

Dariusz Więcek

Łukasz Baran

Bartłomiej Gołębiowski

Jacek Wroński

Instytut Łączności, Swojczycka 38, 51-501 Wrocław

[d.wiecek@il.wroc.pl](mailto:d.wiecek@il.wroc.pl)

Gdańsk, 13 – 15 czerwca 2007

## IMPLEMENTACJA, OPTIMALIZACJA I KOMPATYBILNOŚĆ ELEKTROMAGNETYCZNA SIECI DVB-H

**Streszczenie:** Przedstawiono główne czynniki mające wpływ na planowanie i optymalizację sieci naziemnej radiodifuzji cyfrowej w standardzie DVB-H. Wskazano na ograniczenia związane z koniecznością uwzględnienia wymagań Planu GE'06, problemy uzyskania zasięgu sieci w różnych warunkach odbioru oraz zagadnienia kompatybilności z sieciami DVB-T.

### 1. WSTĘP

W trakcie Regionalnej Konferencji Radiokomunikacyjnej ITU-R na przełomie maju i czerwca 2006 (RRC'06) został opracowany i przyjęty w pasmach telewizyjnych VHF (174-230MHz) i UHF (470-862MHz) Plan Cyfrowy Genewa'06 (GE'06) [4] dla wszystkich krajów europejskich, afrykańskich, krajów Bliskiego Wschodu i krajów byłego ZSRR. Założenia techniczne Planu jak również kryteria kompatybilności elektromagnetycznej z innymi systemami przygotowane zostały na bazie systemu DVB-T [2] w przypadku kanałów o szerokości 7 i 8MHz (pasma VHF i UHF) oraz na bazie systemu T-DAB w przypadku kanałów o szerokości 1,5MHz w paśmie III. Plan GE'06 składa się z wpisów obejmujących konkretne przydziały częstotliwości z podaniem ich lokalizacji (stacje), (tzw. assignments) a także obszary rezerwacji częstotliwości określające obszar geograficzny wraz z przyporządkowanym kanałem częstotliwości, (tzw. allotments), które nie mają zdefiniowanych konkretnych parametrów i lokalizacji stacji. Podejście takie zapewnia znaczną elastyczność w przypadku implementacji Planu, pozwalającą na dużą swobodę w wyborze lokalizacji stacji jak również ich parametrów technicznych. W Porozumieniu GE'06 zawarta jest również dodatkowa elastyczność związana z wprowadzaniem następnych, nowszych technologii bazująca na tzw. koncepcji maski widma. Oznacza ona możliwość implementowania Planu za pomocą dowolnego systemu standardu radiodifuzji cyfrowej, pod warunkiem zachowania zgodności kształtu widma z widmem DVB-T i T-DAB, zapewnieniem nie generowania zakłóceń większych niż systemy DVB-T/T-DAB i brakiem żądania przez ten inny standard ochrony większej niż wynika to z parametrów systemów DVB-T/T-DAB. Umożliwia to w prosty sposób implementowanie kolejnych technologii radiodifuzyjnych (np. DVB-T2, T-DMB, DVB-H, DVB-H2 itd.) bez konieczności modyfikacji planu, w ramach parametrów technicznych przydziałów (assigne-

ments) i obszarów rezerwacji (allotments). Dodatkowo w czasie Konferencji RRC'06 kraje europejskie zgodziły się na wykorzystywanie Planu przez dowolne technologie radiowe, nie tylko strictly radiodifuzyjne, także systemy mobilne, pod warunkiem zagwarantowania ww. koncepcji maski widma. Jednym z głównych systemów kandydujących do wdrożenia w paśmie UHF, na takich zasadach, jest w Europie system DVB-H [3], który zapewnia odbiór przekazów radiowych i telewizyjnych do odbiorców ruchomych wyposażonych w małe terminale noszone. System ten, wdrożony już w niektórych krajach w Europie (np. Włochy, Finlandia) podczas implementacji w kraju będzie musiał z jednej strony spełnić wymagania Planu GE'06, z drugiej zapewnić kompatybilną pracę systemu DVB-T. W referacie przedstawiono podstawowe zasady obowiązujące w trakcie implementacji sieci DVB-H jak również przeanalizowano problemy planowania, optymalizacji i kompatybilności systemu DVB-H.

### 2. CECHY SYSTEMU DVB-H

Standard DVB-H [3] został przyjęty przez Europejski Instytut Standardów Telekomunikacyjnych ETSI w roku 2004 i natychmiast zyskał popularność dzięki zaangażowaniu w jego promocję dużych koncernów z branży telefonii komórkowej (m.in. Nokia, Motorola). Firmy te dostrzegały ograniczenia technologii komórkowych zarówno 2 jak i następnych generacji (GSM, UMTS) w przypadku ich wykorzystywania do odbioru przekazu video. Ograniczenia te wynikają zarówno z dostępnej przepływności cyfrowej, występujących problemów z odbiorem w szybko poruszającym się pojeździe jak i przede wszystkim z ograniczoną liczbą abonentów, którzy mogliby jednocześnie korzystać z odbioru przekazu obrazu: takiego jak emisje na żywo programów TV. Stąd stało się jasne, że do celów transmisji programów telewizyjnych do bardzo wielu odbiorców (setki tysięcy w obrębie jednego miasta) konieczne jest zastosowanie innych technik, zbliżonych pod względem parametrów i cech własnych do technik radiodifuzyjnych. Ponieważ w Europie z sukcesem wdrażana jest telewizja cyfrowa DVB-T a jej parametry techniczne i wynikające z nich: dostępna przepływność, zasięgi, odporność na odbicia i dobry odbiór w ruchu gwarantują dobry odbiór takiej emisji także na terminalach noszonych przyjęto, że bazą

standardu emisji programów TV do terminali komórkowych będzie standard DVB-T, w którym dokonano jedynie kilku modyfikacji poprawiających odbiór za pomocą terminali komórkowych.

Powszechnie wykorzystywana wersja standardu DVB-T na ok. 8 tys. podnośnych OFDM (tzw. 8k) nie jest zbyt dobra w warunkach odbioru z dużą prędkością ze względu na występujące problemy tolerancji efektu Dopplera. Z drugiej strony wariant ten jest bardziej pożądanym od tzw. wariantu 2k na 2 tys. podnośnych z powodu większych odstępów ochronnych (guard interval) skutkujących możliwością budowy rozległych sieci jednoczesnościowych obejmujących znaczne obszary [7,8]. W przypadku DVB-H dodano nowy, kompromisowy tryb transmisji, na ok. 4 tys. podnośnych OFDM, który z jednej strony zapewnia dobrą tolerancję efektu Dopplera w przypadku odbioru w ruchu z dużą prędkością, a z drugiej pozwala na budowę stosunkowo rozległych sieci jednoczesnościowych.

Kolejną różnicą w stosunku do DVB-T było przyjęcie dodatkowego zabezpieczenia przed błędami tzw. „kodowania MPE-FEC” (Multi Protocol Encapsulation Forward Error Correction) (wg EN 301 192), poprawiające odbiór sygnału w czasie ruchu przy użyciu pojedynczej anteny i uodparniające sygnał DVB-H na impulsowe zakłócenia powstające w ruchu.

Zastosowano także dodatkowo tzw. „szatkowanie czasu” TS (Time Slicing) (wg EN 301 192), polegające na przesyłaniu danych w krótkich czasowo grupach ze znacznie większą prędkością bitową. Pozwala to na przebywanie odbiornika w stanie aktywnym jedynie w tym okresie czasu, w którym odbiera przychodzącą grupę, co z kolei oznacza znaczne zmniejszenie zużycia energii, tak istotnego w przypadku odbiorników zasilanych bateryjnie. Pozostałe cechy transmisyjne (rodzaj modulacji podnośnych OFDM, kodowanie splotowe itp.) są identyczne jak w przypadku DVB-T tak, że w dużej części można wykorzystywać zarówno urządzenia jak i infrastrukturę DVB-T do transmisji sygnału DVB-H. Urządzenie nadawcze DVB-T musi być jedynie uzupełnione o mechanizmy MPE-FEC i TS. Zasadniczymi zakresami częstotliwości przeznaczonymi dla DVB-H są, podobnie jak dla DVB-T, pasma IV i V choć w niektórych krajach (np. USA) system jest uruchamiany np. w paśmie 1.5GHz, istnieje też satelitaro-naziemna odmiana systemu, przeznaczona do pracy w paśmie 2,2GHz. Najwięcej instalacji DVB-H działa obecnie jednak w pasmach UHF, do odbioru w tym zakresie przeznaczane są też powszechnie produkowane niektóre telefony komórkowe (np. Nokia N77).

Podstawowe parametry emisyjne systemu DVB-H są zgodne z normą DVB-T i obejmują modulację QPSK, 16QAM i 64QAM (ta ostatnia nie jest zalecana do odbioru DVB-H), kodowanie splotowe o kodzie od 1/2 do 7/8 (zaleca się stosowanie „mocniejszych” kodów: 1/2, 2/3) oraz odstępy ochronne: 1/4 do 1/32 czasu trwania symbolu. Pozwalają one na wybór jednego z wielu trybów transmisyjnych dopasowanych zarówno do warunków odbioru jak i struktury sieci jak i oczekiwanej przepływności (liczby programów). Np. w jednym z wariantów (16QAM kod 2/3 odstęp ochronny 1/4), cechującym

się dobrym, odpornym na zakłócenia odbiorem, a z drugiej możliwością budowy stosunkowo dużych sieci SFN osiągnięta jest przepływność na poziomie 8,7Mb/s pozwalająca na emisję ponad 20 programów telewizyjnych w jednym multipleksie (MPEG4 AVC, obraz jakości QVGA) lub ok. 120 programów radiowych (MPEG4 HE AAC).

### 3. PLANOWANIE SIECI DVB-H

Jak już wspomniano na wstępie system DVB-H może być implementowany w oparciu o obszary rezerwacji Planu GE'06. Ponieważ jednak w początkowym okresie cyfryzacji brak jest dostępnych większości z kanałów Planu GE'06 w związku z ich zajmowaniem przez systemy analogowe, osiągnięcie pokrycia większych obszarów kraju w systemie DVB-H wydaje się niemożliwe, do czasu aż nastąpi całkowite wyłączenie telewizji analogowej. Jednakże możliwe będzie zapewne uruchamianie stacji o zasięgu lokalnym, obejmującym np. duże aglomeracje miejskie, cechujące się co prawda niewielkim obszarem pokrycia powierzchniowego ale za to znacznym obszarem pokrycia ludnościowego, Uruchomienia takie będą mogły odbywać się zarówno w kanałach Planu GE'06 jak i w tymczasowych, niekolejnych z TV analogową kanałach, które zostaną zamienione na docelowe po wyłączeniu emisji analogowej lub które staną się rozszerzeniem Planu GE'06. Należy przy tym zauważyć, że pożądanym zakresem częstotliwości przez operatorów DVB-H jest zakres 470-750MHz w związku z pojawiającymi się problemami braku kompatybilności z sieciami komórkowymi w przypadku stosowania wyższych niż 55 kanałów telewizyjnych, zwłaszcza w tych samych lokalizacjach stacji DVB-H co stacje telefonii komórkowej GSM900. Problem wzajemnej kompatybilności uzyskiwanej dzięki właściwej separacji częstotliwościowej występuje głównie w produkowanych obecnie terminalach odbiorczych, które mogą wykorzystywać zakres tylko do 750MHz ze względu na kompatybilność z siecią GSM. W Europie trwają prace nad harmonizacją pasm przeznaczonych do usług TV mobilnej w zakresie UHF (grupa ECC TG4) i dąży się obecnie do zawężenia pasma przeznaczonego dla tej służby umożliwiając dzięki temu stosowanie terminali o antenach charakteryzujących się lepszym zyskiem. W niniejszym opracowaniu bazowano na parametrach planistycznych podanych przez EBU [1] uwzględniając dodatkowo zyski anten zewnętrznych powszechnie wykorzystywanych obecnie w terminalach DVB-H. W przypadku zastosowania terminali wąskopasmowych te zyski anten byłyby dodatkowo większe o ok. 3-5dB i wynikające z tego zasięgi stacji odpowiednio by wzrosły. Do czasu zdecydowania o kanałach przeznaczonych dla DVB-H w ramach dywidendy cyfrowej takie wąskopasmowe terminale nie będą produkowane, stąd w obecnych analizach nie były one uwzględniane. W planowaniu sieci DVB-H należy uwzględnić zarówno tryb pracy systemu (rodzaj modulacji, kodowania) jak również rodzaj terminali odbiorczych (noszone, mobilne, z lub bez anteny zewnętrznej) warunki odbioru (w mieście, poza miastem, wewnątrz czy na zewnątrz budynków). Dla różnych kombinacji ww. czynników uzyskiwany będzie różny

zasięg systemu. W niniejszej analizie skupiono się na odbiorze za pomocą terminali noszonych zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz budynków (tryb A i B odbioru DVB-H). Tryby odbioru mobilnego (w samochodzie): C i D nie były brane pod uwagę.

Czynniki opisane wyżej mają wpływ na podstawowy parametr planistyczny, jakim jest minimalne wymagane natężenie pola sygnału użytecznego. Poza tą wartością w celu szacowania zasięgu konieczne jest uwzględnienie zakłóceń od innych sieci (analogowych, cyfrowych) wspólnie i sąsiedniokanałowych. Zwłaszcza emisje sąsiedniokanałowe dużej mocy ze stacji DVB-T zlokalizowanych w innych niż stacje DVB-H lokalizacjach mogą znacząco pogorszyć odbiór DVB-H w pobliżu stacji DVB-T. W przypadku uruchamiania kilku stacji DVB-H w ramach sieci jednoczesotliwościowej SFN konieczne jest uwzględnienie statystycznego składania rozkładów natężenia pola wszystkich sygnałów sieci, mającego z jednej strony wpływ na tzw. zysk sieci (network gain) a z drugiej na poziom tzw. interferencji własnych (self-interference). Zasadnicze elementy, które należy uwzględnić podczas projektowania sieci SFN opisano w [6,7]. Interferencje własne powstają wskutek docierania do odbiornika sygnałów OFDM opóźnionych bardziej niż dopuszcza to stosowany odstęp ochrony. Konieczne jest w tym przypadku wyznaczenie statystycznej sumy sygnałów zakłócających mających wpływ na degradację sygnału w sieci. Podobną analizę statystyczną należy przeprowadzić w przypadku składania sygnałów użytecznych wnoszących swój wkład w powstanie tzw. zysku sieciowego.

### 3.1. Analiza sieci DVB-H

Do analizy wybrano obszar Warszawy i okolic, który cechuje się bardzo dobrym pokryciem ludnościowym w niewielkim obszarze geograficznym. Obliczenia wykonano przy użyciu własnego oprogramowania, dedykowanego do obliczeń zasięgów sieci DVB-T/DVB-H (SFN.NET) wykorzystującego własne metody analityczne [6], cyfrową mapę wysokości Polski Instytutu Łączności oraz model propagacyjny ITU-R P.1546 [5]. Obliczenia przeprowadzono dla następujących danych (Tab 1):

Tab. 1. Dane do obliczeń zasięgów DVB-H

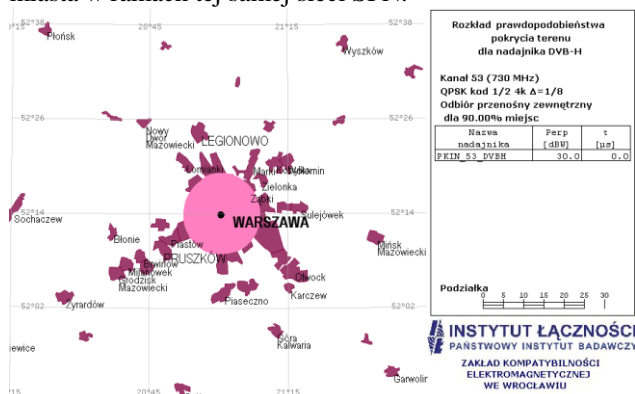
Częstotliwość	730 MHz
Tryb odbioru	Przenośny A, B
Współczynnik ochronny wspólnokanałowy	11,5dB (QPSK 1/2) 20,5dB (16QAM 2/3)
Wysokość anteny odbiorczej	1,5 m.n.p.t
Procent pokrycia	90 %
Antena odbiorcza	Zewnętrzna: G=-3dBd
Emin	80 dBμV/m (A, QPSK) 95 dBμV/m (B, QPSK) 89 dBμV/m (A, 16QAM) 108 dBμV/m (B, 16QAM)

W analizie uwzględniono charakterystyki odbiornika, opóźnienia sygnałów OFDM, sumowanie sygnałów użytecznych i zakłócających [6].

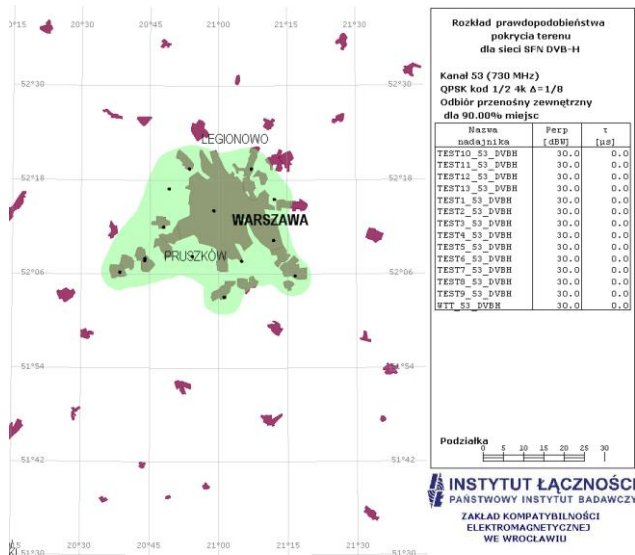
W pierwszym podejściu wykonano analizę dla stacji o mocy 1kW erp DVB-H zlokalizowanej na wysokim

maszcie, w tym samym miejscu co stacje analogowe i DVB-T (PKiN). Wypadkowy zasięg uwzględniający wymagania odbioru, antenę zewnętrzną terminala pokazano dla trybu transmisji: QPSK kod 1/2 (odbior bardzo dobrze zabezpieczony ale ograniczona dostępna przepływność sygnału).

W drugim przypadku wykonano analizę dla sieci SFN zbudowanej w oparciu o stacje małej mocy (1kW ERP), nisko zawieszono, pracujące na zasadzie sieci jednoczesotliwościowej SFN. Wykonano optymalizację sieci pod kątem zapewnienia satysfakcjonującego odbioru w aglomeracji warszawskiej. W samym centrum Warszawy możliwe jest zastosowanie nadajnika miejskiego na jednym z wysokich wieżowców tak jak pokazano na rysunku 2 lub też ewentualnie zastosowanie zamiast niego kilku nadajników położonych w różnych częściach miasta w ramach tej samej sieci SFN.



Rys. 1. Zasięg stacji DVB-H ERP=1kW, PKiN

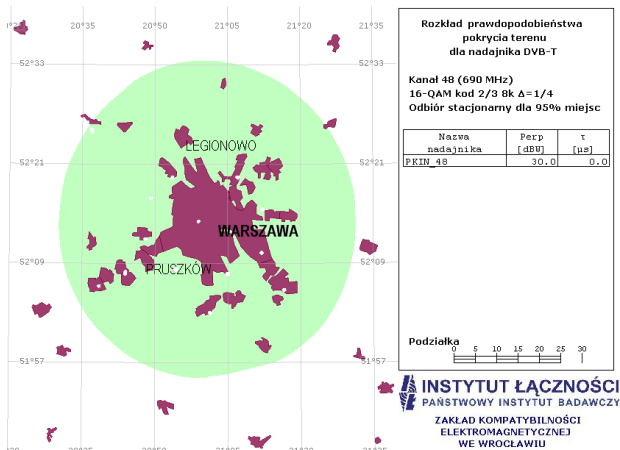


Rys. 2. Zasięg sieci SFN DVB-H 1kW

W obliczeniach uwzględniono odstęp ochronny 1/4 jednakże możliwe byłoby także stosowanie krótszych odstępów ochronnych, uwzględniając fakt zmniejszenia wypadkowego zasięgu sieci i koniecznością odpowiedniej optymalizacji parametrów sieci (opóźnień i mocy nadajników).

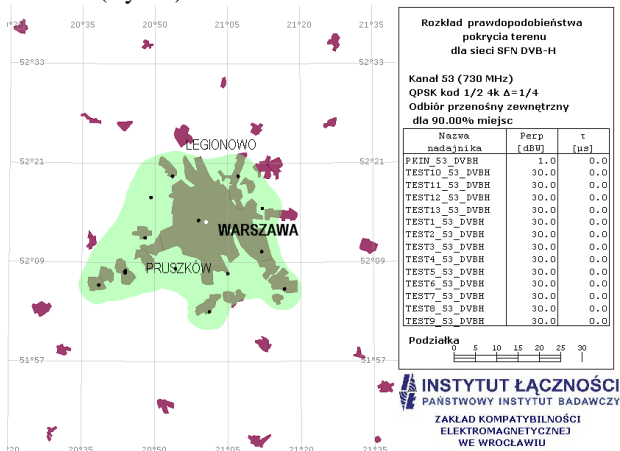
Główną zaletą konfiguracji pokazanej na Rys. 1 jest z jednej strony możliwość zapewniania stosunkowo dobrego zasięgu za pomocą tylko jednego nadajnika, który przy zwiększonej do 10kW mocy ERP zapewnia

poprawny odbiór w całej aglomeracji warszawskiej, z drugiej strony lokalizacja w tym samym miejscu sąsiedniokanałowych emisji DVB-T zapewnia proste uzyskanie warunków kompatybilności. W przypadku sieci SFN o lokalizacjach stacji w innych niż stacje DVB-T miejscach (Rys. 2) powstają problemy zakłóceń między oboma sieciami w miejscu lokalizacji stacji DVB-H wskazane na Rys. 3 i 4 (białe dziury w zasięgu o średnicy do kilkuset metrów).



Rys.3. Zasięg stacji DVB-T uwzględniający zakłócenia od stacji DVB-H (białe dziury w zasięgu)

Podobna sytuacja występuje w drugą stronę, gdzie wokół stacji DVB-T powstaje lokalna dziura w zasięgu sieci DVB-H (Rys. 4).



Rys.4. Zasięg sieci SFN DVB-H uwzględniający zakłócenia od nadajnika DVB-T (biała dziura)

#### 4. WNIOSKI

1. Uruchomienie emisji DVB-H w Polsce w początkowym okresie możliwe będzie jedynie lokalnie, np. w wybranych aglomeracjach. Ogólnokrajowa sieć DVB-H wymaga wyłączenia telewizyjnych emisji analogowych.
2. Możliwe jest uzyskanie satysfakcjonującego pokrycia aglomeracji zarówno za pomocą jednego nadajnika dużej mocy zlokalizowanego w centrum miasta jak też za pomocą sieci nadajników małej mocy współpracujących w ramach sieci SFN.
3. Projektowanie sieci SFN DVB-H musi uwzględniać precyzyjne analizy interferencji własnych sieci i staty-

czne sumowanie sygnałów użytecznych i zakłócających oraz uwzględniania zakłóceń pochodzących od innych sieci zarówno analogowych jak i cyfrowych DVB-T.

4. W przypadku stosowania innej struktury sieci do emisji DVB-T a innej do DVB-H czyli np. stosowania do emisji DVB-T stacji dużej mocy a do emisji DVB-H sieci stacji małej mocy w innych lokalizacjach konieczne będzie uwzględnianie wzajemnych zakłóceń między oboma sieciami w sąsiednich (i nie tylko) kanałach: w pobliżu nadajników pojawią się problemy uzyskania wzajemnej kompatybilności i stąd konieczne będzie precyzyjne planowanie lokalizacji stacji DVB-H w stosunku do stacji DVB-T, które zapewni brak zakłóceń do instalacji odbiorczych DVB-T i na odwrót.

5. Uzyskanie wzajemnej kompatybilności sieci można też osiągnąć stosując wspólną emisję DVB-T i DVB-H z tych samych obiektów: zapewniając odpowiednie wzajemne proporcje między oboma sygnałami w całym obszarze sieci. Z drugiej strony odbiór DVB-T nie wymaga stosowania gęstej struktury sieci nadajników a odbiór DVB-H taką strukturę niemal narzuca w przypadku sieci obejmujących duże obszary, stąd oczekiwanie identycznej struktury obu sieci może być niewskazane.

6. W przypadku implementacji sieci DVB-H w obszarach przygranicznych konieczne jest zapewnienie kompatybilności z sieciami krajów sąsiednich. Pomocne może być w tym stosowanie procedur badania zgodności z Planem opisanych w Porozumieniu GE'06 [4] oraz odpowiednie planowanie rozmieszczenia obiektów pod kątem optymalizacji zasięgu i minimalizacji zakłóceń.

#### LITERATURA

- [1] EBU Tech 3317 *Planning parameters for handheld reception*, Genewa, December 2006
- [2] ETSI EN 300 744; *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*, ETSI, 2004
- [3] ETSI EN 302 304 *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)* ETSI, 2004
- [4] ITU-R, *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
- [5] ITU-R Recommendation P.1546-2, *Method for Point-to-Area Predictions for Terrestrial Services in the Frequency Range 30 MHz to 3 000 MHz*, Geneva 2003
- [6] Praca zbiorowa pod kier. D. Więcka: *Metody optymalnego wykorzystania widma radiowego przez sieci naziemnej radiodifuzji cyfrowej*, Sprawozdanie nr Z21/21300015/951/05, Instytut Łączności, Warszawa-Wrocław 2005
- [7] Sobolewski J., Więcek D.: *Planowanie sieci jednoczęstotliwościowej DVB-T*, KKRRiT 2005, Kraków
- [8] Więcek D.: *Ograniczenia planowania i projektowania rozległych sieci jednoczęstotliwościowych*

*SFN telewizji DVB-T*, KKRRiT'2006, Poznań,  
czerwiec 2006

- [9] Więcek D.: Wybrane aspekty techniczne planowania sieci DVB-T, KKRRiT 2003, Wrocław, 2003