

Zavedení 5G

Aktuální stav v Evropě, USA a Asii



Tematická sekce Hospodářská politika a politika v oblasti vědy a kvality
života

Generální ředitelství pro vnitřní politiky
Autoři: Colin BLACKMAN a Simon FORGE
PE 631.060 – duben 2019

Zavedení 5G

Aktuální stav v Evropě, USA a Asii

Abstrakt

Tato hloubková analýza byla připravena tematickou sekcí A na žádost výboru ITRE. Porovnává zavádění 5G v EU s dalšími předními světovými ekonomikami – USA, Čínou, Japonskem, Korejskou republikou, Singapurem a Tchaj-wanem. EU si na základě řady ukazatelů vede dobře. Nejde zde však o krátkodobá srovnání. Standard 5G je komplexnější než předchozí bezdrátové technologie a měl by být chápán jako dlouhodobý projekt, aby bylo možné vyřešit náročné technické úkoly a zpracovat jasný projektový záměr.

Tento dokument si vyžádal Výbor pro průmysl, výzkum a energetiku Evropského parlamentu.

AUTOŘI

Colin BLACKMAN, Camford Associates Ltd
Simon FORGE, SCF Associates Ltd

ODPOVĚDNÝ ÚŘEDNÍK

Frédéric GOUARDÈRES

ZPRACOVÁNÍ TEXTU

Janetta Cujkova

JAZYKOVÁ ZNĚNÍ

Originál: EN

O VYDAVATELI

Tematické sekce zajišťují interní i externí odborné poradenství s cílem pomáhat výborům Evropského parlamentu a ostatním parlamentním orgánům s tvorbou právních předpisů a prováděním demokratického dohledu nad vnitřními politikami EU.

Chcete-li se obrátit na tematickou sekci nebo dostávat aktuální informace, pište na adresu:
Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies
European Parliament
L-2929 - Luxembourg
E-mail: Poldep-Economy-Science@ep.europa.eu

Text byl dokončen v dubnu 2019.
© Evropská unie, 2019

Tento dokument je k dispozici na internetu na adrese:
<http://www.europarl.europa.eu/supporting-analyses>

PRÁVNÍ UPOZORNĚNÍ A AUTORSKÁ PRÁVA

Názory vyjádřené v tomto dokumentu jsou názory autorů a nemusí nutně představovat oficiální postoj Evropského parlamentu.

Rozmnožování a překlady pro nekomerční účely jsou povoleny, pokud je uveden zdroj a Evropský parlament je na to předem upozorněn a obdrží kopii.

Tato analýza by měla citována následovně: BLACKMAN, C., FORGE, S., *Zavedení 5G: Aktuální stav v Evropě, USA a Asii*, Analýza pro Výbor pro průmysl, výzkum a energetiku, tematická sekce Hospodářská politika a politika v oblasti vědy a kvality života, Evropský parlament, Lucemburk, 2019.

© Obrázek na titulní straně: Shutterstock.com

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	4
SEZNAM GRAFŮ	5
SEZNAM OBRÁZKŮ	5
SEZNAM TABULEK	5
SHRNUTÍ	6
1. VÝZVA 5G	7
1.1. Úvod	7
1.2. Obchodní model 5G	7
1.3. 5G upgraduje předchozí generace, přináší však nové výzvy	8
1.4. Důsledky zvýšení hustoty sítí	9
1.5. Náklady na zvýšení hustoty sítí mohou pohánět sdílenou infrastrukturu	10
1.6. Stále je třeba dokončit standardy 5G	10
1.7. Elektromagnetické záření 5G a bezpečnost	12
2. ZAVEDENÍ 5G VE VEDOUCÍCH ZEMÍCH	13
2.1. USA	13
2.2. Čína	15
2.3. Japonsko	17
2.4. Korea	18
2.5. Singapur	19
2.6. Tchaj-wan	21
3. SROVNÁNÍ EU S DALŠÍMI VEDOUCÍMI ZEMĚMI	22
3.1. Shrnutí pokroku EU	22
3.1.1. Testovací města 5G	22
3.1.2. Digitální přeshraniční koridory	22
3.2. Postavení EU ve srovnání s dalšími zeměmi	23
3.2.1. Faktory úspěchu 5G	25
3.2.2. 5G a jednotlivé modely průmyslové strategie	27
4. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ	28
4.1.1. Financování projektu spuštění 5G	28
4.2. Jak si stojí EU ve srovnání se světem?	28
4.3. Doporučení seřazená podle jejich možného dopadu	30
ODKAZY	32

SEZNAM ZKRATEK

5G	Pátá generace bezdrátových systémů
CEPT	Evropská konference poštovních a telekomunikačních správ
cMTC	Kritická komunikace mezi přístroji
EECC	Evropský kodex pro elektronické komunikace
eMBB	Pokročilá mobilní širokopásmová síť
ETSI	Evropský ústav pro telekomunikační normy
FCC	Federální komise pro komunikaci
FWA	Pevné bezdrátové připojení
GSM	Globální systém pro mobilní komunikaci, digitální celulární norma pro mobilní hlasové a datové služby
ITU	Mezinárodní telekomunikační unie
IoT	Internet věcí
LTE	Long-Term Evolution, technologie určená pro vysokorychlostní internet v mobilních sítích
MIMO	Multiple-input and multiple-output, anténa s vícenásobným vstupem a výstupem
mMTC	Masivní komunikace mezi zařízeními
MNO	Operátor mobilní sítě
NRA	Národní regulační orgán
OTT	Over-the-top, distribuce obsahu přes internet
RSPG	Skupina pro politiku rádiového spektra
SDO	Standards development organization, Organizace na vývoj norem
SAWAP	Bezdrátový přístupový bod s malým dosahem
URLLC	Vysoce spolehlivá komunikace s nízkou latencí
WRC	Světová radiokomunikační konference

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1:	Fyzika řídí finanční stránku 5G	9
---------	---------------------------------	---

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1:	Testování sítě 5G a její pilotní spouštění ve městech	23
Obrázek 2:	Celosvětový žebříček vývoje 5G na základě více kritérií	25
Obrázek 3:	Faktory ovlivňující trh 5G – srovnání EU s USA a Asií	26
Obrázek 4:	Operační modely financování propagace technologie 5G	27

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1:	Celosvětově využívaná hlavní frekvenční pásma pro standardy 5G	11
Tabulka 2:	Časový rámec pro spuštění 5G	30
Tabulka 3:	Doporučení seřazená podle jejich možného dopadu	31

SHRNUTÍ

Na základě technických a jiných ukazatelů si Evropa vede v zavádění 5G v porovnání s dalšími předními ekonomikami světa (USA, Čínou, Japonskem, Korejskou republikou, Singapurem a Tchaj-wanem) dobře. Při analyzování trhu a postavení různých národních aktérů je užitečné rozdělit země a ekonomiky na výrobce technologií 5G (např. Korea, Tchaj-wan), spotřebitele 5G technologií (např. Singapur) nebo obojí. Evropa spadá do druhé zmíněné kategorie společně s USA, Čínou a Japonskem.

Ve skutečnosti si evropská konsorcia se svými pokročilými pilotními programy, zkušebním provozem a testováním ve městech a shodou o umístění a přidělování spektra vedou v mnoha ohledech dobře. V porovnání s jinými zeměmi má také některé klíčové strategické výhody. Je například sídlem významných dodavatelů zařízení (např. Nokia a Ericsson) a rovněž různých klíčových výrobců integrovaného obvodu (např. ARM/Softbank) i přes to, že jsou vlastněny japonskými, americkými nebo čínskými podniky. V EU navíc sídlí klíčová organizace pro technické normy ETSI/3GPP, jež je v centru inteligence pro technologie, normy a patenty, na kterých jsou založeny.

Je stále více zřejmé, že zavedení 5G bude nákladnější než zavedení předešlých mobilních technologií (možná až 3krát dražší), jelikož je složitější a vyžaduje pokrytí s vyšší hustotou základnových stanic, aby bylo dosaženo požadované kapacity. Evropská komise určila odhadovanou cenu splnění cílů konektivity pro rok 2025, což zahrnuje pokrytí 5G ve všech městských oblastech, na 500 miliard EUR.

Protože je 5G hnáno kupředu dodavatelským průmyslem telekomunikačních služeb a jejich dlouhým řetězcem výrobců součástek, má právě probíhající hlavní kampaň za cíl přesvědčit vlády o tom, že ekonomika a pracovní místa budou zavedením 5G silně povzbuzeny. Zatím však nebyl zaznamenán výrazný tlak poptávky, který by prodej mohl podpořit. Kampaň je také zacílena na operátory mobilních sítí (MNO), kteří však mají omezené možnosti investic do nových technologií a infrastruktur, jelikož se jim ještě stále navrací investice do 3G a 4G.

Přestože kampaň vzbuzuje dojem „závodu“, je stále zřetelnější, že zdokonalení této technologie bude trvat mnohem déle než u předešlých generací. Čína například pro úplné spuštění celostátní plně funkční sítě 5G vypracovala 10letý program. **Technologie potřebné pro 5G jsou totiž mnohem složitější. Jeden z aspektů, které zatím nejsou dostatečně pochopeny, jsou nepředvídatelné vzorce šíření signálu, které mohou mít za následek vystavení obyvatel elektromagnetickému záření v nepřijatelné míře.**

Tato analýza obsahuje čtyři doporučení, jak zvýšit pravděpodobnost dlouhodobého úspěchu 5G v EU:

- **Měly by se posílit dlouhodobé snahy v oblasti výzkumu a vývoje 5G, aby se porozumělo četným neznámým v šíření signálu (například měření a regulování míry expozice rádiovým frekvencím elektromagnetických polí (RF EMF) v anténách s vícenásobným vstupem a výstupem (MIMO) na milimetrových vlnových frekvencích (mmWave)).**
- Pro lepší definování cílů, dosahu a zdrojů příjmů pro 5G je zapotřebí detailnější studie obchodních modelů.
- Politika pro síť 5G by měla podporovat sdílené infrastruktury a oddělení infrastruktury a služeb.
- V zájmu snadného uvedení základnových stanic v rozsáhlém měřítku je zásadní vytvořit odlehčený regulační rámec pro zavedení bezdrátových přístupových bodů s malým dosahem (SAWAP), které jsou klíčové pro plánovanou hustou síť 5G.

1. VÝZVA 5G

1.1. Úvod

Operátoři a dodavatelé v odvětví mobilní komunikace slibují novou bezdrátovou technologii 5G, která by mohla značně zlepšit rychlost a spolehlivost mobilních zařízení. Ještě důležitější je fakt, že 5G by mohlo na základě nové infrastruktury pro inteligentní města, pokročilou výrobu, zdravotnické systémy a propojené automobily umožnit vývoj nové vlny technologií a aplikací.

Náklady na dosažení cílů konektivity Evropské unie pro rok 2025, včetně pokrytí 5G ve všech městských oblastech stanovené ve sdělení „*Připojení pro konkurenceschopný jednotný digitální trh – na cestě k evropské gigabitové společnosti*“, jsou odhadovány na 500 miliard EUR. Vzhledem k rozsahu nutných investic musí odvětví mobilní komunikace přesvědčit vlády o hospodářských a sociálních výhodách, které s sebou 5G může přinést, a následně se může spustit marketingová kampaň. Pro průmysl je například výhodné, aby tvůrci politik věřili tomu, že zavedení služeb 5G je závod mezi národy, a že Evropa v tomto závodě prohrává. Telekomunikační průmysl a sdělovací prostředky každodenně informují o nejnovějším vývoji situace a o tom, kdo má ve zmíněném závodě navrch, zatímco zásadnější je fakt, že stále nejsou zodpovězeny otázky ohledně toho, co 5G ve skutečnosti představuje, k čemu slouží, jestli je bezpečné, jestli nabízí dobrý poměr kvality a ceny nebo jestli někdo bude ochoten za 5G zaplatit.

Nejdůležitější lekce, kterou si Evropa z analýz strategií v USA, Číně a dalších asijských zemích může odnést, je skutečnost, že vývoj a zavedení nové bezdrátové technologie je mnohem dlouhodobější proces, než by tento krátkodobý závod mohl naznačovat (Jefferies, 2017).

Následně tato analýza zkoumá navržené obchodní modely, pokrok v technologiích, normy, pilotní předvedení a komerční zavádění po celém světě, aby bylo možné porovnat pokrok v EU s USA, Čínou a dalšími zeměmi v Asii.

1.2. Obchodní model 5G

Jedním z cílů 5G je nabídnout přístup k mobilnímu i pevnému internetovému připojení při širokopásmové rychlosti okolo 10 Gb/s, což je zhruba 100krát větší rychlost, než teoreticky umožňuje současná technologie LTE. Obchodní síly, které stojí za tímto pokrokem, jsou:

- nutnost rychleji přenést mnohem větší objem dat pro videopřenos zábavního obsahu a živé přenosy na sociálních sítích a
- potřeba snížit dobu odezvy (nebo latenci) na mobilní síti pro hraní počítačových her a pro určité obchodní aplikace vertikálního sektoru, např. aplikace internetu věcí jako jsou výroba v reálném čase a řízení procesu.

Tyto dva faktory – rychlost přenosu velkého objemu dat s minimálním časem odezvy – podporují výše zmíněné obchodní modely. Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) rozdělila obchodní modely 5G do tří kategorií způsobu použití, z nichž každý má různé požadavky na komunikaci:

- Pokročilá mobilní širokopásmová síť (eMBB) zaměřená na zábavu, videa na sociálních sítích a multimediální komunikaci s video kanály s vysokým rozlišením.
- Masivní komunikace mezi zařízeními (mMTC) navržená na pokrytí velké oblasti se statisíci zařízeními na kilometr čtvereční, obvykle pro zajištění permanentní konektivity pro levné, základní softwarové a hardwarové jednotky s minimální spotřebou energie, např. ke sledování kvality vzduchu ve městech.

- Kritická komunikace mezi přístroji (cMTC) navržená na monitorování a sledování v reálném čase s velmi malou latencí mezi dvěma koncovými body a vysokou spolehlivostí. Můžeme je označit jako vysoce spolehlivé komunikace s nízkou latencí (URLLC), pro průmyslové pracovní postupy např. při automatizaci distribuce energie v chytré síti, v řízení průmyslových procesů a senzorových sítích, kde jsou přísné požadavky, na spolehlivost a nízkou latenci.

Velmi důležitý je i fakt, že současný obchodní model operátorů mobilní sítě může být zpochybněn průmyslovými uživateli. Tito uživatelé totiž nejsou ochotni platit drahou síť 5G za konektivitu, zvláště pak požadavky na internet věcí, např. ve výrobě, a tak mohou vzniknout nové modely pro alternativní formy vlastnictví sítě a operací. Subjekty ve vertikálních průmyslových odvětvích (např. letecký a automobilový průmysl, stavební sektor, zdravotnický sektor, veřejné služby apod.) se tak mohou stát převládajícími tvůrci, majiteli a provozovateli sítě 5G. Navíc zvláště tam, kde veřejnost potřebuje konektivitu, mohou sítě vícečetných operátorů menších buněk oddělovat aplikačních služby od základní síťové infrastruktury.

1.3. 5G upgraduje předchozí generace, přináší však nové výzvy

V porovnání s předchozími generacemi mobilních infrastruktur je v případě 5G dosažení mnohem vyšší rychlosti dat a nižší latence technicky náročnější, a to z důvodu základnových stanic, jejich antén, softwaru a mobilních přístrojů. 5G se pokouší upravit základní model celulární rádiové technologie pomocí:

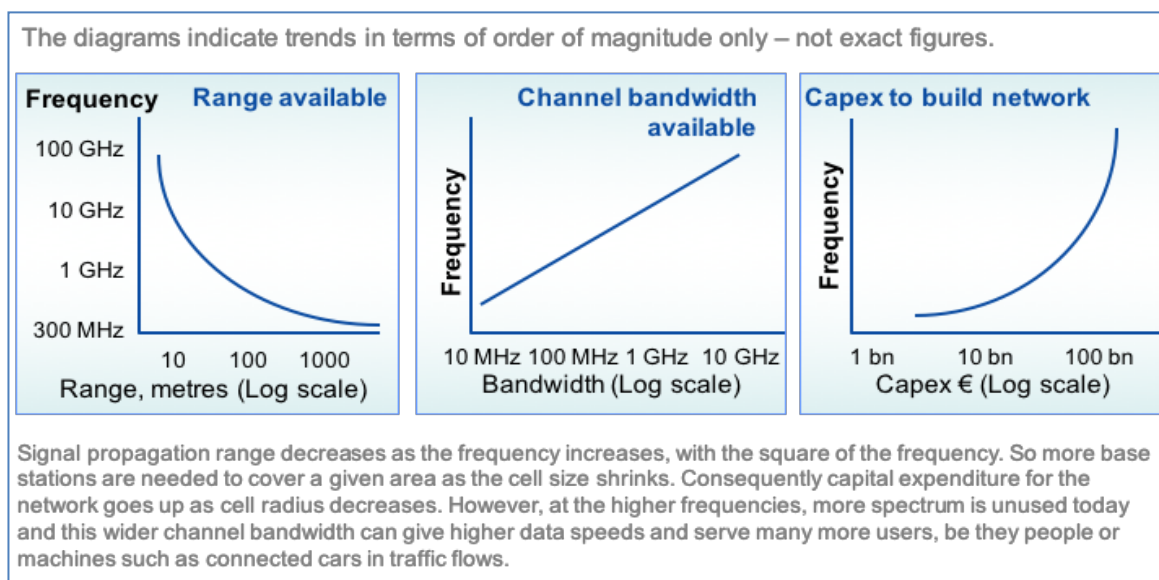
- **Cílených paprsků:** Místo přenášení širokoplošného vysílání, které se rozptýlí přes segment buňky okolo základnové stanice, se používá technika „aktivní antény“, která vytvoří set říditelných rádiových paprsků se silou zaměřenou na malou plochu – přijímací mobilní přístroje.
- **Potenciálně mnohem vyšších frekvencí a širšího frekvenčního pásma pro vyšší rychlost dat:** Přestože jsou pro první fázi sítě 5G navrženy nižší frekvence (mnoho z nich v rozsahu UKV), plánují se i mnohem vyšší rádiové frekvence v pásmech tradičně využívaných pro radarové a mikrovlnné spojení. Přejít na tyto vlny je však stále otevřenou otázkou. Tyto frekvence jsou některými společnostmi komerčně testovány (např. v USA společností AT&T při 28 GHz). Nová pásma se pohybují ve vyšších frekvencích, než je rozsah UKV. Jsou to buď pásma centimetrových (3–30 GHz), nebo milimetrových vln (30–300 GHz), která jsou obvykle označovaná jako „mmWave“, představují však technické obtíže, které je finančně náročné vyřešit. V těchto vyšších frekvenčních pásmech zůstává větší část spektra nepřidělena, takže rozsáhlé pásy pro širší vlnová pásma nejsou pro mnoho kanálů využité, stejně tak jako větší rychlost dat na každý kanál. Není jasné, jestli spotřebitelé jakožto cílová skupina ocení vyšší rychlost, zda budou potřebovat vyšší kapacitu nebo jestli si mobilní přístroje a poplatky za služby budou moci dovolit (Webb, 2018). Pro operátory se očekává šířka vlnového pásma od 100 MHz do 400 MHz, oproti 10 až 20 MHz pro kanály UKV (Berteneyi, 2017). Toto pásmo by mohlo sloužit více uživatelům zároveň a mohlo by být nezbytné pro obchodní modely, které očekávají mnohem větší hustotu populace lidských uživatelů, možná s vyšší rychlostí dat, nebo strojových uživatelů využívající internetu věcí.
- **Kratšího rozsahu, více rušení a pronikání do vnitřních prostor:** Efektivní rozsah rádiového signálu se snižuje přímo úměrně druhé mocnině frekvence. Toto má zásadní dopad na kapitálové náklady na celulární rádiové sítě. Přestože mnoho 5G sítí, které se aktuálně testují, bude využívat mnohem nižší frekvenční pásma, vyšší frekvence, které jsou navrženy do budoucnosti, mohou nabídnout šíření signálu v dosahu zhruba stovek či pouze desítek metrů. Signály o vyšších frekvencích také více podléhají vlivům počasí, jako je déšť, sníh, mlha a

překážkám jako mokré listí či budovy nebo jejich zdi. Což znamená, že by při vyšších frekvencích mohlo být užití uvnitř budov problematické, pokud by bylo založeno na pronikání zdí či oknem. Tudiž se aktuálně zdůrazňuje opětovné využití existujících frekvenčních pásem UKV a také pásem těsně nad nimi s rozsahem 3–10 GHz (tzv. střední rozsah), aby síť 5G dosahovala většího rozsahu, a představovaly tak méně technických výzev.

1.4. Důsledky zvýšení hustoty sítí

Dopady výše zmíněných tendencí by se měly chápat z hlediska finanční stránky sítí, která je určena vlastnostmi šíření signálu. Kratší dosah vyžaduje více základnových stanic a vyšší náklady, jak je uvedeno v grafu 1.

Graf 1: Fyzika řídí finanční stránku 5G



Legenda: Rozsah šíření signálu se snižuje přímo úměrně druhé mocnině vzrůstající frekvence. Se zmenšující se velikostí buněk tedy bude na pokrytí dané oblasti potřeba více základnových stanic. A tudíž se snižujícím se dosahem buněk se zvyšují kapitálové výdaje sítě. Ve vyšších frekvencích zůstává větší množství nevyužito a právě toto rozšíření vlnového pásma může poskytnout větší rychlosti a sloužit více uživatelům, ať už se jedná o lidi nebo přístroje, jako jsou například propojené automobily v dopravních tocích.

Kvůli vyšším frekvencím a kratšímu rozsahu budou muset být základnové stanice v dané oblasti umístěné hustěji u sebe, aby úplně pokryly území a zamezily místům bez pokrytí (tzv. not-spots). Typický může být rozsah 20–150 metrů zajišťující menší pokrytí oblasti na „menší buňku“. 20metrový dosah buněk by znamenal **okolo 800 základnových stanic na kilometr čtvereční** (nebo bezdrátový přístupový bod s malým dosahem (SAWAP), což je termín používaný v evropském kodexu pro elektronické komunikace (EECC)). V tom se liší od 3G a 4G, jenž používají větší nebo „makro“ buňky. Ty běžně nabízí dosah mezi 2–15 km či více, a proto mohou pokrýt větší oblast, ale současně umožňují připojení méně uživatelům, jelikož mají méně samostatných kanálů. Koncept bezdrátových přístupových bodů (SAWAP) už byl do určité míry použit při technologii LTE pro vyřešení míst bez pokrytí ve městech např. v Amsterdamu a Singapuru, ale ne v rozsahu plánovaném pro 5G.

Zavedení této husté sítě bude nákladné ne pouze, co se instalace týče, ale také z důvodu prodlev při získávání plánovaných povolení a autorizací. Proto by bylo pro pokrytí městských oblastí malými buňkami 5G rozumné, kdyby členské státy EU zjednodušily a harmonizovaly procesy autorizace a plánování povolení, aby byl umožněn standardní přístup EU k zvýšení hustoty sítě:

- Je zapotřebí zavést normy malých buněk, aby se EU otevřela cesta k vysoce kvalitní celulární konektivité v otevřených prostorách i uvnitř budov a aby se podpořil zjednodušený regulační režim, který je zásadní pro zajištění rychlého uvedení možná stovek malých buněk na kilometr čtvereční.
- Prakticky se bude hlavně usilovat o rozsáhlé instalační tréninky a osvědčení.
- Estetické námitky budou vyřešeny pomocí vyhovujících designů a instalačních postupů.

Evropský kodex pro elektronické komunikace (EECC) se snaží dané problémy vyřešit pomocí různých opatření (zejména článku 57).

1.5. Náklady na zvýšení hustoty sítí mohou pohánět sdílenou infrastrukturu

Za současné nejisté finanční situace světového telekomunikačního průmyslu nejsou výzvy k novým a velkým investicím příliš vítány, zvláště pak výzvy s provizorními obchodními modely, a tudíž nejistými celkovými náklady a návratností investic. Výsledkem toho je, že odvětví celulárních mobilních technologií se nyní potýká s různými technickými a obchodními řešeními pro nástup malých buněk pro 5G.

5G proto může spustit alternativní modely vlastnictví infrastruktury, buď sdílení fyzických sítí a spekter, nebo oddělení služeb a sítí, aby si aktéři mohli vybrat mezi síťovou vrstvou nebo poskytováním služeb (Marti, 2019a). Tyto upravené obchodní modely mohou zavést koncept „neutrálních hostitelů“ – třetích stran, které vlastní a provozují síť a sdílené licencované spektrum, což představuje alternativu k současným modelům hospodářské soutěže v oblasti infrastruktury (Small Cell Forum, 2017). Koncept specializovaných operátorů/vlastníků sítě 5G, který neutrálně podporuje všechny poskytovatele služeb, zvažují největší světoví operátoři (Grijpink, Härlin, Lung, a Ménard, 2019). Není však jasné, jestli tento obchodní model závisí na těchto neutrálních provozovatelích nebo se jedná o mírnější formu závislosti, kdy operátor vlastní infrastrukturu sdílené sítě.

1.6. Stále je třeba dokončit standardy 5G

Přestože technické standardy pro další generaci mobilních rádiových služeb stále nejsou dokončené, EU, USA, Čína a další země jsou i nadále odhodlané vést fungující komerční síť jako první. První specifikace pro standard sítě 5G partnerského projektu 3. generace organizací pro vývoj norem (ETSI/3GPP SDO) byly vydané v roce 2017, zbytek tohoto prvního standardu 5G „3GPP Release 15“ se ale objevil až v září 2018. Podporuje 28 GHz mmWave spektrum a technologii soustavy antén s vícenásobným vstupem a výstupem (MIMO). Proto bude rok 2019 klíčový pro pracovní standardy vydané v rámci ETSI/3GPP a podpořené unií ITU, kde se 5G označuje za mezinárodní mobilní telekomunikaci pro rok 2020 (IMT-2020). Projednávají se tři škály spekter:

Tabulka 1: Celosvětově využívaná hlavní frekvenční pásma pro standardy 5G

Frekvenční pásmo	Frekvenční rozsah	Země/regiony	Poznámky
Nízké pásmo	<1 GHz (UKV) většinou 600/700 MHz	EU, USA, Indie	v současnosti favoritem z důvodu většího rozsahu, nižších nákladů na infrastrukturu a známější technologie
Střední pásmo	3–5 GHz (vyšší než UKV)	EU, Korejská republika, Čína, Indie a USA na 2 GHz; Čína a Japonsko v roce 2020	větší spektrum k dispozici, kompromis v rozsahu a výkonnosti
Vysoké pásmo	20–100 GHz	EU, USA, Korejská republika; v 2020 – Čína, Japonsko, Indie	malý rozsah (10–150 metrů), vysoká rychlost, nízká latence

Zdroj: Bertenyi, 2017; autoři.

Přední operátoři mobilních sítí po celém světě očekávají v roce 2020 konečné verze post-prototypů zařízení, a to včetně sortimentů mobilních přístrojů. Výše zmíněné rozsahy frekvencí však nezahrnují všechny možnosti. Čína například aktuálně sází na frekvenci 2,6 GHz (Handford, 2019) pro zavedení 5G, což může mít vliv i na další země.

V EU se Skupina pro politiku rádiového spektra (RSPG) ve svém třetím stanovisku (RSPG, 2018) přiklání k pásmu 3,6 GHz (3,4–3,8 GHz), pásmu 26 GHz (24,25–27,5 GHz) a stávajícím harmonizovaným pásmům UKV pro mobilní služby v EU s frekvencí pod 1 GHz, například k pásmu 700 MHz a pásmu nad UKV.

Dohody o standardech pro spektrum by mohlo být dosaženo na Světové radiokomunikační konferenci (WRC-19) v říjnu až listopadu v Šarm aš-Šajchu. Mělo by se zde určit použití konkrétních frekvenčních pásem pro 5G v každém ze tří světových regionů pro následující čtyři roky a dále. V rámci přípravy na WRC-19 se nejprve formulují pozice jednotlivých regionů. Pracovní skupiny projektového týmu Evropské konference poštovních a telekomunikačních správ (CEPT) ECC PT-1 odpovídají za návrhy spekter v EU. Pro současný vývoj v oblasti harmonizace spekter pro zavedení 5G v Evropě je stále zapotřebí investovat větší úsilí a navrhovaná frekvenční pásma zahrnují i pásma o 3,5 GHz a 26 GHz. S ohledem na přípravu na WRC-19 vznikají v EU také národní strategie, ve kterých se členské státy zaměřily na pásma o 3,6 GHz i 27,5–29,5 GHz.

Výstup projektu 3GPP č. 15, tzv. „Release 15“ (R 15), podporuje vysokorychlostní mobilní širokopásmový přístup podporující přenos videa (eMBB), vysoce spolehlivou komunikaci s nízkou latencí (URLLC) a masivní komunikaci mezi zařízeními (mMTC). Doplnuje specifikaci typu end-to-end o definice funkčních mobilních přístrojů. Která budou využívat společnosti, jako je Apple, Samsung a další. Také se již začnou vyrábět a prodávat různé verze procesorů a hardwaru, jako například rádiové modemy a procesorové čipové sady od společností ARM, Intel, Apple, Samsung, Qualcomm a dalších. První základnové stanice malých buněk od dodavatelů jako Nokia, Ericsson a Cisco budou také založeny na této normě.

„R 15“ podporuje tzv. New Radio (NR), což je rozhraní rádiového vysílání pro dva z hlavních rozsahů frekvencí, které bude využívat 5G. Jedná se o rozsah frekvence 1 (FR1), který je pod 6 GHz s mnohem vyššími frekvencemi v centimetrovém a milimetrovém rozsahu, nebo rozsah frekvence 2 (FR2), ve kterém je tzv. mmWave rozsah (rozsah milimetrových vln) (Bertenyi, 2017). 5G NR také podporuje konfiguraci pro pilotní testování, tzv. nesamostatný režim. Je založen na stávající technologii sítí LTE

pro páteřní síť s rádiovým přístupem 5G (5G RAN) a mobilními přístroji 5G. Samostatný režim potom znamená plné zavedení 5G s páteřní sítí 5G a mobilními přístroji 5G.

Další fáze standardů 5G projektu 3GPP, výstup „R 16“, je navržena pro aplikace internetu věcí v chytrých městech, rozsáhlou komunikaci mezi přístroji, propojená vozidla a další, a čekává se, že v prosinci 2019 nebo začátkem roku 2020 bude předán pracovní skupině Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) ke schválení. Aby byl dokončen „R 15“, schválil orgán 3GPP v prosinci 2017 nesamostatný režim (NSA) a v lednu 2018 samostatný standard (SA) 5G.

Z dosavadních zkušeností se dá očekávat, že k dokončení plnohodnotných standardů 5G může dojít v dalším desetiletí prostřednictvím několika dalších výstupů (tzv. release). Nicméně rádiová technologie zavedená v plném rozsahu bude dosažena jen a pouze tehdy, pokud technologii přijmou vertikální průmyslová odvětví, a pokud využívané obchodní modely budou jiné než v případě stávajících mobilních operátorů.

1.7. Elektromagnetické záření 5G a bezpečnost

Objevuje se značné znepokojení nad možným dopadem 5G na zdraví a bezpečnost. Rizika vyplývají z potenciálně mnohem vyšší expozice elektromagnetickému záření rádiových frekvencí sítě 5G. Zvýšená expozice nemusí být výsledkem pouze používání mnohem vyšších frekvencí 5G, ale také možného nahromadění různých signálů, jejich dynamické povahy a komplexního vzájemného působení, což může nastat obzvláště v hustě obydlených městských oblastech.

Rádiová emisní pole 5G se liší od polí předchozích generací svým složitým obousměrným přenosem tvarovaných vyzařovacích charakteristik paprsků (technologie beamforming), který probíhá od základnové stanice do mobilního přístroje a zpět. Přestože jsou tato pole vysoce zaměřená paprsky, rychle se mění v čase a pohybu, a proto jsou nepředvídatelná, jelikož hladiny signálu v nich a jejich vzorce na sebe v uzavřené smyčce vzájemně působí. Tyto vlastnosti musí být ještě zmapovány v reálných situacích mimo laboratoř.

Přestože Mezinárodní komise pro ochranu před neionizujícím zářením (ICNIRP) vydala zásady pro omezení expozice elektrickým, magnetickým a elektromagnetickým polím (EMF) a přestože se členské státy EU řídí doporučením Rady 1999/519/ES, které vychází ze zásad ICNIRP, v současné době není možné přesně simulovat nebo změřit emise 5G v reálném prostředí.

2. ZAVEDENÍ 5G VE VEDOUCÍCH ZEMÍCH

Tato kapitola se věnuje zavedení 5G v zemích a ekonomikách s nejpokročilejšími plány pro 5G, kterými jsou USA, Čína, Japonsko, Korejská republika, Singapur a Tchaj-wan.

2.1. USA

Plány čtyř předních mobilních operátorů – AT&T, Verizon, Sprint a T-Mobile – určí, jakým směrem povede vývoj 5G ve Spojených státech v dalších pěti letech. Do značné míry se rozcházejí v tom, co označují pojmem 5G, v obchodních modelech, harmonogramech zavedení, a také v tom, které části spektra hodlají použít. Zatím byly k dispozici pouze prototypy mobilních přístrojů, nicméně první spotřebitelské modely se očekávají v roce 2019.

Všichni operátoři již začali s testováním technologií a zařízení 5G a do konce roku 2019 plánují i komerční spuštění. Federální komise pro komunikaci (FCC) uspořádala v listopadu 2018 aukci spektra s vysokými frekvencemi (např. nad 10 GHz), stále však není jasné, kdy bude k dispozici pásmo se středními frekvencemi (nad rozsah UKV od 3–6 GHz). Do začátku roku 2019 schválilo šestnáct států právní předpisy, které mají usnadnit zavedení malých buněk.

Verizon: V říjnu 2018 spustil Verizon přes své patentované 5GTF síťové standardy službu „5G Home“, jež má být první komerční službou 5G. V závislosti na umístění dosahuje rychlosti přenosu mezi 300 Mb/s a 1 Gb/s. Nabízí pevná širokopásmová bezdrátová připojení (FWA) pro domácí konektivitu v určitých částech čtyř velkých měst a další plánuje přidat v roce 2019. Měsíční tarif za služby bude zákazník stát 70 USD, nebo v případě již stávajících zákazníků 50 USD.

Nezávislé terénní testování sítě 5G v Sacramentu odhalilo, že 5G Home pokryl okolo 10 % města (Dano, 2019). Použitá technologie FWA však bude pravděpodobně nahrazena, jakmile bude k dispozici standardní vybavení 3GPP. Síť Verizonu je založena na spektru o 28 GHz, na které vlastní licenci. Toto frekvenční pásmo je vhodné pro rychlé stahování dat, ne však k pokrytí větších oblastí. Přestože Verizon uvádí dosah signálu okolo 300 m od místa vysílače a umístění potenciálních zákazníků, testování v terénu ukázalo jen poloviční dosah. Od roku 2017 Verizon testuje služby 5G v pásmu milimetrových vln (mmWave 5G) v 11 městech (Ann Arboru, Atlantě, Bernardsvillu, Brocktonu, Dallasu, Denveru, Houstonu, Miami, Sacramentu, Seattlu a Washingtonu DC). Na Super Bowlu v roce 2018 předvedl videohovor 5G a v únoru 2018 uskutečnil přenos dat po síti 5G NR v laboratoři se společnostmi Nokia a Qualcomm. V červnu 2018 Verizon testoval ve volném terénu obousměrný přenos dat, několikanásobné využití frekvenčních pásem a velmi vysoké rychlosti. V srpnu 2018 se pak ve zkušebním testu Verizonu a Nokii podařilo v New Jersey přenést signál 5G NR do pohybujícího se vozidla za použití spektra 28 GHz. V září 2018 pak operátor ve Washingtonu dokončil testování přenosů 5G do testovacího vozidla na spektru 28 GHz s použitím prototypu pátevní sítě 5G a rádiovým zařízením na 5G od společnosti Nokia. Ve městech Washington DC a Minneapolis se Verizonu také podařilo při komerčních testováních přenést 5G signál s použitím prototypů uživatelských zařízení pro síť 5G NR.

T-Mobile USA: Oproti tomu T-Mobile, který v žádném případě neopomíjí spektra s vysokými frekvencemi, nechce promarnit svou značnou investici do 600 MHz spektra. Aby předvedl, že pásmo milimetrových vln (mmWave) pro 5G není nutným předpokladem, zveřejnil v lednu 2019 svou poslední ukázkou, která pracuje na frekvenci 600 MHz. Komerční spuštění chystá na začátek roku 2019. Operátor očekává, že v následujících pěti letech nabídne skrze pokrytí FWA sítěmi 5G rychlý přenos dat 100 Mb/s až dvěma třetinám populace USA a do roku 2024 pokryje až 90 % USA (Evropské středisko pro sledování 5G, 2019). Spuštění a první uvedení se uskuteční na nosné frekvenci 600 MHz, druhou fází pak bude pásmo mezi 28 a 39 GHz. Jejich strategií je brzy předvést vysoké rychlosti s širokým pokrytím a ovládnout tak americký trh.

Na Elektronické spotřebitelské show v Las Vegas v lednu 2019 ohlásil T-Mobile svůj plán provést první datový hovor a videohovor za použití pásma 600 MHz. Využívá při tom nejnovějšího standardu rozhraní 5G NR od 3GPP a překonává tak zkušební uspořádání 5G, které bylo navrženo a vytvořeno ve spolupráci se společnostmi Intel a Ericsson (Bosnjak, 2019) a propojeno prostřednictvím komerční sítě (LTE) vlastněné touto společností. T-Mobile také potvrdil úspěšný třístranný videohovor za využití nejnovějších technologií, kdy se uživatelé připojili pomocí tří různých frekvenčních pásem – 600 MHz, 28 GHz a 39 GHz. Proto T-Mobile plánuje v roce 2019 rozšířit své investiční výdaje pro zavedení 5G v pásmu 600 MHz o 6 % z 5,8 miliard USD v 2018 na 6,1 miliard USD v roce 2019 (TelecomLead, 2019).

V srpnu 2018 podepsal T-Mobile dvě smlouvy v hodnotě 3,5 miliardy USD se společnostmi Ericsson a Nokia, aby podpořil celostátní zavedení sítě 5G NR. Ericsson je smluvně zavázán poskytnout společnosti T-Mobile software a hardware pro 5G NR a své digitální softwarové služby pro řízení. T-Mobile také oznámil cílová města pro spuštění *mobile 5G* v roce 2020, kterými jsou Dallas, Las Vegas, Los Angeles a New York City.

AT&T: Mobilní operátor AT&T 21. prosince 2018 jako první v USA oznámil spuštění mobilní sítě 5G založené na normách 3GPP pro komerční síť. Do konce roku 2018 plánoval spustit služby 5G ve 12 městech. Je zajímavé, že i přes pilotní testování zůstává společnost AT&T stále zdrženlivá k 5G s pevným bezdrátovým připojením (FWA). Další uvedení v 19 nových městech proběhne v roce 2019. Technologičtí partneři AT&T zahrnují společnosti Ericsson, Samsung, Nokia a Intel, které se od začátku roku 2017 podílí na čtyřech testech pevného bezdrátového připojení (FWA) a mobilního 5G ve městech (Evropské středisko pro sledování 5G, 2019), kde AT&T představil své první mobilní zařízení na 5G za použití spektra milimetrových vln a rovněž „první mobilní vyhledávání 5G prostřednictvím milimetrových vln“.

Kromě toho začala společnost AT&T nabízet svou vlastní verzi 5G nazvanou 5G+, která ale vzbudila jistou polemiku, neboť se v podstatě jedná o zdokonalenou síť LTE. AT&T navrhuje pro svou síť 5G+ mobilní hotspotové zařízení Netgear Nighthawk 5G, přičemž místo UKV bude využívat spektrum mmWave. Sporně také nazvali svou síť LTE jako 5G Evolution nebo 5G E, což je jasný příklad mediální bubliny okolo 5G (Reardon, 2019).

AT&T také navrhuje hotspoty 5G pro hustě obydlené městské oblasti ve 12 městech, které se mají v roce 2019 rozšířit o části dalších sedmi měst. V USA mobilní hotspotové zařízení Netgear Nighthawk 5G (tzv. puk) poběží na síti 5G+ společnosti AT&T v pásmu milimetrových vln o 28 GHz. Zákazníci mimo pokrytí sítě 5G+ budou moci využívat zařízení pro nejlepší přijímanou místní mobilní síť, jakou je síť 5G Evolution LTE od AT&T (s využitím více pásem). První zákaznické vybavení 5G a ceny tarifů však nejsou levné. Počáteční cena hotspotového zařízení Nighthawk je 499 USD se smlouvou na 5G s datovým plánem 15 GB za 70 USD měsíčně.

Sprint: O poznání menší mobilní operátor, který naplánoval komerční spuštění na první polovinu roku 2019. Zákazníci v devíti testovacích městech by měli mít pro využívání sítě o milimetrových vlnách své první chytré telefony od korejské společnosti LG do poloviny roku 2019. V roce 2018 operátor otestoval 5G v rozsahu 2,5 GHz se zdokonaleným softwarem pilotních chytrých telefonů v hustě zalidněném prostředí Super Bowlu v Atlantě. Ze všech operátorů v USA vlastní Sprint většinu 2,5 GHz spektra a také navrhuje jeho opětovné užití jak pro technologii LTE, tak i 5G v centrech měst pomocí masivních antén MIMO, aby tak využil svá současná místa a věže makro buněk (Alleven, 2018). Nadále také projednává navrhované spojení s T-Mobile USA v naději, že spojí svou síť 5G s funkcí 2,5 GHz, která je vhodná pro centra měst, se sítí s frekvencí 600 MHz od T-Mobile užívanou ve venkovských a příměstských oblastech, aby tak v budoucnu vytvořil centimetrová pásma okolo 26 GHz a pásma s vyšší frekvencí pro hustě zalidněné městské oblasti.

Závěr

USA se přibližuje spuštění určité formy mobilní širokopásmové sítě 5G, ne však nutně v celostní, dobře připravené operaci. Jedná se spíše o sérii komerčních kroků ad hoc. V některých případech jde pouze o vytvoření nové image již existující LTE spíše než vytvoření sítě nové. Ve značné míře je opětovně využito spektrum LTE s UKV (300 MHz až 3GHz). Toto rozhodnutí je zřejmě opodstatněno geografickým charakterem s rozsáhlými venkovskými oblastmi a hustě obydlenými městskými centry poblíž pobřeží. Tudíž je pravděpodobně trvání na zavedení 5G ve vysokofrekvenčním centimetrovém pásmu (25-30 GHz a více) méně odůvodněné než v hustě obydlených konurbacích v Asii a EU.

Velkou výzvu představují místní administrativní překážky pro spuštění malých buněk. Potřeba velkého množství malých buněk znamená dlouhá zpoždění a vysoké náklady. I přes příkaz komise FCC o mírném režimu a minimálních nákladech na získání povolení, mají stále větší váhu místní předpisy. Toto vedlo k neshodám mezi místními vládami a federální vládou kvůli povinnosti získat povolení ke spuštění a s tím spojeným poplatkům. Místní orgány veřejné správy, zvláště pak ve větších samosprávných oblastech, jsou s FCC na kordy (Zima, 2018). Proti příkazu FCC ze srpna 2018 bylo vzneseno několik námitek u soudu, což převažuje místní námitky na mírný režim „jednoho zásahu“.

2.2. Čína

Čína investuje do celostátního akčního plánu 5G, aby centrální vláda mohla řídit výzkum a vývoj v souladu s potřebami 5G. Čínské investice do 5G probíhají od roku 2015 na celostátní úrovni prostřednictvím tří státem vlastněných operátorů – China Mobile, China Unicom a China Telecom. Do roku 2020 se počítá s rozsáhlým komerčním spuštěním 5G v nejnovějším pětiletém plánu a pro čínské telekomunikační operátory je tento plán automaticky závazný. V prosinci 2019 byly všem třem operátorům vydány provozní licence na 5G.

Mluvčí správce čínské průmyslové politiky a národního regulačního orgánu (NRA) Ministerstva průmyslu a informačních technologií (MPIT) potvrdil, že se má urychlit komerční využívání technologie 5G prací na dalších plánech na rádiové frekvence pro licence na 5G. *China Daily* cituje náměstka ministra průmyslu a IT, Čchena Čao-siunga, podle nějž MPIT intenzivněji propaguje práci na vyspělé technologii 5G a snaží se vytvořit kompletní průmyslový řetězec pro vznik silného základu ke komerčnímu využívání 5G.

Přestože ministr neuvedl konkrétní harmonogram pro vydávání licencí na 5G, MPIT již dříve uvedlo, že s vydáváním licencí na 5G hodlá začít v druhé polovině roku 2019 (TeleGeography, 2018). V červnu 2017 MPIT vyzvalo k předložení připomínek k plánovanému používání frekvenčních pásem 3,4–3,6 GHz a 4,8–5,0 GHz spektra pro technologii 5G. V průběhu tohoto procesu MPIT zaznamenalo možné narušení stávajících služeb, zvláště pak rádiového vysílání, družicových pozemských stanic a také radioastronomických služeb. Zároveň také otevřelo diskuzi o použití spektra milimetrových vln v centimetrovém rozsahu 24,75–27,5 GHz a milimetrovém rozsahu 37–42,5 GHz pro služby 5G. V březnu 2018 MPIT sdělilo místním médiím, že vláda plánuje vydávání obchodních licencí na 5G na druhou polovinu roku 2019. MPIT navíc může s předstihem přidělit určitá práva na potřebné spektrum, aby tak usnadnilo časově náročné spouštění sítě 5G (TeleGeography, 2018a). V lednu 2019 oznámilo MPIT vydávání dočasných licencí na 5G v různých městech pro první sítě 5G s použitím prototypů vybavení (Shen, 2019).

Čínská vláda tak otevírá podstatné množství jak středních, tak vysokých pásem spektra, přičemž začíná na nižších centimetrových (3–30 GHz) a milimetrových pásmech (30–300 GHz). Nejzásadnější frekvenční pásma jsou s největší pravděpodobností 3,4–3,6 GHz a 4,8–5,0 GHz, v posledním jednání ale také došlo k přidělení pásma 2,6 GHz. Čínský národní regulační orgán se pro každého operátora zavázal uvolnit alespoň 100 MHz středního pásma spektra v rozsahu 3,4–3,6 GHz, ale pouze 2 GHz vyššího

pásma spektra. MPIT naplánovalo konečné přidělování frekvencí na druhou polovinu roku 2019. V čínském státním plánování je běžné přidělit licence stávajícím operátorům, a proto je aukční status nejasný.

Přidělování spektra pro 5G je v Číně také neobvyklé – ten, kdo přiděluje různá pásma každému ze tří operátorů, je ministerstvo MPIT. Z toho by mohl mít největší profit operátor China Mobile (současně ve vedoucím postavení) s přiděleným pásmem v rozsahu 2515–2675 MHz a také 4,8–4,9 GHz. Vzhledem k tomu, že se toto pásmo v rozsahu 2,6 GHz, které se obvykle využívá pro 4G, dá použít i pro 5G (s delším dosahem než vyšší frekvence), snižují se tak náklady na novou síť. Operátor China Telecom získal pásmo 3,4–3,5 GHz a China Unicom obdržel pásmo o kmitočtu 3,5–3,6 GHz (Handford, 2019). Tato pásma jsou běžně považována za hlavní frekvence pro 5G v EU a jinde na světě. Každý čínský operátor má navíc naplánované komerční spuštění na jiné období, China Mobile na rok 2019, ale China Unicom a China Telecom až v průběhu roku 2020. Detailnější analýza však odhalila další čtyři zásadní vlivy na spuštění programu 5G:

- Požadované výzkumné snahy v rámci iniciativy 5G mají mnohem delší časový rámec – do roku 2025 a v případě finálního vývoje až do roku 2030 – jelikož se technické výzvy jeví jako velmi závažné. Možná bude potřeba znovu přehodnotit některá základní východiska teorie mobilní technologie. Prezentace společnosti China Mobile v roce 2016 o přepracování celého mobilního modelu (Blackman a Forge, 2016) naznačuje několik zásadních překážek vysoce technického rázu, od přepracování technologie antén pro dynamické tvarování vyzařovacích charakteristik antén MIMO až k základnímu celulárnímu modelu a Shannonově teorii komunikační kapacity.
- Mobilní operátoři neřídí fyzické spuštění 5G. To má pod kontrolou China Tower, největší mobilní základnová stanice operátora na světě se zhruba 1,9 miliony vysílačů (v současnosti makro buňky technologie UMT a LTE). Přejít na 5G bude v Číně znamenat zavedení mezi 66 miliony a 164 miliony těchto malých buněk krátkého dosahu navržených pro 5G (Wu Čchao-če a Jü Chaj-ning, 2017).
- Čína čelí závažnému problému s pokrytím uvnitř budov v důsledku stanovených relativně nízkých celostátních limitů na rádiové frekvence elektromagnetických polí (RF EMF). **Relativně nízké maximální limity RF EMF byly stanoveny s ohledem na zdraví.** Proto 5G potřebuje nejen pro navrhované obchodní modely, jako jsou běžné 5G aplikace (rychlejší multimédia, propojená vozidla a aplikace internetu věcí) ale pro lepší pokrytí uvnitř budov. 5G by tyto požadavky mohlo splnit, pokud se značně zvýší hustota sítí oproti současným hodnotám pro LTE/UMTS. V Číně jsou však ještě další překážky. Nemá například dostatek proškoleného personálu na spuštění v takovém rozsahu. Proto čínské orgány připravují rozsáhlá školení pro nové generace techniků pro základnové stanice v menších oblastech.

Očekávají se vysoké a dlouhodobé celkové investice, do roku 2030 alespoň 200 miliard CNY (okolo 26 miliard EUR) ročně. Čínská Akademie informací a komunikačních technologií, která je výzkumnou pravou rukou Ministerstva průmyslu a informačních technologií, očekává, že domácí investice do 5G sítí dosáhnou mezi lety 2020 a 2030 až 2,8 bilionů CNY (okolo 370 miliard EUR) (Bien, 2017).

Politické, ekonomické a bezpečnostní problémy mohou zpomalit pokrok Číny

Všichni čínští operátoři již provedli rozsáhlé testování 5G a přislíbili komerční spuštění 5G. Data od společnosti CCS Insight naznačují, že čínský trh bude do roku 2022 pravděpodobně největším v oblasti 5G. Vývoj technologie 5G v Číně však ovlivňují i další politické a ekonomické faktory, které mohou její postup výrazně zpomalit. Jsou spojeny s celostátním statusem klíčového výrobce vybavení a předního

čínského technického aktéra ve vývoji a výzkumu 5G, společnosti Huawei (Financial Times, 2019b). Přetrvávající obavy o bezpečnost ze strany členských států EU především, Francie, Německo, Spojeného království, Polska, a také USA a Japonska utlumily pokusy Číny o účast na největším světovém veřejném uvedení roku 2020. USA se hlavně obávají porušení hospodářských sankcí prodejem vybavení do Íránu a Korejské lidově demokratické republiky, stejně tak jako krádeže duševního vlastnictví – ne jen v souvislosti s bezpečností při zadávání zakázek. Členské státy EU se více obávají bezpečnostních rizik pro zařízení páteřní sítě, rádiové přístupové sítě a veškeré chytré telefony využívající 5G. Tato omezení ve vývozu mohou zpomalit pokrok Číny v 5G, takže další pokrok v oblasti technického know-how, designu součástek, úspor z rozsahu ve výrobě a celosvětově získaných praktických zkušeností se zaváděním budou omezeny.

Závěr

I přes dlouhodobý ráz investičních záměrů Číny, problémy společnosti Huawei (a jejího hlavního čínského rivala ZTE, který čelí stejným problémům) a vnitrostátní situaci, která vyžaduje zdokonalení přijímání signálu uvnitř budov coby hlavní role 5G, by se Čína nakonec mohla stát světových lídrem. To ale může nastat až mezi roky 2025 a 2030. Celkově se z mnoha výše uvedených důvodů očekává pomalé spuštění, snad začátkem roku 2019.

2.3. Japonsko

Po zkušebních testech, které probíhaly od roku 2014, přijala vláda v roce 2016 plán na zavedení sítě 5G a zavázala se k uvolnění dalších frekvenčních pásem. Ministerstvo vnitra a komunikací přislíbilo zhruba 300 milionů USD na podporu 5G a budoucích technologií, jako je internet věcí (IoT), robotika apod. (Evropské středisko pro sledování 5G, 2019). Konkrétní plány aukcí teprve budou zveřejněny, již však byly navrženy obchodní operace na rok 2020, které předpokládají, že spektrum 5G bude přiděleno na jaře roku 2019 (Evropské středisko pro sledování 5G). Klíčová frekvenční pásma teprve budou potvrzena, ale mohou zahrnovat 4,5 GHz, 28 GHz, 39 GHz a 90 GHz (TeleGeography, 2018b). Operátoři mobilních sítí se před olympijskými hrami, které se uskuteční v roce 2020, soustředí na všeobecné zavádění sítě 5G, a zahájili proto pilotní testování. Japonsko tedy očekává první komerční spuštění těchto sítí ve druhém čtvrtletí roku 2019 (Milne, 2019).

Společnosti NTT DOCOMO a NEC dne 30. května 2018 oznámily, že otestovaly tvarování vyzařovacích charakteristik antén mezi dvěma základnovými stanicemi s anténami o 128 prvcích. Při zkoušce s osmi uživateli, kteří použili prototyp telefonu 5G, zaznamenaly rychlost 5,5 Gb/s, a připsaly si tak na účet první úspěšně provedenou komunikaci v rámci sítě 5G na světě. Při pilotním předvedení ve městě Kawasaki bylo využito koordinace mezi-základnových stanic ve frekvenčním pásmu 4,5 GHz s cílem regulovat obousměrný rádiový přenos (TeleGeography, 2018b). Při dalších zkouškách společnost NTT DOCOMO využila 28 GHz.

Ministerstvo vnitra a komunikací do budoucna plánuje před olympijskými a paralympijskými hrami v Tokiu v roce 2020 služby 5G komercializovat a zatím se rozhoduje, v jakých frekvenčních pásmech je japonským mobilním operátorům poskytnout. Tři stávající operátoři mobilních sítí, NTT DOCOMO, SoftBank a KDDI, využívají škálu frekvenčních pásem, na kterých testování 5G provádí: pásmo 4,5 GHz (DOCOMO, SoftBank i KDDI), pásmo 28 GHz (DOCOMO, SoftBank i KDDI), pásmo 39 GHz (DOCOMO) a pásmo 90 GHz (DOCOMO) (TeleGeography, 2018b).

Se vznikajícími výzvami sítě se objevuje pragmatický přístup k 5G

Někteří z japonských operátorů mobilních sítí se však na základě svých testů k technickým výzvám 5G staví pragmaticky a veřejně upozorňují na různé související problémy. Na evropské konferenci o 5G

v Bruselu, která se uskutečnila v lednu 2019, Takehiro Nakamura, viceprezident NTT DOCOMO a generální ředitel laboratoře 5G této společnosti řekl: „Představili jsme sen o 5G, nyní však musíme objasnit fakta.“ (Marti, 2019). Dodal, že řada partnerů operátorů mobilních sítí zřejmě „špatně pochopila 5G“, proto zdůrazňuje, že je třeba, aby odvětví mobilní komunikace nabídlo realističtější pohled na počátek zavádění 5G.

- V návaznosti na zkoušky 5G, kterých se společnost NTT DOCOMO účastnila, zdůraznil dva klíčové omyly: pokrytí a výkonnost. Přestože někteří věří, že síť 5G bude dostupná všude, viceprezident NTT DOCOMO se domnívá, že většina lidí si je vědoma toho, že tomu tak nebude. Jako první bude 5G spuštěno v hustě osídlených oblastech.
- Aby mohl být vyvážen nedostatek souvislých spekter, jsou zapotřebí všechna frekvenční pásma, tzn. nízké, střední i vysoké frekvence.
- Latence sítě 5G se bude různit v závislosti na podmínkách každé sítě a vzdálenosti od koncového bodu. Je zásadní, aby se tato skutečnost objasnila vertikálním odvětvím.
- Tyto body zejména zdůrazňují zásadně důležitou úlohu, kterou bude i nadále hrát LTE.

Pan Nakamura nesouhlasí s některými sděleními odvětví mobilní komunikace, která trvají na tom, že rychlost dat bude kdekoli 10Gb/s s latencí 1 milisekunda.

Závěr

Japonsko zahájilo experimentální testování sítě 5G v roce 2014, a má tudíž již pětileté zkušenosti se zaváděním 5G do praxe. V důsledku toho se nedávno objevila zajímavá snaha omezit medializaci, která je zároveň odrazem názoru Číny, že úspěšné zavedení technologie 5G potrvá mnohem déle, než se očekávalo.

2.4. Korea

Centrálně plánovaná korejská průmyslová politika informačních a komunikačních technologií vyžaduje brzké zavedení nových sítí, aby mohla podpořit export vyspělých technologií. Korejská vláda a její průmysl se proto chtějí dostat do vedoucího postavení v nabídkách pro komerční využití 5G na celosvětovém trhu. Aby bylo podpořeno první spuštění mobilních služeb 5G, byla v červnu roku 2018 vydražena frekvenční pásma 3,5 GHz a 287 GHz (TeleGeography, 2018c). Bylo k tomu zapotřebí přímého zásahu státu, který hlavní nezbytná frekvenční pásma zpřístupnil. Ministerstvo vědy a IKT navíc přislíbilo „neomezené“ daňové výhody operátorům mobilních sítí pod podmínkou, že budou sdílet jednu síť a že budou na spuštění 5G pracovat společně. Samsung již v minulosti uvedl, že hardware 5G bude mít pro operátory k dispozici, aby mohli zahájit první přenosy v sítích 5G v prosinci 2018 a plně zahájit komercializaci v dubnu 2019 (Horwitz, 2018).

V únoru 2018 bylo korejské pilotní testování na zimních olympijských hrách zásadním impulsem pro první investice do 5G a testování mobilními operátory, jako např. společností KT, která představila síť pro 20 Gb/s s latencí pod 1 milisekundu, jež má mít dosah více než milion zařízení na kilometr čtverečný. Jejím účelem je sloužit veřejnému a uživatelskému sektoru, např. prostřednictvím autonomního vozidla Hyundai. Výrobce mikročipů Intel otestoval prostřednictvím sítě společnosti KT video s vysokým rozlišením 8K. Byly zavedeny 5G základnové stanice s aktivními anténami MIMO připojenými optickými vlákny, která snižují latenci v základnové stanici, tj. mikrovlnná síť páteřního propojení v milimetrovém frekvenčním pásmu s různým „routingem“ pro spolehlivost, a také byl otestován provoz v milimetrovém vlnovém pásmu.

Zahájení komerčního využívání 5G bylo původně plánováno na březen 2019 všemi operátory mobilní sítě (SK Telecom, KT Corp a LG Uplus), kteří se účastnili prvního spuštění 5G, aby byli všichni vystaveni stejnému riziku. Operátoři se dokonce dohodli, že síť 5G spustí ve stejný den (v den nápaditě nazvaný „Korejský den 5G“). Korea však nyní již rok provádí zkoušky s pilotními projekty. Z minulosti má zkušenost se zaváděním LTE a s vylepšováním svých nabídek na domácím trhu předtím, než službu úspěšně uvede na celosvětový trh. Po dohodě o společném datu spuštění společnosti SK Telecom, LG Uplus a KT ovšem službu 5G spustily v řadě měst překvapivě mnohem dříve, konkrétně 1. prosince 2018. Nabídka služeb je však zpočátku dostupná pouze zákazníkům z řad velkých podniků, a to jen v některých městech. Operátoři zřejmě spuštění, nebo alespoň marketing s ním spojený, urychlili na základě prvního limitovaného původního testu přenosu s cílem zvýšit jeho účinek. Toto rozhodnutí mohlo být motivované vládou, která chtěla zajistit, aby si Korea mohla nárokovat prvenství pokud jde o nabídku skutečné sítě 5G (na rozdíl od nestandardní nabídky 5G od společnosti Verizon, či přejmenované nabídky LTE od AT&T, které si nárokuje USA).

Prototyp služby je dostupný v některých částech Soulu, v Pusanu a v pěti dalších městech. Mělo by však být zmíněno, že síť 5G spuštěná v prosinci 2018 nebyla dostupná pro chytré telefony, neboť mobilní zařízení schopná přijímat 5G měla být uvedena na trh v dubnu 2019. Pro spuštění v prosinci 2018 bylo plánováno, že službu 5G budou poskytovat tři operátoři prostřednictvím routerů (zařízení, která umožňují připojení k Wi-Fi). Služby 5G pro chytré telefony by měly být dostupné v březnu 2019 (Mendoza, 2018).

Největší korejská společnost Samsung se zavádění pochopitelně také zúčastní, a to díky výrobě čipových sad pro 5G v rámci výroby integrovaných obvodů s vyšší mírou integrace. Samsung by upřednostnil, aby základem pro první samostatné spuštění 5G (v letech 2019 a 2020) byla frekvence 28 GHz, na které je společnost silnější než na frekvenci 3,5 GHz, čímž by získal výhodu oproti společnosti Huawei. Konglomerát doufá, že pro 5G využije nové škály svých radiomodemových čipů a IoT senzorů pro 5G (Cho, 2018) a prodá je ve velkém množství podnikům, které budou nakloněny nové generaci produktů 5G.

Závěr

V mnohých ohledech jsou důvody Koreje k zavedení 5G odlišné od důvodů jiných zemí. Jejím cílem je zdokonalit nabídku zařízení 5G, zejména pak čipových sad. Ty by jakožto podklad pro softwarově definovaný radiový modem, radiofrekvenční integrované obvody a anténové čipy MIMO mohly být základem každé základnové stanice 5G a každého chytrého telefonu 5G. Byly by využity jak pro výrobu korejských chytrých telefonů (Samsung, LG, apod.), tak jako předmět prodeje dalším prodejčům chytrých telefonů, včetně čínských a tchajwanských. V některých ohledech se země chová jako laboratoř pro své vývozní iniciativy. Z toho důvodu plánuje Korea spuštění 5G na první čtvrtletí roku 2019 (Milne, 2019).

2.5. Singapur

V Singapuru snahu o zavedení 5G řídí Informační a komunikační úřad pro rozvoj médií (IMDA), který ji konkrétně soustředí na ta vertikální průmyslová odvětví, která jsou hlavní hnací silou ekonomiky státu: na výrobu vyspělých technologií (výroba a sestavování polovodičů a digitálních zařízení), technické služby jako je např. údržba letadel, a dále finanční služby. IMDA bude zavádění 5G v těchto oblastech řídit a usnadňovat. V prvním kroku podporuje vývoj 5G a cílené pilotní testování v laboratorních podmínkách v areálech továren a průmyslových zón, jehož se účastní vertikální sektor, dodavatelé zařízení i místní operátoři. Tato spolupráce začala v roce 2017 na základě veřejné konzultace, na jejíž otázky podrobně odpovídaly zainteresované subjekty jako např. státní operátor mobilní sítě Singtel. Tyto subjekty žádají o podporu ve věci dohod o licenčních smlouvách, přidělení dalšího spektra a

dostupnosti lokalit pro malé buňky. To vše IMDA zajišťuje. Singapur tedy rozvoj sítí 5G organizuje centrálně na základě podpory ze strany vládních orgánů a má pro síť 5G, která má podporovat průmyslové infrastruktury, specifické cíle. Neočekává však naplnění standardů ani plnou komercializaci dříve než v roce 2020, a proto je nyní ve fázi příprav.

Spotřebitelský segment v tomto plánu není zahrnut. Místo toho se Singapur zabývá různým zvyšováním hustoty sítí za pomoci malých buněk prostřednictvím již existujících technologií, které jsou rozšířené o sdílená licenční i volná spektra orientovaná na stávající licencované operátory. Rozšiřování infrastruktury malých buněk již existující mobilní sítě v hustě osídlených městských oblastech je založené na technologiích Wi-Fi a LTE. Zavádí se ve stanicích metra, obchodních centrech, pěších zónách apod. Singapur se tím připravuje na zvyšování hustoty sítí za pomoci malých buněk 5G.

Klíčovým partnerem je Singtel, stávající operátor, jehož většinovým vlastníkem je singapurský státní investiční fond Temasek. Singtel založil společně se společností Ericsson v roce 2017 centrum excelence (CoE) pro vývoj 5G. Toto centrum si klade za cíl rozsáhlé zavedení 5G v Singapuru po roce 2020, které by se mělo týkat aplikací pro inteligentní města, internet věcí, autonomní vozidla a podobné projekty. Nepříliš vysoká částka 2 miliony USD (přibližně 1,3 milionů EUR) investovaná za uplynulé tři roky společnostmi Singtel a Ericsson je prvotní investicí do pilotního testování, které je součástí infrastruktury singapurské mobilní sítě 5G, jež má podporovat budoucí iniciativy označované „*Smart nation*“ („*Chytrý stát*“).

Za předpokladu, že pilotní testování usnadňuje zavádění technologie 5G a provozní zkoušky, je v Singapuru podporováno a není k němu zapotřebí žádných povolení. Testování pomáhá odvětví mobilní komunikace lépe pochopit fungování 5G v reálném prostředí a možné výhody pro různé sektory, proto také úřad IMDA upustil od poplatků za licence na spektra. Pro testování 5G je možné použít rámec již existujících technických testů a tržních testů. Technické testy mohou být obecně prováděny za účelem otestovat zařízení a za účelem výzkumu a vývoje jakékoliv telekomunikační služby, zatímco tržní testy jsou prováděny za účelem ohodnocení komerčního potenciálu nové technologie, služby či produktu, který v Singapuru není obchodně využíván ani nabízený. Technické testy jako takové musí probíhat na nekomerční bázi.

Společnosti Singtel a Ericsson byly v roce 2016 první, které v jihovýchodní Asii představily 5G, když předvedly první síťové spojení mezi dvěma koncovými body s nízkou latencí na světě. Aby toto bylo možné, úřad IMDA výhradně pro síť 5G zpřístupnil asi 15 frekvenčních pásem s rozsahem od 1427 MHz do 80GHz (vyjma pásma 800 MHz). Cílem současných experimentů týkajících se frekvenčních pásem milimetrových vln je porozumět vlastnostem pokrytí a dosahu vysokých frekvencí pro účely spuštění 5G. Aby bylo toto testování usnadněno, všechna pásma v frekvenčním dosahu nad 6 GHz, které bude možné pro potřeby 5G harmonizovat na mezinárodní úrovni, budou úřadem IMDA zpřístupněna.

První pilotní testování 5G v Singapuru proběhlo na konci roku 2018 v rámci iniciativy organizované společnostmi Singtel a Ericsson v Singtel Comcentre. Pilotní test byl proveden na bezpilotním letadle a autonomním vozidle, jejichž technologie byly otestovány za použití technologie 3GPP společnosti Ericsson, která splňuje normy 5G. Spektrum pro testování přidělil úřad IMDA pilotní síti, která může poskytnout pokrytí sítěmi 5G s pokročilou mobilní širokopásmovou rychlostí a nízkou latencí. V současnosti se v Singapuru síťových testů 5G účastní také společnost Huawei (Reichart, 2018) ve spolupráci s operátorem M1.

Závěr

V mnohých ohledech je Singapur i přes specifické obchodní a řízené inovační prostředí pro EU užitečnějším příkladem než USA nebo Čína. Je významnější zejména proto, že se ve využití technologie

5G zaměřuje na hustě osídlené městské oblasti. Porovnává již existující technologii ultrakrátkých vln se sítěmi 5G takovým způsobem, že se na projektové záměry dívá spíše pragmaticky než naivně.

2.6. Tchaj-wan

Tchaj-wan do sítě 5G a jejího zavádění investuje na základě své vlastní strategie. Ta je založená na tom, že Tchaj-wan je celosvětovým centrem pro výrobu polovodičů, tudíž musí držet krok s poptávkou zákazníků po integrovaných obvodech (jako jsou Apple, MediaTek, Qualcomm, apod.). Ti nyní poptávají nové typy digitálních signálových procesorů pro 5G a vysokofrekvenční obvody radiových modemů pro 5G. Stát musí také plánovat svou vlastní vylepšenou vnitrostátní širokopásmovou síť. Tato strategie může být využita především jako základ pro vývoj prototypů čipových sad. Vláda již zastavila používání sítí 2G i 3G, celý ostrov je totiž pokryt sítí LTE. Na tchajwanském trhu se neočekává, že by licence pro 5G byly dostupné dříve než v roce 2020, plán pro spuštění 5G je proto nejasný.

Současný operátor mobilních a fixních linek Chungwha Telecom (CHT) podepsal za účelem testování sítě 5G smlouvu o spolupráci se společnostmi Nokia a Ericsson. Cílem testování je lépe pochopit skutečný potenciál sítě a urychlením jejího spuštění podpořit vnitrostátní strategii pro 5G. Za účelem testování různých specifických vlastností 5G byly postaveny dvě první pilotní sítě. Společnost CHT-TL v projektu pro stadion testuje antény MIMO a možnost připojení velkého množství uživatelů. 5G je naopak hodnoceno také při pohybu, konkrétně na vysokorychlostní železniční trati Qingpu (Small Cell Forum, 2018). Při těchto testech je používáno 5G *New Radio* jak u nesamostatné sítě 3GPP (tzn. základem sítě je stávající síť LTE), tak u samostatného režimu ve frekvenčních pásmech 3,5 GHz a 28 GHz, a navíc ve frekvenčních pásmech 1,8 GHz a 2,1 GHz, které sdílí s LTE.

Projekty 5G chytrých měst se zabývá městská správa v Tchaj-pej, a to v rámci partnerství veřejného a soukromého sektoru (PPP) se stávajícím operátorem CHT. Projekty jsou pod dohledem inteligentních systémů sledování a jsou realizovány ve městě na řadě míst, jako je Mezinárodní výstaviště v Tchaj-pej, koncertní hala Tchaj-pej a městská část Xinyi. Na těchto místech by mohla být první služba 5G v předobchodní fázi dostupná v druhé polovině roku 2020.

Z hlediska dodání technologií se snahy tchajwanského výzkumu a vývoje zaměřují na polovodičový průmysl. Finanční prostředky tchajwanské vlády budou použity na výzkum a vývoj takových výrobků, jako jsou čipové sady 5G, chytré mobilní telefony, základnové stanice pro menší buňky, samosdružující se cloudové sítě, softwarově definované sítě, edge computing apod., které jsou určeny k využití v propojených automobilech či inteligentních městech. Dále se pozornost obrací na 5G projekty vertikálního sektoru, jako jsou automatické systémy v továrnách.

Závěr

Tchaj-wan je ve věci ekonomického úspěchu a technického prvenství závislý na svých hlavních dodavatelích informačních a komunikačních technologií, a tudíž stejně jako Korea vnímá 5G jako technologii, která se bude prodávat po celém světě. Musí proto investovat do vlastní infrastruktury 5G, aby ji později mohl použít jako vzorový nástroj. To je jedním z bodů jeho průmyslové strategie k tomu, aby se stal leaderem celosvětového vývozu. Tchaj-wan v testování v terénu možná zaostává za Japonskem a Čínou, ale jeho úspěšná výroba nejnovějších typů polovodičů mu zajistí, že se stane dodavatelem některých klíčových komponentů pro základnové stanice a mobilní telefony. Jeho častou průmyslovou strategií je dotovat klíčová odvětví ve slibných oblastech, aby dohnal či předešel konkurenty, ale odložit velké investice na období, kdy bude zaručenější poptávka. Společnost TSMC již nyní vyrábí první radiové modemy 5G a společnost Qualcomm 5G systémy pro čipové sady. Tím se společnosti pravděpodobně připravují na celosvětové zvýšení vývozu, neboť od roku 2020 lze očekávat výrazný nárůst poptávky po celém světě.

3. SROVNÁNÍ EU S DALŠÍMI VEDOUcíMI ZEMĚMI

3.1. Shrnutí pokroku EU

S přijetím evropského kodexu pro elektronické komunikace (EECC) v prosinci roku 2018 byl do regulačního rámce zařazen také cíl týkající se připojení, který zahrnuje otázku dostupnosti nepřerušovaného pokrytí městských oblastí a hlavních pozemních dopravních tras sítěmi 5G. Všechny členské státy musí nyní uvolnit první frekvenční pásma 5G (700 MHz, 3,5 GHz a 26 GHz) a přidělit je do konce roku 2020. Není však pravděpodobné, že by všechny státy tento cíl splnily. V současnosti svůj akční plán pro 5G zveřejnilo devět států: Rakousko, Francie, Finsko, Nizozemsko, Španělsko, Švédsko, Německo, Lucembursko a Velká Británie (Evropské středisko pro sledování 5G, 2019). V Evropě bylo provedeno značné množství testování 5G: do prvních měsíců roku 2019 proběhlo napříč všemi 28 členskými státy přibližně 138 testů. Podle Evropského střediska pro sledování 5G však bylo přiděleno pouze 7 % prvních frekvenčních pásem. Výsledky střediska pro sledování uvádí, že 82 % 700 MHz pásma, 87 % 3,5 GHz pásma a více než 96 % 26 GHz pásma stále nebylo přiděleno.

3.1.1. Testovací města 5G

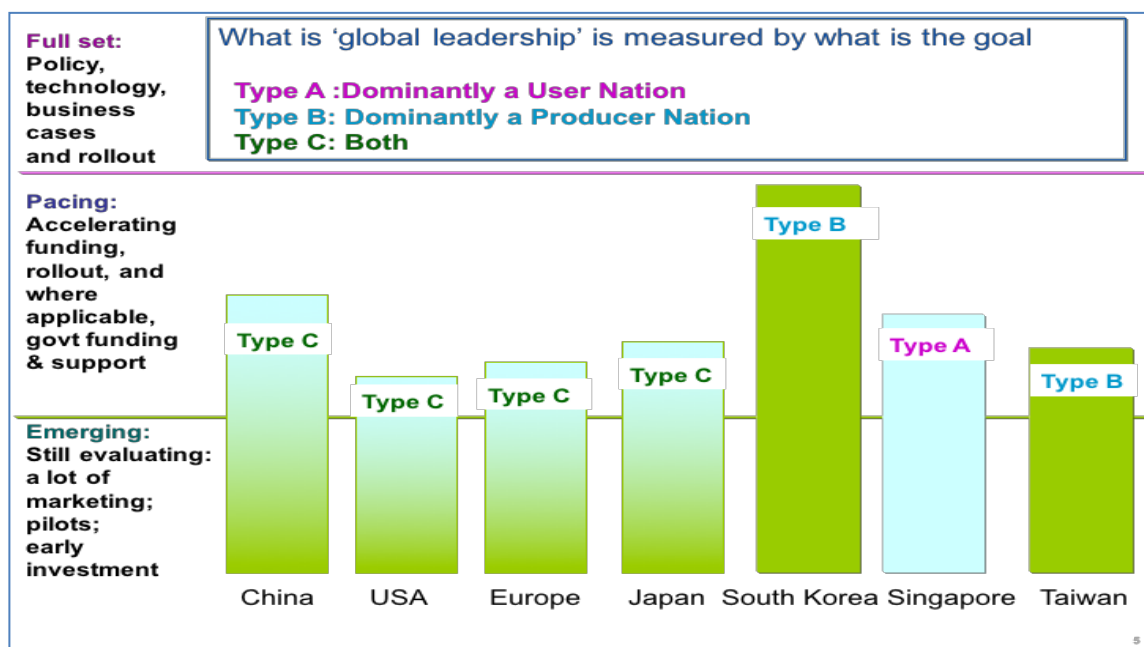
Akční plán pro 5G vypracovaný v září 2016 byl definitivně schválen Radou EU v prosinci 2017. Jeho cílem je komerční spuštění 5G do konce roku 2020 alespoň v jednom velkém městě každého členského státu. Tato města byla označena za testovací města 5G. Kandidátská města byla požádána, aby zveřejnila vlastní plány pro pilotní testování 5G. Do konce srpna 2018 byl sestaven neúplný seznam alespoň 35 testovacích měst: Amsterdam, Aveiro, Barcelona, Bari, Berlín, Bristol, Espoo, Gent, L'Aquila, Londýn, Madrid, Málaga, Matera, Milán, Oulu, Patra, Prato, Stockholm, Tallinn a Turín. Ve Francii jde o devět velkých regionálních měst: Belfort, Bordeaux, Douai, Grenoble, Lannion, Lille, Lyon, Marseille, Nantes, Sophia-Antipolis a Toulouse. V srpnu 2018 se přidala tři města: Aveiro, Bristol a Gent. Očekává se, že počet měst dosáhne nejméně 45. V budoucnu se připojí Paříž a pravděpodobně také deset měst na předměstí Paříže, např. Châtillon, Linas-Monthléry a Saclay. Úlohou testovacích měst 5G je poskytnout půdu technologii, předvést službu sítě 5G a zjistit, jaké jsou možnosti jejího využití ve vertikálních sektorech. Města jakožto veřejné subjekty obvykle mají oproti soukromému sektoru odlišné zájmy, a to i v podobných případech využití. Zaměřují se spíše na elektronické zdravotnictví, energetiku, dopravu, inteligentní budovy a digitální portály pro služby. Obecně směřují ke konceptu inteligentního města. Samotné testování by mělo zohledňovat dopady skutečného uživatelského prostředí ve městě. Hlavní prioritou je maximální zapojení místních ekosystémů a obyvatel.

3.1.2. Digitální přeshraniční koridory

Za účelem reálného testování připojení 5G v projektech spolupracujících, propojených a automatizovaných mobility bylo vytvořeno deset „digitálních přeshraničních koridorů“. Jako hlavní druh použití v rámci evropské vertikální strategie pro 5G je nyní zvažováno využití 5G pro propojený automatizovaný silniční provoz na evropských dopravních cestách. Dlouhodobým cílem je vytvořit kolem vozidel celé ekosystémy, které by zajistily větší bezpečnost, než jakou v současnosti pokrývá evropský plán pro kooperativní inteligentní dopravní systémy (CITS). Celková připravenost EU je shrnuta na obrázku 1.

dva velcí výrobci síťových zařízení, Nokia a Ericsson, kteří ovládají 50 % celosvětového trhu s telekomunikačním zařízením a vlastní některé klíčové patenty. V EU také sídlí někteří důležití dodavatelé polovodičů (např. ARM, NXP), i když jejich vlastníky jsou nyní japonští, američtí či čínští investoři. EU také poskytuje zázemí klíčovému orgánu pro mezinárodní normy 5G ETSI/3GPP, což znamená, že technologický park Sophia Antipolis je centrem inteligence pro technologie, normy a související patenty. Díky tomu je Evropa na podobné úrovni jako Japonsko, ale za Čínou zaostává (viz obrázek 2). Příčiny tohoto modelu jsou také zčásti výsledkem čtyř tržních sil, které jsou zkoumány níže.

Obrázek2: Celosvětový žebříček vývoje 5G na základě více kritérií



Zdroj: autoři.

Legenda: „Celosvětové vedoucí postavení“ měřené na základě cíle země

Typ 1: Převážně spotřebitelská země

Typ B: Převážně země výroby

Typ C: Spotřebitel i výrobce

Finální fáze:

politika,
technologie,
projektové záměry a spuštění

Tempo rozvoje:

zrychlení financování,
zavádění a (pokud je možná) vládní (finanční) podpora

Počáteční fáze:

probíhá vyhodnocování: usilovný marketing; pilotní testování, první investice

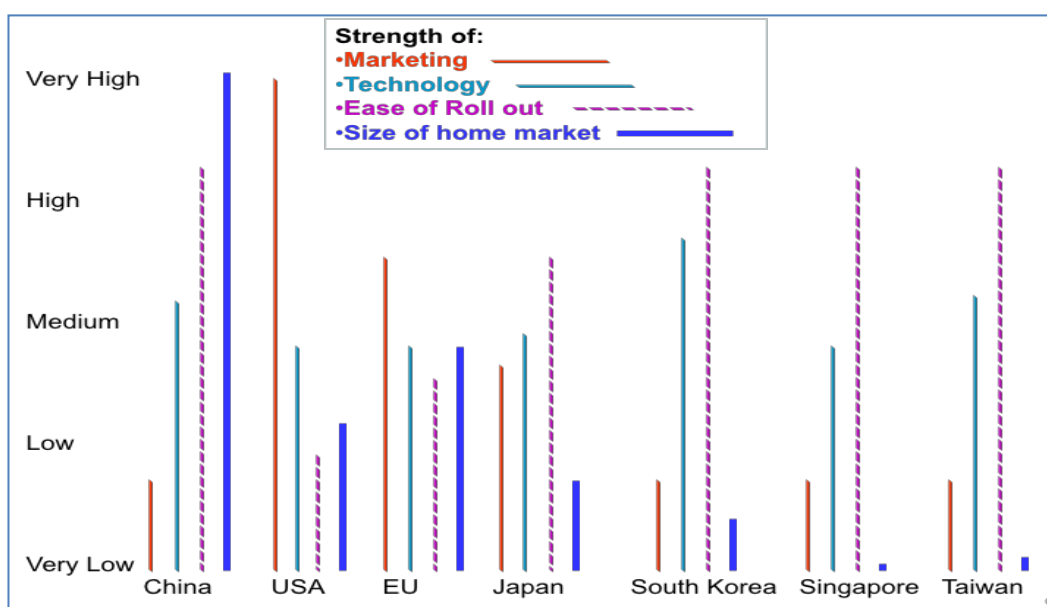
3.2.1. Faktory úspěchu 5G

Žebříček zohledňuje nejen technologický pokrok, ale také praktické faktory související se zaváděním 5G. Po technologických schopnostech bude klíčovým faktorem schopnost snadno zapojit velké množství malých buněk do zhušťování sítě. Čína a asijské tygři jsou v tomto směru ve výhodě, neboť jejich politické struktury a kultura umožňují přistoupit k zavádění 5G i bez souhlasu veřejnosti. Oproti tomu v USA bude zavádění malých buněk muset překonat právní překážky na městské i státní úrovni, neboť bude muset respektovat mírnou regulaci navrženou Federální komisí pro komunikaci. Motivující přítomnost vlády v centrálně plánovaném hospodářství, kde politické pravomoci jsou na úrovni místních orgánů, je významnou konkurenční výhodou. V reakci na to vytváří EU v souladu s článkem 57 evropského kodexu pro elektronické komunikace režim pro rozmisťování bodů SAWAP s cílem umožnit zavádění 5G od roku 2020 bez potřeby povolení.

Třetí faktor se týká subjektu stojícího za kampaní 5G a jejího rozsahu. Klíčem je úroveň marketingové činnosti, intenzivní lobbying ze strany dodavatelů zařízení a operátorů cílený na vlády a dále také lobbying ze strany vlád cílený na veřejnost. Čtvrtým faktorem je velikost domácího trhu. Musí být dostatečně veliký, aby se na něm mohly uplatnit první verze místních výrobků 5G a také aby se tyto výrobky mohly na základě testování na domácím trhu vylepšovat před tím, než dojde k jejich celosvětovému propagačnímu spuštění. Například 50 % z celkového prodeje společnosti Huawei se v roce 2017 uskutečnilo na jejím domácím trhu, na základě čehož společnost získala pozici celosvětového leadera (Fildes, 2019a).

Tyto faktory jsou shrnuty na obrázku 3. Co se týče rozhodujících technologií 5G, na vedoucích pozicích v technologiích integrovaných obvodů, postupech a výrobních zařízeních stojí Korea a Tchaj-wan. Jejich vlády je nutí k expanzi. V Koreji proto zřizuje SK Hynix, druhý největší aktér po Samsungu, nová výrobní centra a investuje 107 miliard USD do čtyř nových továren na radiofrekvenční obvody a výrobu paměťových čipů a buduje také výrobní komplex pro svých 50 obchodních partnerů (Jung-A, 2019). Společnosti SK Hynix a Samsung investují rychle a ve velké míře, čímž chtějí vytlačit z trhu 5G čínské továrny na integrované obvody, které využívají zastaralé technologie. V zájmu Koreje je tedy prosazovat rychlé spuštění sítí 5G, aby v tomto odvětví mohla zdokonalit své čipové sady.

Obrázek 3: Faktory ovlivňující trh 5G – srovnání EU s USA a Asií



Zdroj: autoři.

Legenda:

Míra:

marketingu

technologie

náročnosti spuštění

velikosti domácího trhu

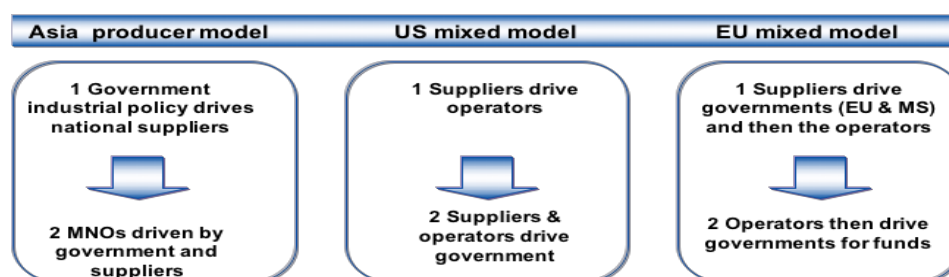
3.2.2. 5G a jednotlivé modely průmyslové strategie

V zavádění sítí 5G existují zhruba tři hlavní aktéři. Prvním aktérem jsou vlády, které mohou investovat, dále pak dodavatelé a operátoři. Motivací k politicko-ekonomickému postavení mezi těmito třemi aktéry je trojice faktorů seřazených podle míry jejich vlivu, což je založeno na posouzení průmyslové strategie řízení inovací, které mají přispět k růstu:

- nejsilnější motivace – vládní průmyslová politika, která stimuluje vnitrostátní nebo regionální průmysl,
- sekundární motivace – tlak dodavatelů na operátory mobilních sítí a poté na vlády,
- vedlejší motivace – souhlas operátorů s jasným projektovým záměrem a potřeba investic.

Analýza na obrázku 4 ukazuje tři modely propagace a financování 5G: model EU, model asijských zemí výroby a specifický model USA.

Obrázek 4: Operační modely financování propagace technologie 5G



Zdroj: autoři.

Legenda:

Model asijských zemí výroby

Vnitrostátní dodavatele motivuje vládní průmyslová politika ➡ Operátoři jsou motivováni vládou a dodavateli

Operátory motivují dodavatelé ➡ Dodavatelé a operátoři motivují vládu

Dodavatelé motivují vlády (členských států EU) a poté operátory ➡ Operátoři poté motivují vlády k financování

4. ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

4.1.1. Financování projektu spuštění 5G

Vzhledem k tomu, že o spuštění 5G usilují zejména dodavatelé zařízení, není divu, že probíhá významná marketingová kampaň. Snahy aktérů z tohoto odvětví posiluje jeho dlouhý dodavatelský řetězec – polovodičové součástky, software, řízené operace a dodavatelé zařízení. To vše poté slouží hlavním operátorům.

V oblasti mobilních telekomunikací mají největší příjmy ze sítí operátoři mobilních sítí, neboť jejich hlavním rostoucím zdrojem příjmů je poskytování on-line připojení. Trh se však stává čím dál nasycenějším a příjmy klesají. Širokopásmová síť 5G by jejich příjmy mohla znovu oživit v hustě osídlených městských oblastech, a to prostřednictvím zvýšeného využívání chytrých telefonů, tedy zejména prostřednictvím on-line služeb internetových platforem (sociální sítě, zábavní video streaming, hraní her na internetu, apod.). Dále by spuštění sítě 5G mohlo operátorům umožnit vytvoření nových zdrojů příjmů z aplikací pro internet věcí určených pro průmyslové uživatele.

Cílem prodejců zařízení je proto podněcovat operátory k dalšímu investování do síťové širokopásmové infrastruktury. Operátoři si obvykle zařízení od dodavatelů „vypůjčí“: zařízení zakoupí na splátky a na jejich splacení využijí budoucích příjmů z prodeje. Hodnota, příjmy a zisk dodavatelského trhu, a tedy i schopnost dodavatelů půjčovat si či financovat nové sítě prostřednictvím pracovního kapitálu však v nedávné době poklesla. Celková hodnota trhu telekomunikačních operátorů v EU zároveň klesla z 234 miliard EUR v roce 2012 na 133 miliard EUR v roce 2018 (Fildes, 2019b). To znamená, že hodnota trhu a cena akcií klesla, tudíž je pro operátory dostupných méně finančních prostředků. Operátoři tvrdí, že kapitálové náklady jsou příliš vysoké (Genish, 2018) a banky jistě nemají rozpočtový přebytek, který byl např. dostupný při spouštění 3G v roce 2000.

Operátoři po celém světě zvažují důsledek nevyhnutelného růstu poptávky po nové infrastruktuře a jejím financování. K jejich možnostem patří odložit investice do nové infrastruktury 5G o tak dlouhou dobu, jak jen to bude možné nebo časem, jakmile budou zmodernizovány, spojit vhodné již existující hlavní sítě s novou sítí radiového přístupu 5G. Tím by se snížily náklady na kapitálové investice do páteřního připojení. Jedinou alternativou je hledat jiné zdroje investic. Stát je zde jediným zdrojem s dostatečným kapitálem. Je tedy na kampani k sítím 5G, aby přesvědčila vlády o tom, že sociální a ekonomické výhody 5G ospravedlňují vysoké náklady na jejich zavedení, a řada studií proto předpokládá, že hodnota ekonomiky stoupne o biliony eur a že budou vytvořeny miliony pracovních míst.

4.2. Jak si stojí EU ve srovnání se světem?

Obecně řečeno si EU ve srovnání s vedoucími zeměmi stojí poměrně dobře. Ve srovnání s USA, Čínou a dalšími asijskými zeměmi nepochybně nijak technicky nezaostává, ve skutečnosti se pyšní několika klíčovými, strategicky silnými stránkami: v EU např. sídlí výrobci zařízení Nokia a Ericsson a klíčová normalizační organizace 5G ETSI/3GPP.

I přes medializaci 5G nebude přínos v HDP a v zaměstnanosti na základě ekonomických stimulů z nových služeb a produktů souvisejících se spuštěním 5G v dohledné době v žádné zemi znatelný. Zejména v Asii se nyní obecně uznává, že ke zdokonalení sítě 5G bude třeba hodně času předtím, než bude plně spuštěna, pravděpodobně až deset let. Čína na to upozornila již v minulosti a společnost China Telecom na Světovém mobilním kongresu v únoru 2019 uvedla, že 5G bude třikrát dražší než předešlé generace (Streaming Media, 2019). Japonsko v této věci nedávno zdůraznilo, že je třeba

pochopit skutečnou hloubku výzev spojených se zaváděním 5G, které bude pravděpodobně pomalejší, než si řada průmyslových subjektů myslí.

Pragmatické hodnocení 5G ukazuje, že marketingové kampaně až příliš často ignorují realitu:

- Za prvé, i když přesvědčivý obchodní model není nejsilnější motivací, jeho absence v Evropě i mimo ni je znatelná.
- Z technického hlediska se zatím nepotvrdilo, že by bylo nutné v prvotní fázi zavádění využívat frekvence v pásmech milimetrových vln (20–100 GHz). Namísto toho je využíváno nižší pásmo frekvence ultrakrátkých vln (300–3GHz) nebo „střední pásmo“ o 3,6 GHz, které si získává pozornost v Japonsku, USA, Číně i v Evropě. Jeho výhodou je větší rozsah pokrytí radiovou technologií, která je běžnější pro vyšší frekvence v centimetrových a milimetrových pásmech. Důsledkem je nejasná výše finanční návratnosti technologických nákladů a kapitálových nákladů spojených se sítí.
- Operátoři tomu proto nejsou tak nakloněni, jako by byli v případě, že by existovala již zavedená technologie připravená k použití, která by poskytla zaručený zisk. Ti, kteří musejí investovat, nemají jistotu, zda projektové záměry povedou ke spolehlivému zisku.

Váhání operátorů může být změřeno na základě počtu subjektů, které očekávají spuštění 5G do roku 2020. Průzkum názorů technických ředitelů, který srovnával Evropu s Asií a USA ukazuje, že očekávání se různí.

Tabulka 2: Časový rámec pro spuštění 5G

Časový rámec	Procento technických ředitelů mezi operátory telekomunikací, kteří očekávají spuštění 5G ve svém regionu		
	EU	USA	Asie
Do roku 2020	11	56	40
Do roku 2022	78	44	40
V období let 2022–2025	11	0	20

Zdroj: Grijpink, Härlin, Lung, a Ménard, 2019.

USA je navenek optimističtější a začíná využívat prototypní zařízení. Ale na základě jejich operačního modelu 5G, který je znázorněn výše, by se to očekávalo, neboť část jejich způsobu práce související se sítěmi 5G více závisí na marketingu. Evropští respondenti jsou co se týče velmi krátkého časového horizontu pro zavádění 5G nejvíce pesimističtí, v Asii je pak 5G vnímáno jako dlouhodobý projekt, jehož realizace bude trvat alespoň deset let.

4.3. Doporučení seřazená podle jejich možného dopadu

Cílem následujících doporučení, která berou v úvahu celkovou analýzu, je zlepšit pravděpodobný dlouhodobý úspěch 5G v EU:

Doporučení 1: Zvýšit úsilí vkládané do výzkumu a vývoje technologie 5G

Základem je dlouhodobý výzkum technologie. Klíčovým problémem je neobvyklé šíření signálu, a to zejména otázka, jak řídit a měřit expozici RF EMF při použití antén MIMO na milimetrových frekvencích, a to jak u mobilních přístrojů, tak u základnové stanice. Technologie představuje výzvu pro současnou úroveň odbornosti (na základě předchozích generací odborníků na celulární radiové sítě) jak dodavatelů, tak institucí pro tvorbu norem. Tyto instituce musejí do budoucích norem pro síť 5G začlenit technické specifikace.

Doporučení 2: Přezkoumat obchodní modely 5G

Je třeba mít k dispozici podrobnější studie obchodních modelů, aby byly lépe definovány jejich cíle, rozsah a zdroje příjmů. Dále je třeba diverzifikovat škálu aktérů, jimiž v tuto chvíli jsou jen stávající operátoři. To je nezbytné pro logické investice ze strany EU, získávání vnějších investic a stanovení politiky pro účinné využití zdrojů v rámci celounijní infrastruktury. Hlavním uživatelem služby, pravděpodobně společně s internetem věcí, by mohl být trh společností.

Doporučení 3: Podporovat sdílení infrastruktury sítí 5G

Politika pro síť 5G by se měla opírat o podporu sdílené infrastruktury a oddělení infrastruktury a služeb. To by mohlo být základem pro model financování sítí 5G s cílem poskytnout rozsáhlé pokrytí jednotného digitálního trhu.

Doporučení 4: Mírný regulační rámec pro SAWAP

Evropský kodex pro elektronické komunikace podporuje používání velkého množství (standardizovaných) bezdrátových přístupových bodů s malým dosahem (SAWAP), které jsou ve skutečnosti zaměřeny na malé základnové stanice sítí 5G, typicky v hustě osídlených městských oblastech. Vytvoření celounijní sítě pro zavedení 5G bez nutnosti povolení bude nezbytné ve všech členských státech.

Tabulka 3 tato doporučení řadí podle jejich možného dopadu, vzájemně se však ovlivňují a jejich relativní priorita se může změnit. V souhrnu se vzhledem k a) nové politice nebo b) změně současné aktivity jedná o tato doporučení:

Tabulka 3: Doporučení seřazená podle jejich možného dopadu

Doporučení	Pořadí
Dlouhodobý výzkum technologie s cílem vyřešit řadu neznámých týkajících se šíření nové technologie (např. měření a kontrola expozice RF EMF při použití antén MIMO na milimetrových frekvencích).	1
Podrobná studie obchodních modelů za účelem lepší definice cílů, rozsahu a zdrojů příjmů a diverzifikace škály aktérů, jimiž v tuto chvíli jsou jen stávající operátoři.	2
Politika pro síť 5G založená na podpoře sdílené infrastruktury a oddělení infrastruktury od služeb.	3
Pokračující snaha o celounijní dohody pro spuštění malých buněk bez potřeby povolení ve všech členských státech.	4

ODKAZY

- Allevan, Monica (2018), „Sprint CTO explains how carrier plans to win the 5G race”, *FierceWireless*, 24. května, <https://www.fiercewireless.com/wireless/sprint-cto-explains-how-it-plans-to-win-5g-race>.
- Bertenyi, Balazs (2017), *5G NR Standards in 3GPP*, https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/business/networks/insights/event/the-silicon-valley-5g-summit-2017/Session-1_3GPP_Balazs-Bertenyi.pdf.
- Blackman, Colin a Simon Forge (2016), *European Leadership in 5G*, Podrobná analýza, Evropský parlament, IP/A/ITRE/2016-05, [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2016/595337/IPOL_IDA\(2016\)595337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2016/595337/IPOL_IDA(2016)595337_EN.pdf).
- Bosnjak, Dominik (2019), „New T-Mobile demo wants to prove you don't need mmWave to do 5G - CES 2019”, 7. ledna, <https://www.androidheadlines.com/2019/01/t-mobile-demo-intel-ericsson-low-band-5g.html>.
- Dano, Mike (2019), „Analyst maps Verizon 5G in Sacramento, finds 'pretty sparse' coverage”, *Light Reading*, 4. února, <https://www.lightreading.com/mobile/5g/analyst-maps-verizon-5g-in-sacramento-finds-pretty-sparse-coverage/d/d-id/749216>.
- Evropské středisko pro sledování 5G (2019), *5G Observatory Quarterly Report 2: Up to December 2018*, Evropská komise, <http://5gobservatory.eu/wp-content/uploads/2019/01/80082-5G-Observatory-Quarterly-report-2-V2.pdf>.
- Fildes Nic (2019a), „Telecoms loath to break ranks with Huawei”, *Financial Times*, 6. února.
- Fildes, Nic (2019b), „Europe's 5G Struggle”, *Financial Times*, 28. ledna.
- Financial Times (2019a), „Europe's 5G struggle”, *Financial Times*, 28. ledna.
- Financial Times (2019b), „Nokia/Huawei: The ministrations of fear”, *Financial Times*, 1. února.
- Genish, Amos (2018), „Telecom Italia head bemoans market failure”, *Financial Times*, 30. září.
- Grijpink, Ferry, Tobias Härlin, Harrison Lung, a Alexandre Ménard (2019), *Cutting Through the 5G Hype*: <https://www.mckinsey.com/industries/telecommunications/our-insights/cutting-through-the-5g-hype-survey-shows-telcos-nuanced-views>.
- Handford, Richard (2019), „China's backing of 2.6 GHz for 5G could influence other countries”, *PolicyTracker*, 2. ledna, <https://www.policytracker.com/chinas-backing-of-2-6-ghz-for-5g-could-influence-other-countries/>.
- Horwitz, Jeremy (2018), „South Korean carriers set surprise commercial 5G launch for December 1”, *VentureBeat*, 29. listopadu, <https://venturebeat.com/2018/11/29/south-korean-carriers-set-surprise-commercial-5g-launch-for-december-1/>.
- Jefferies (2017), „Telecom Services: The Geopolitics of 5G and IoT”, *Jefferies Franchise Note*, 14. září, <https://www.jefferies.com/CMSFiles/Jefferies.com/files/Insights/TelecomServ.pdf>.
- Jung-A, Song (2019), „SK Hynix to invest \$107bn in four chip plants”, *Financial Times*, 22. února.
- Marti, M. (2019a), „MNOs starting to consider shared mobile networks?”, *PolicyTracker*, 4. února.

- Marti, M. (2019b), „Japanese MNO says many partners misunderstand 5G“, *PolicyTracker*, 23. ledna, <https://www.policytracker.com/japanese-mno-says-many-partners-misunderstand-5g/>.
- Mendoza, Jullie Anne (2018), „World's first commercial 5G network will rollout in South Korea, edging out US and China“, *The Centrio News*, 1. prosince, <https://www.centriionews.com/worlds-first-commercial-5g-network-will-be-deployed-in-south-korea-edging-out-us-and-china>.
- Milne, R. (2019), „Nokia kept waiting for profits from Huawei's woes“, *Financial Times*, 1. února.
- Cho, My-Hyun (2018), „Samsung's logic-chip biz turns to AI chips and 5G for change of fortune“, *ZDNet*, 24. května, <https://www.zdnet.com/article/samsungs-logic-chip-biz-developing-ai-chip-5g-for-change-of-fortune/>.
- Perez, Bien (2017), „Why China is set to spend US\$ 411 Billion on 5G mobile networks“, *South China Morning Post*, 19. červen, <https://www.scmp.com/tech/china-tech/article/2098948/china-plans-28-trillion-yuan-capital-expenditure-create-worlds>.
- Reardon, Marguerite (2019), „Verizon and T-Mobile bash AT&T over 'fake 5G'“, *CNET*, 8. ledna, <https://www.cnet.com/news/verizon-and-t-mobile-bash-at-t-over-fake-5g/>.
- Reichert, C. (2018), „Huawei will continue trialling 5G with Singapore carrier M1 for the next year“, *ZDNet*, 21. června, <https://www.zdnet.com/article/huawei-conducts-5g-trials-in-singapore-with-m1/>.
- RSPG (2018), *Strategic Spectrum Roadmap Towards 5G for Europe*, RSPG Opinion on 5G implementation challenges (3. stanovisko RSPG k 5G), RSPG18-036-Final, 3. října 2018, http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/11/RSPG18-036final-draft_opinion_on_5G.pdf.
- Shen, Jill (2019), „China prepares to issue temporary 5G licenses“, *Technode*, 11. ledna, <https://technode.com/2019/01/11/chinese-grant-temporary-5g-licence/>.
- Small Cell Forum (2017), *Vision for Densification into the 5G Era: Release Overview*, dokument 110.10.01, prosinec, https://www.scf.io/en/documents/110_-_Vision_for_Densification_into_the_5G_Era_Release_Overview.php.
- Small Cell Forum (2018), *4G and 5G Small Cells for Smart Cities: Taipei Workshop*, září, http://scf.io/en/documents/220_4G_and_5G_small_cells_for_smart_cities_Taipei_workshop.php.
- Streaming Media (2019), MWC 19: Operators promise the moon but won't shoulder the cost, 27. února, <https://www.streamingmedia.com/Articles/ReadArticle.aspx?ArticleID=130139>.
- TelecomLead (2019), „T-Mobile capex spending to grow in 2019 for 5G network investment“, 7. února, <https://www.telecomlead.com/5g/t-mobile-capex-sending-to-grow-in-2019-for-5G-network-investment-88803>.
- TeleGeography (2018a), „China looks to accelerate 5G commercialisation“, 22. června, <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2018/06/22/china-looks-to-accelerate-5g-commercialisation/>.
- TeleGeography (2018b), <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2018/05/30/nec-docomo-achieve-world-first-in-5g-throughput-trial/>.

- TeleGeography (2018c), „MSIT announces results of 5G spectrum auction“, 19. června, <https://www.telegeography.com/products/commsupdate/articles/2018/06/19/msit-announces-results-of-5g-spectrum-auction/>.
- Webb, W. (2019), *The 5G Myth: When Vision Decoupled from Reality*, Walter de Gruyter.
- Wu Chao Zhe and Yu Hai Ning (2017), 4G+ 5G [In-depth Industry Securities Research Report – From 4+G to 5G: Small Base Station, Big Future], China Security Research - http://pg.jrj.com.cn/acc/Res/CN_RES/INDUS/2017/2/13/d53b9d72-8417-420e-a9df-57443a0fbf14.pdf.
- Zima, Elizabeth (2018), „Local control at heart of ‘small cell’ debate“, 5. ledna, <http://www.govtech.com/policy/Local-Control-at-the-Heart-of-Small-Cell-Debate.html>.

Tato hloubková analýza byla připravena tematickou sekcí A na žádost výboru ITRE. Tato hloubková analýza porovnává zavádění standardu 5G v EU s dalšími předními ekonomikami světa – USA, Čínou, Japonskem, Korejskou republikou, Singapurem a Tchaj-wanem. EU si na základě řady ukazatelů vede dobře. Nejde zde však o krátkodobá srovnání. Standard 5G je komplexnější než předchozí bezdrátové technologie a měl by být chápán jako dlouhodobý projekt, aby bylo možné vyřešit náročné technické úkoly a propracovat jasné ekonomické odůvodnění.
