja w sprawie przeznaczenia pasma 700 MHz na wyłączne potrzeby operatorów komórkowych do celów transmisji 4G/5G spowoduje istotne skutki dla innych sektorów łączności bezprzewodowej w Polsce: naziemnej telewizji cyfrowej, urzędzeń PMSE i TVWS. Największym problemem będzie zmiana emisji telewizyjnych wymagająca modyfikacji po stronie planu sieci (planowanie i koordynacja dodatkowych kanałów telewizyjnych), modyfikacji urzędzeń nadawczych oraz, w przypadku decyzji o zmianie standardu na DVB-T2, wymiany urzędzeń odbiorczych przez społeczeństwo. Oznaczać one będą konieczność poniesienia sporych wydatków po stronie operatora sieci telewizyjnej i/lub społeczeństwa. Również w przypadku sektora urzędzeń PMSE mogą wystąpić istotne koszty związane z wymianą czy przestrojeniem sprzętu nadawczego. W wyniku prawdopodobnej aukcji na częstotliwości pasma 700 MHz budżet państwa może uzyskać spore środki finansowe, podobnie jak to miało miejsce w przypadku aukcji na pasmo 800 MHz. Oznaczać to będzie możliwość rekompensaty wydatków poniesionej przez sektor telewizyjny czy PMSE. Konieczne będą również zmiany prawne w związku z tym, że modyfikacji będą podlegały koncesje telewizyjne, wydane aż do roku 2024, w których wskazane są kanały telewizyjne pasma 700 MHz. Jeżeli zmiana przeznaczenia

pasma miałyby nastąpić w roku 2020, a na dwa lata wcześniej operator sieci telewizyjnej powinien otrzymać stosowne decyzje, to czasu na faktyczną realizację przygotowania tego procesu od strony prawnej, ekonomicznej i technicznej pozostało niewiele. Jedynym argumentem, który może pozwolić na przesunięcie terminu przekazania pasma 700 MHz po 2020r., są problemy nieukończonej koordynacji międzynarodowej z krajami pozaunijnymi, co w przypadku Polski może być istotnym elementem negocjacji z KE. Analizując działania związane z odbieraniem kolejnych pasm telewizyjnych nazimnej (metodą plastrów salami) na rzecz operatorów komórkowych można dojść do wniosku, że nastąpi przekazanie kolejnej części pasma UHF na potrzeby tych operatorów, o co zabiegały już niektóre kraje podczas konferencji WRC15, co może spowodować całkowite wykluczenie telewizji naziemnej. Jednak większość krajów na WRC15 sprzeciwiła się takiemu podejściu, argumentując, że pozostałe pasmo UHF jest jedynym harmonizowanym pasmem telewizyjnym w skali globalnej a systemy 4G/5G z powodzeniem mogą wykorzystywać inne części widma radiowego. W efekcie decyzją WRC15 nie dokonano alokacji w żadnym Regionie ITU pozostałej części pasma UHF, co oznacza też, że dyskusja na ten temat nie będzie mogła być przedmiotem konferencji WRC19 i może wrócić dopiero na WRC23.

PODZIĘKOWANIE

Niniejszą publikacją zawiera wyniki pracy stanowiącej realizację zamówienia Ministerstwa Administracji i Cyfryzacji (zamówienie publiczne udzielone przez MAiC w 2015r. dla konsorcjum KPMG i IŁ-PIB).

LITERATURA

- [1] Decyzja KE. 2010. 2010/267/EC. 2010. Bruksela
- [2] Final Acts of WRC12. 2012. ITU, Geneva.
- [3] Final Acts of WRC15. 2015. ITU, Geneva.
- [4] European Commission. 2016. COM/2016/043 final, Bruksela.
- [5] KPMG, IŁ-PIB. 2015r. *Ekspertyza dotycząca wpływu zmiany przeznaczenia pasma 700 MHz na rynek naziemnej telewizji cyfrowej i łączności ruchomej. Raport końcowy*. Warszawa 18.12.2015r.
- [6] Więcek D., Niewiadomski D., Michniewicz R., Sobolewski J. 2014. *Możliwości emisji multipleksów naziemnej telewizji cyfrowej w przypadku utraty pasma 700 MHz*, KKRRiT 2014 Warszawa.
- [7] Final Acts of the RRC06. 2006. Genewa.
- [8] Ustawa o wdrożeniu naziemnej telewizji cyfrowej z dnia 30.06.2011r. (Dz. U. nr 153 poz. 903)
- [9] Strużak R., Więcek D. 2013. *Regulatory issues for TV White space in TV White Spaces. A pragmatic approach*, ICTP-. Trieste, Italy.
- [10] Gołębiowski B., Niewiadomski D., Sobolewski J., Więcek D. 2012. *Możliwości wykorzystania widma radiowego w systemach radia kognitywnego*, KKRRiT 2012, Gdańsk.
- [11] Więcek D., Niewiadomski D., Michniewicz R., Sobolewski J., Wypiór D. 2015. *Analiza możliwości uruchomienia kolejnych multipleksów DVB-T w Polsce*. KKRRiT 2015, Łódź.