

## **Návrh opatrení vedúcich k predchádzaniu nežiaduceho vzájomného ovplyvňovania systémov LTE800 a DVB-T/-T2 použiteľných pre podmienky Slovenska**

Tento dokument je výstupom riešenia etapy č. 5 projektu č. APVV-0696-12 „Výskum koexistencie širokopásmových sietí LTE a pozemského digitálneho TV vysielania DVB-T/-T2“. Projekt sa zaoberá výskumom v oblasti vzájomného ovplyvňovania širokopásmových sietí LTE800 a pozemského digitálneho TV vysielania DVB-T/DVB-T2, ktoré pracujú vo veľmi blízkych frekvenčných pásmach.

Prvá časť projektu skúmania koexistencie systémov LTE800 a DVB-T/-T2 bola venovaná teoretickému výskumu vzájomného rušenia týchto systémov. Výsledky výskumu, ako aj následné praktické overovanie výsledkov a v neposlednom rade aj skúsenosti zo živej prevádzky, ku ktorej na území Slovenska dochádza od roku 2014, preukázali, že TV vysielanie v systéme DVB-T/-T2 môže byť za určitých podmienok rušené prevádzkou systému LTE800.

Toto rušenie systému DVB-T/-T2 je spôsobené:

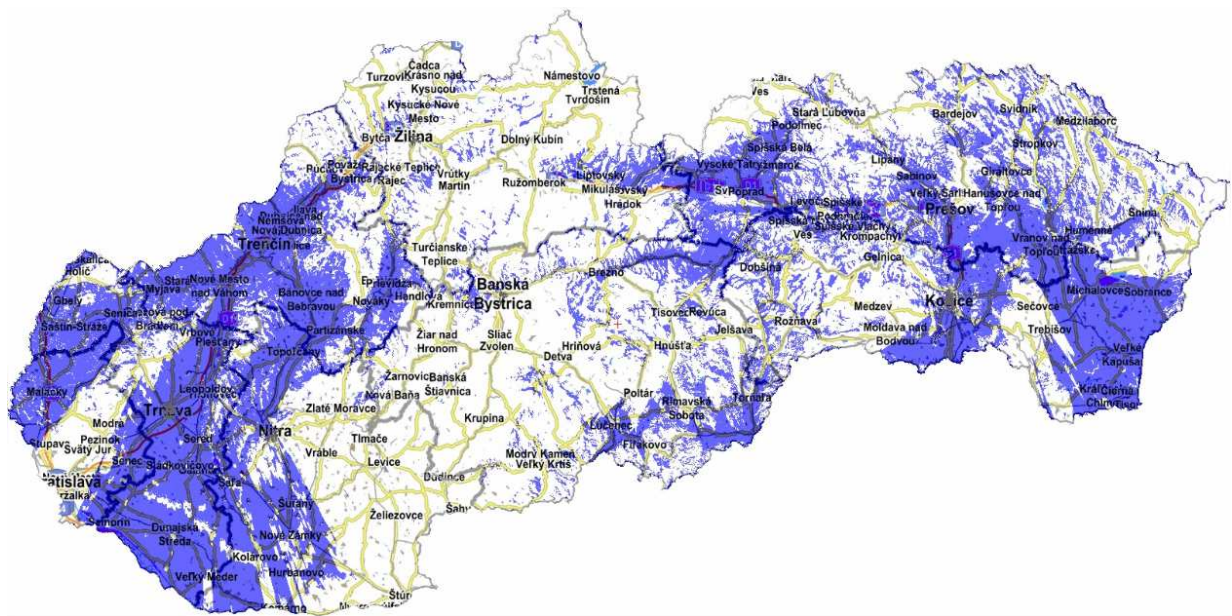
- vysielaním základňovej stanice LTE800:
  - rušenie vyšších kanálov DVB-T/-T2 (K60, K59) v dôsledku nedodržania ochranného pomeru medzi nimi a susedným pásmom LTE800,
  - rušenie príjmu DVB-T/-T2 spôsobené mimopásmovými emisiami LTE800,
  - rušenie príjmu DVB-T/-T2 spôsobené prebudením vstupných obvodov prijímača v dôsledku silného signálu LTE800,
- vysielaním koncového zariadenia LTE800:
  - rušenie príjmu DVB-T/-T2 spôsobené zrkadlovým signálom,
  - rušenie príjmu DVB-T/-T2 spôsobené prebudením vstupných obvodov prijímača v dôsledku silného signálu koncového zariadenia LTE800.

Výskum ďalej preukázal, že rušením sú najviac postihnuté prenosové kanály DVB-T/-T2, ktoré sú priamo susediace s frekvenčným pásmom prideleným systému LTE800, t. j. kanály K60, K59 a K58. Na ostatných (nižších) kanáloch rušenie tiež môže vzniknúť, avšak vzhľadom na jeho nižšiu intenzitu jeho účinky sú už miernejšie a v prípade jeho vzniku je ho možné efektívnejšie eliminovať.

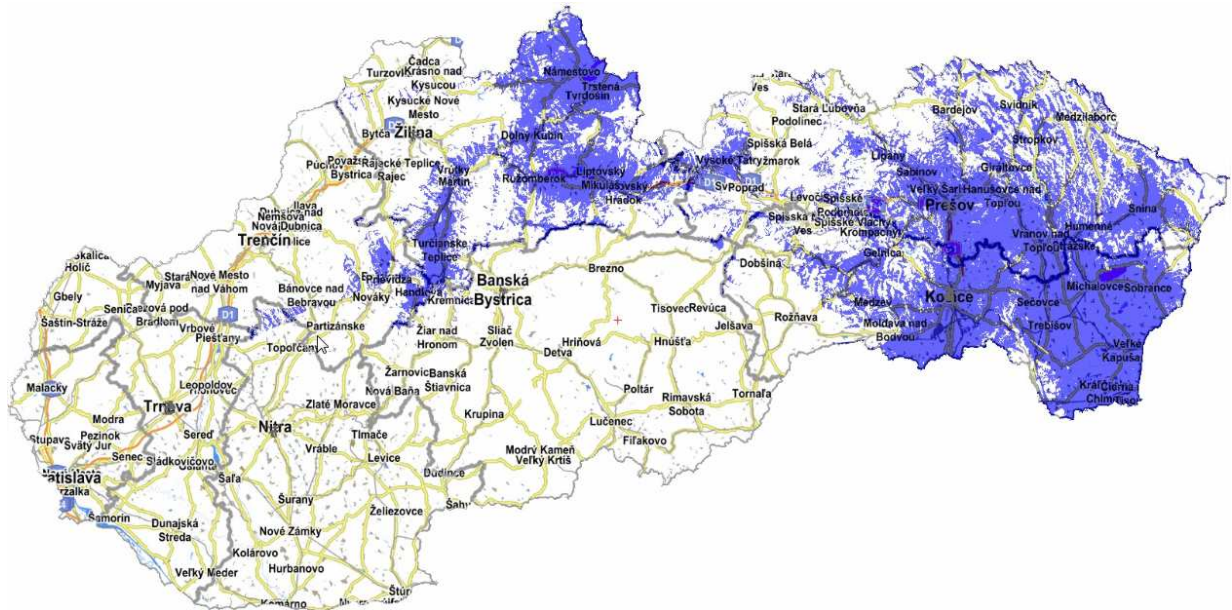
Vzhľadom na to, že rušením najviac postihnuté kanály DVB-T/-T2 pokrývajú vždy iba určitú časť územia Slovenska a každý z nich prenáša iný multiplex televíznych programov, nie je vzájomné rušenie systémov LTE800 a DVB-T/T2 pozorovateľné celoplošne, ani v rámci jednotlivých televíznych multiplexov. Z tohto pohľadu možno skonštatovať, že rušením sú najviac postihnuté tieto oblasti Slovenska:

- DVB-T kanál K60, ktorý je súčasťou druhého multiplexu DVB-T, je použitý v lokalitách: Detva, Lučenec, Veľký Krtíš, Hriňová a Opava,
- DVB-T kanál K59, ktorý je súčasťou druhého multiplexu DVB-T, je použitý v lokalitách: Bralová skala, Dolný Kubín, Košice, Makovica, Kráľovský Chlmec, Krompachy, Medzev, Námestovo, Prešov, Ružomberok, Snina, Kapušany, Nálepkovo, Hanušovce, Prakovce, Sabinov,
- DVB-T kanál K58 sa nevyužíva na celoplošné vysielanie, ale je vyhradený pre lokálnu televíziu (v lokalite Trenčín),
- DVB-T kanál K57 je súčasťou verejnoprávneho multiplexu DVB-T v lokalitách: Uhrovec, Bojnice, Trenčín, Nové Mesto nad Váhom a prvého multiplexu DVB-T v lokalitách: Poprad, Košice.

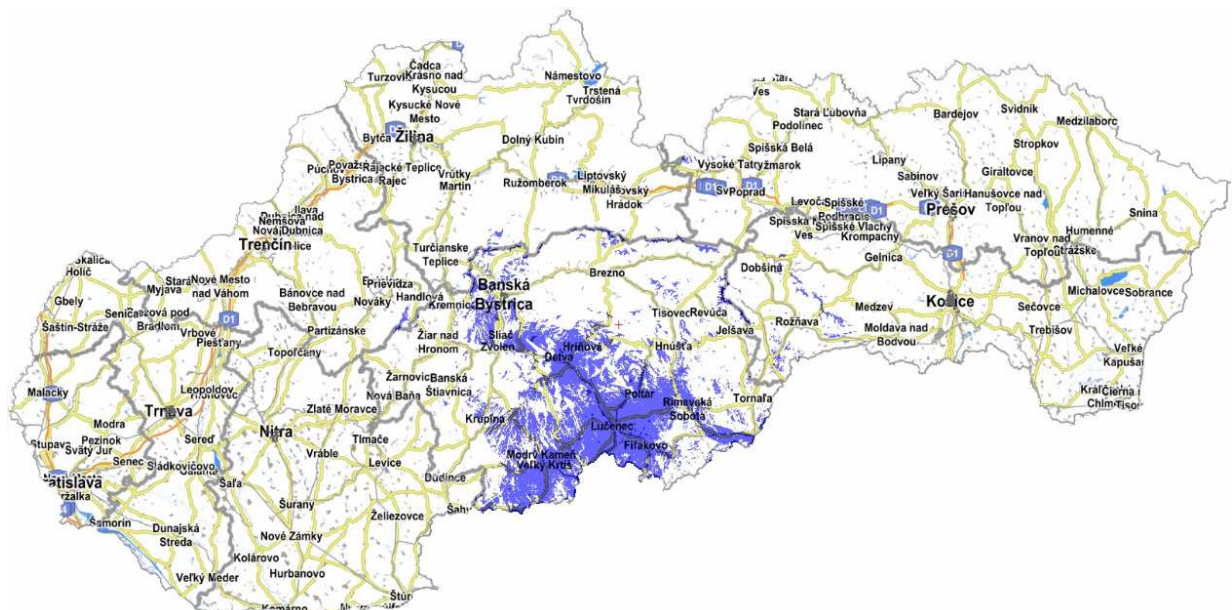
Pre lepšiu prehľadnosť obrázky č. 1 až 3 znázorňujú pokrytie územia Slovenska signálom DVB-T pre kanály K57, K59 a K60.



**Obr. č. 1:** Pokrytie Slovenska signálom DVB-T na kanáli K57



Obr. č. 2: Pokrytie Slovenska signálom DVB-T na kanáli K59



Obr. č. 3: Pokrytie Slovenska signálom DVB-T na kanáli K60

## Návrhy vedúce k eliminácii rušenia

Z teoretického výskumu následne podloženého praktickými meraniami potvrdzujúcimi jeho výsledky vyplýva, že vo väčšine prípadov je možné vzniknutému rušeniu efektívne predchádzať. Najdostupnejšie spôsoby eliminácie rušenia sú:

**1) Využívanie smerovosti antény na príjem DVB-T signálu.** Úroveň prijatého rušivého signálu LTE800 prijímacou DVB-T/-T2 anténou vo veľkej miere závisí od typu a konštrukcie antény DVB-T. Najvhodnejšie sú kanálové antény typu YAGI, ktoré sú navrhnuté na príjem signálu iba z definovaného frekvenčného pásma (závisí od konštrukcie antény). Antény tohto typu preto v menšej miere prijímajú rušivý signál LTE800. Ďalšou nespornou výhodou antén typu YAGI je ich smerovosť. Čím smerovejšia anténa je použitá, tým menšia je pravdepodobnosť, že sa v smere jej vyžarovacieho laloku bude nachádzať vysielateľ LTE800, ktorý bude zdrojom rušivého signálu. Použitie úzkopásmovej (kanálovo ladenej) antény<sup>1</sup> však so sebou prináša aj nesporné prekážky vo forme limitácie množstva multiplexov, ktoré možno prijímať jednou anténou. Nakoľko vysielanie DVB-T/-T2 prebieha v celom UHF pásme, na príjem všetkých multiplexov by bolo potrebných viacero úzkopásmových antén. Pri ich inštalácii by vznikali problémy so zlučovaním signálom a prípadnou potrebou jeho zosilňovania.

V prípade vzniku rušenia pri už existujúcej inštalácii – bez ohľadu na to, či ide o inštaláciu so širokopásmovou alebo úzkopásmovou anténou, navrhujeme mierne zmeniť uhol smerovania DVB-T/-T2 antény, čím môže dôjsť k zmenšeniu úrovne prijímaného rušivého LTE800 signálu. a teda k zlepšeniu podmienok na príjem DVB-T signálu. Smerovaním prijímacej DVB-T/-T2 antény možno dosiahnuť efektívny kompromis medzi úrovňou prijímaného užitočného DVB-T signálu a rušivého LTE800 signálu.

**2) Používanie vhodného zosilňovača signálu DVB-T/-T2.** V prvom rade treba posúdiť, či je vzhľadom na prijímané úrovne signálov nutné použiť zosilňovače. Používanie správnych zosilňovačov na príjem signálu DVB-T (týka sa vstavaných aj externých anténových predzosilňovačov) zohráva veľmi dôležitú úlohu pri eliminácii rušenia signálom LTE800. Pri používaní širokopásmových zosilňovačov so šírkou pásma pokrývajúcou aj pásmo LTE800 dochádza k zosilneniu už aj tak nežiaduceho signálu LTE800, čo má za následok ešte výraznejšie zhoršenie kvality signálu DVB-T. Ako vhodným riešením týchto problémov sa ukázalo používanie kanálových alebo širokopásmových zosilňovačov s filtrom, ktoré pásmo LTE800 čo najviac potláčajú. Dôležité je používať predzosilňovače so známymi parametrami, ktoré pri znalosti podmienok príjmu zaručia, že nedôjde k ich prebudeniu. Na posúdenie ich vhodnosti je potrebné, aby výrobca v dokumentácii uviedol najmä max. výstupnú úroveň pre určený odstup imtermodulačných produktov a zisk.. Zbytočne

---

<sup>1</sup> Komerčné kanálové antény pre pásmo UHF však prakticky neexistujú. Vyrábajú sa antény na príjem skupiny susediacich kanálov, napr. piatich.

vysoký zisk zosilňovača pri malej zaručovanej výstupnej úrovni môže totiž spôsobovať vznik rušenia.

Predzosilňovače musia byť umiestnené čo najbližšie k anténe (resp. priamo v nej), a to z dôvodu možného prídavného šumu, spôsobeného tlmením prvkov medzi anténou a zosilňovačom, a eliminácii vplyvu nedokonalosti tienenie týchto medzifahlých prvkov (pozri aj nasledujúci bod).

**3) Používanie kvalitných rozvodov TV signálu.** V prípade veľmi silného signálu LTE800 v oblasti rušenia DVB-T/-T2 je veľmi pravdepodobné, že rušivý signál LTE800 prenikol do anténového rozvodu nie priamo cez anténu, ale aj cez prislúchajúce koaxiálne káble, účastnícke šnúry, resp. iné účastníckej zariadenia vplyvom ich nedostatočného tienenia (charakterizované parametrom „tlmenie tiením“). Výraznými prispievateľmi k rušeniu sú aj účastnícke terminály LTE, ktoré sú vo väčšine prípadov najbližšie k uvedeným prvkom rozvodov. V tomto prípade je jediným riešením výmena alebo použitie kvalitných tienených prvkov, predovšetkým koaxiálnych káblov a účastníckych šnúr s tlmením tienením aspoň 85 dB.

**4) Potlačenie nežiaduceho rušenia použitím predradených filtrov typu pásmová priepust alebo pásmová zádrž.** V prípade, že všetky vyššie uvedené možnosti potlačenia rušenia nie sú efektívne, poslednou z dostupne použiteľných možností eliminácie nežiaduceho rušenia je použitie predradených filtrov, ktoré zabezpečia odfiltrovanie rušivého LTE800 signálu. Dôležité je zaradiť takýto filter pred prvý aktívny prvok v prijímacom reťazci (napr. pred širokopásmový predzosilňovač). Vzhľadom na to, že kanály DVB-T/-T2 priamo susedia s frekvenčným pásmom systému LTE800 (ochranný interval medzi LTE800 a DVB-T kanálom K60 je iba 1 MHz), je veľmi dôležité správne vybrať použitý predradný filter s dostatočným potlačením frekvencií nad 790 MHz. Samozrejme platí, že čím kvalitnejšia a strmšia je krivka tlmenia, tým kvalitnejší je samotný filter a tým vyššia je jeho konečná cena.

Vo všeobecnosti možno povedať, že použitím predradných filtrov pre DVB-T/-T2 kanály K58 a nižšie možno efektívne potlačiť vplyv nežiaduceho rušenia systémom LTE800. Na tento účel možno použiť možno aj bežne dostupné filtre s nie práve najstrmšou krivkou tlmenia, keďže frekvenčný blok LTE800 je od kanála K58 dostatočne frekvenčne vzdialený.

Pri DVB-T/-T2 kanáli K59 je ešte stále možné nežiaduce rušenie odfiltrovať použitím kvalitného predradného filtra. Krivka tlmenia takéhoto filtra musí už byť relatívne strmá. Kvalita filtra sa samozrejme odrazí aj na jeho cene.

Najväčší problém pri použití predradného filtra nastáva pri DVB-T kanáli K60. Tento je od frekvenčného pásma LTE800 vzdialený iba 1 MHz, čo je veľmi malý priestor na to, aby bežný filter dokázal signál utlmiť na potrebnú úroveň. Prieskum trhu preukázal, že je možné zakúpiť aj filtre, ktorých charakteristika spĺňa požadované kritériá. Ide ale o veľmi

kvalitné filtre, ktorých cena je veľmi vysoká, a preto ich použitie navrhujeme až ako jednu z posledných možností.

## 5) Úpravy na strane vysielacza LTE800

Na strane vysielacza LTE800 možno eliminovať nežiaduce rušenie nasledujúcimi spôsobmi:

**a. Znížením vysielacieho výkonu vysielacza LTE800.** Táto možnosť zníži úroveň rušivého signálu LTE800 na vstupe do prijímača DVB-T/-T2, čím sa zníži rušenie. Táto možnosť by sa mohla efektívne využívať v oblastiach, kde sa preukáže, že konkrétny vysieláč LTE800 (prípadne iba jeden z jeho sektorov) spôsobuje rušenie väčšiemu množstvu prijímačov DVB-T/-T2.

Na druhej strane, prevádzkovateľ mobilnej telekomunikačnej siete sa bude snažiť v čo najväčšej miere eliminovať takéto úpravy vysielacieho výkonu, nakoľko narúšajú jeho stratégiu výstavby siete a spojitosti poskytovania služieb, znižujú percento pokrytia územia signálom LTE800 a zvyšuje náklady na výstavbu ďalších vysieláčov, ktoré by tento výpadok pokrytia eliminovali. Preto je uvedený spôsob zníženia rušenia viac-menej len teoretický.

**b. Filtrovaním signálu vysielacza LTE800.** Táto možnosť je ďalšou z možností eliminácie nežiaduceho rušenia vyšších kanálov DVB-T/-T2 zo systému LTE800. Ide o použitie filtrov na strane vysielacza LTE800, ktorý spôsobuje toto rušenie. Odfiltrovanie postranných pásiem vyžiarených z tohto vysielacza, t.j. znížením mimopásmových emisií v kombinácii s aplikáciou pásmovo-priepustných filtrov pred vstupom do prijímača DVB-T/-T2 spôsobí zlepšenie odstupu signálu LTE800 od vyšších kanálov DVB-T/-T2 (najmä kanál K60) a môže tak napomôcť k odstráneniu rušenia.

Akékoľvek zásahy na strane vysielacza LTE800 bude musieť vykonávať prevádzkovateľ daného LTE vysielacza, ktorý nežiaduce rušenie spôsobuje. Momentálne ale prevádzkovateľom mobilných sietí žiadna legislatíva neukladá povinnosť robiť tak na každom vysielachi systéme LTE800 a jednotlivé prípady takéhoto rušenia sa riešia individuálne na podnet Úradu pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb.