



Implementace a rozvoj sítí 5G v České republice

Cesta k digitální ekonomice





Obsah

1	Úvod	4
2	Technologie sítí 5G	6
2.1	<i>Nutné předpoklady pro vybudování sítí 5G</i>	6
2.2	<i>Zavádění sítí 5G</i>	6
2.3	<i>Hlavní rozdíly mezi sítěmi 5G a dosavadními sítěmi</i>	7
3	Vlastnosti sítí 5G a možnosti jejich využití.....	8
3.1	<i>Vlastnosti sítí 5G.....</i>	8
3.2	<i>Možnosti využití sítí 5G.....</i>	9
3.3	<i>Synergie s budováním jiných komunikačních sítí</i>	11
4	Služby poskytované na sítích 5G	11
4.1	<i>Průmysl 4.0.....</i>	11
4.2	<i>Chytrá města, chytré obce (Smart Cities, Smart Villages).....</i>	13
4.3	<i>Inteligentní dopravní systémy, automatizovaná a autonomní mobilita</i>	17
4.4	<i>Elektronické zdravotnictví</i>	17
4.5	<i>e-Vzdělání.....</i>	18
4.6	<i>Chytré zemědělství (Smart Agriculture)</i>	19
4.7	<i>Smart Kultura</i>	19
4.8	<i>Krizová komunikace a komunikace bezpečnostních a záchranných složek.....</i>	19
4.9	<i>Ekosystém sítí 5G a spotřebitelé</i>	20

5	Bezpečnost a rizika ve vazbě na síť 5G.....	21
5.1	<i>Rizika</i>	21
5.2	<i>Důraz na bezpečnost dodavatelského řetězce</i>	22
5.3	<i>Aktivity České republiky v oblasti kybernetické bezpečnosti sítě 5G.....</i>	23
6	Mezinárodní, evropský a národní kontext.....	23
6.1	<i>Predikce rozvoje sítě 5G</i>	23
6.2	<i>Evropské strategické aktivity pro podporu sítě 5G.....</i>	24
6.3	<i>Klíčové aktivity ČR v oblasti podpory digitálních agend</i>	25
7	Souhrn implementačních kroků	27
7.1	<i>Alokace kmitočtů v České republice a předpoklad jejich využití.....</i>	27
7.2	<i>Základní předpoklady implementace sítě 5G v ČR</i>	29
7.3	<i>Podpora řešení „Smart Cities“</i>	30
7.4	<i>Pokrytí hlavních dopravních uzlů a koridorů</i>	30
7.5	<i>Role státu při budování sítě 5G</i>	30
8	Podpora rozvoje ekosystému založeného na sítích 5G.....	31
9	Implementační milníky rozvoje infrastruktury sítě 5G	34
10	Závěr.....	36
11	Vysvětlení pojmů a zkratk.....	37

Dokument **Implementace a rozvoj sítě 5G v České republice** je dílčí strategií zaměřenou na specifickou oblast budování a rozvoje infrastruktury pro vysokorychlostní komunikaci. Je součástí koncepce Digitální Česko a rovněž Inovační strategie ČR 2019-2030

1 Úvod

Rozvoj digitální ekonomiky a společnosti patří dnes k hlavním prioritám vlády České republiky. Strategický dokument Digitální ekonomika a společnost (součást konceptu Digitální Česko), který přijala vláda usnesením ze dne 3. října 2018 č. 629, deklaruje, že „digitální ekonomika představuje základní pilíř celospolečenských změn, které přináší tzv. čtvrtá průmyslová revoluce“. **Inovační strategie 2019 - 2030¹ – The Country for the Future** v rámci svého pilíře Digitální stát, výroba a služby konkretizuje a zařazuje mezi základní nástroje „budování vysokorychlostní infrastruktury jako základu pro online služby“.

Budování digitální ekonomiky nelze realizovat bez vysokorychlostních sítí, resp. sítí s velmi vysokou kapacitou včetně sítí páté generace (dále jen „sítě 5G“). Nezbytností je rovněž využití analytických nástrojů pro práci s velkými objemy dat (dále jen „big data“), prvků umělé inteligence a prostředků internetu věcí (dále jen „IoT“) při zajištění kybernetické bezpečnosti celého systému.

V souladu s výše uvedenými skutečnostmi **Ministerstvo průmyslu a obchodu dlouhodobě rozvíjí aktivity, jak na celém území státu organizačně, legislativně a finančně usnadnit, zjednodušit a urychlit výstavbu vysokorychlostních sítí²** tak, aby v komplikovaném právním prostředí nedocházelo k zaostávání za současným světovým trendem v oblasti zavádění sítí a služeb elektronických komunikací.

Sítě 5G a jejich rozvoj představují celosvětový fenomén, který je založen na konvergenci pevných sítí a bezdrátových vysokorychlostních technologií. Tyto spolehlivé vysokokapacitní sítě zajišťující nízkou latenci umožňují plošnou dostupnost služeb, efektivnější komunikaci s pohyblivými objekty a mobilní připojení v pevném místě, kdekoliv je to účelné označované *MFCN (Mobile/Fixed Communication Networks)*. Specifikace sítí 5G jsou navrhovány s cílem uspokojit potřeby celých odvětví. Počty bezdrátově připojených zařízení zásadním způsobem narostou o nejrůznější čidla a regulační prvky. Předpokládá se, že na jednoho uživatele připadnou až stovky takových zařízení, přičemž pouze jedním z nich bude chytrý telefon.

Objemy dat, které mají být přenášeny sítěmi 5G, znamenají zásadní **zvýšení nároků i na pokrytí území státu sítěmi** založenými převážně na optických vláknech. Výchozí pojetí sítí 5G jako rádiové komunikace se tím podstatně rozšiřuje a přizpůsobuje potřebám konkrétních uživatelů. I samotná konfigurace sítí se bude přizpůsobovat jejich potřebám. Takové sítě mohou zajistit dosažení nízkého zpoždění (tj. vysokou rychlost odezvy), splňovat požadavky na vysokou bezpečnost a spolehlivost přenosu apod.

Cílem materiálu „Implementace a rozvoj sítí 5G v České republice - Cesta k digitální ekonomice“ je definovat strategický přístup České republiky k zavedení a využívání sítí 5G, podpořit nové příležitosti pro průmysl České republiky, zapojit odbornou veřejnost, samosprávy, akademickou sféru a pozvednout koncepty *Smart Cities* a *Smart Regions* na kvalitativně vyšší úroveň, to vše při podpoře vysoké míry hospodářské soutěže na trhu služeb poskytovaných prostřednictvím těchto sítí, která umožní dosáhnout nejlepších podmínek pro koncové uživatele.

Materiál se zabývá nejen vymezením problematiky sítí 5G, ale rovněž nastíněním vizí a postupů, včetně správy rádiového spektra a předpokladů jejich využití pro sítě 5G s vazbou na výzkum a vývoj potřebných aplikací³ a služeb. Dále indikuje nezbytné předpoklady k zavedení sítí 5G, příležitosti k financování některých aktivit, podporu testování nových technologií spojených se sítěmi 5G a v neposlední řadě bezpečnost sítí 5G. Je nezbytné upozornit, že při implementaci a rozvoji sítí 5G v České republice je nezbytné postupovat v souladu

¹ Inovační strategie České republiky – The Country for the Future (dále jen „Inovační strategie ČR 2019-2030“) byla schválena usnesením vlády ČR ze dne 4. února 2019 č. 104.

² Například usnesení vlády ze dne 5. října 2016 č. 885 nebo usnesení vlády ze dne 10. května 2017 č. 350, resp. přijetí zákona č. 194/2017 Sb., o opatřeních ke snížení nákladů na zavádění vysokorychlostních sítí elektronických komunikací

³ Aplikací se rozumí uplatnění služby nebo skupiny služeb za použití zařízení, infrastruktury, procesů a postupů.

s pravidly veřejné podpory a v případě identifikace kumulativního naplnění definičních znaků veřejné podpory aplikovat relevantní právní předpisy v dané oblasti. Materiál neřeší otázku výstavby optických sítí, které budou rovněž sloužit sítím 5G. Tato problematika bude řešena v Národním plánu rozvoje sítí velmi vysoké kapacity, který Ministerstvo průmyslu a obchodu v současné době připravuje.

Bez úzké spolupráce státní správy s nejrůznějšími hráči na trhu, od podnikatelské sféry, která je hlavním realizátorem přechodu na sítě a služby 5G, přes města a obce, akademickou sféru až po zástupce spotřebitelů nebude možné tento plán naplnit.

Systém a mechanismus sítí 5G a na nich provozované a poskytované moderní digitální aplikace a služby, včetně propojení lidí a zařízení navzájem, budou tvořit komplexní ekosystém s dosud nevídaným dopadem na rozvoj celé lidské civilizace.

V oblasti elektronických komunikací se nacházíme na počátku výrazné konvergence pevných sítí (zejména vysoce kapacitních optických sítí) a mobilních sítí. To dokazují i výsledky DESI 2019⁴ pro Českou republiku.

	Česko				EU
	DESI 2017 hodnota	DESI 2018 hodnota	DESI 2019 hodnota	pořadí	DESI 2019 hodnota
1a1 Pokrytí pevným širokopásmovým připojením % domácností	99 % 2016	98 % 2017	98 % 2018	14	97 % 2018
1a2 Využití pevného širokopásmového připojení % domácností	71 % 2016	73 % 2017	74 % 2018	14	77 % 2018
1b1 Pokrytí sítěmi 4G % domácností (průměr pokrytí jednotlivými operátory)	94 % 2016	99 % 2017	99 % 2018	3	94 % 2018
1b2 Využití mobilního širokopásmového připojení Počet účastníků na 100 obyvatel	77 2016	81 2017	82 2018	22	96 2018
1b3 Připravenost na 5G Přidělené spektrum jako % celk. harmonizovaného spektra 5G	–	–	17 % 2018	11	14 % 2018
1c1 Pokrytí rychlým širokopásmovým připojením (NGA) % domácností	75 % 2016	89 % 2017	90 % 2018	12	83 % 2018
1c2 Využití rychlého širokopásmového připojení % domácností	26 % 2016	32 % 2017	37 % 2018	18	41 % 2018
1d1 Pokrytí superrychlým širokopásmovým připojením % domácností	–	60 % 2017	63 % 2018	17	60 % 2018
1d2 Využití superrychlého širokopásmového připojení % domácností	14 % 2016	16 % 2017	18 % 2018	16	20 % 2017
1e1 Index cen širokopásmového připojení Hodnocení na stupnici 0–100	88 2016	87 2017	88 2018	9	87 2017

Obrázek č. 1: Výsledky DESI 2019 pro Českou republiku
(Zdroj: Evropská unie)

Materiál definuje implementační milníky vlastní realizace, přičemž je potřeba zdůraznit, že mnohá relevantní klíčová témata již řeší strategické materiály, zejména Inovační strategie 2019-2030, koncepce Digitální Česko, Akční plán 2.0 a další. Tedy mnoho opatření je již nyní schváleno a realizují se. Dále se v současné době finalizuje analýza stavu rozvoje vysokorychlostních sítí v České republice, které budou podkladem pro přípravu nového Národního plánu rozvoje sítí elektronických komunikací s velmi vysokou kapacitou.

⁴ Digital Economy and Society Index (DESI) (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/czech-republic>)

Již nyní je však jisté, že na podporu vybudování a využívání sítí 5G bude vyžadovat výdaje ze státního rozpočtu v řádech desítek milionů až miliardy korun. Náklady na budování a využívání těchto sítí ovšem budou muset vynaložit podnikatelské subjekty, kde se bude jednat až o desítky miliard korun.

Tento materiál se váže na Inovační strategii ČR 2019-2030: IV. Pilíř Digitalizace a na strategii Digitální Česko s druhým pilířem „Digitální ekonomika a společnost“ a jeho cíle č. 04 PODPORA KONEKTIVITY A INFRASTRUKTURY DIGITÁLNÍ EKONOMIKY A SPOLEČNOSTI, konkrétně první bod 4.01 Budování sítí elektronických komunikací.

Zároveň už nyní je žádoucí kontinuálně vnímat proces identifikace klíčových faktorů, požadavků na výzkum, vědeckého směřování a základních experimentálních otázek souvisejících s vývojem dalších mobilních systému, např. systému 6G. Bezdrátové inteligence u těchto mobilních systémů nebude jen o přenosu dat, ale stane se rámcem komunikačních služeb. Specifické inteligentní operace uživatelů budou přesunuty do chytrých vysokokapacitních datových center, které budou vybudovány na moderních technologiích a integrace snímacích, zobrazovacích a vysoce přesně polohových schopností spojených s mobilitou bude představovat nové vize pro budoucí aplikace a služby.

2 Technologie sítí 5G

2.1 Nutné předpoklady pro vybudování sítí 5G

Předpokladem úspěšné realizace sítí 5G je existence vysokokapacitního připojení základnových stanic (tzv. mobilní *backhaul*). Výzkum v oblasti sítí 5G ukazuje, že vzhledem k nárokům na tato připojení, je nezbytné je realizovat převážně přenosovými systémy využívajícími jako přenosového média optická vlákna. Předpokládá se tedy optické připojení od nejnížší až do nejvyšší síťové úrovně kapacitně dimenzované i s výhledem na další rozvoj.

Pro úspěšnou realizaci vysokorychlostních sítí elektronických komunikací je mj. nezbytné realizovat opatření zahrnutá do vládou schváleného „Akčního plánu 2.0 k provedení nedotačných opatření pro podporu plánování a výstavby sítí elektronických komunikací“, který předložilo Ministerstvo průmyslu a obchodu.

2.2 Zavádění sítí 5G

Z vývoje ve světě a v Evropě je jisté, že zavedení sítí 5G bude mít dvě fáze.

V první fázi bude využita čtvrtá generace mobilních sítí, založená převážně na technologii LTE, **jejíž úpravou se uplatní především scénář nasazení sítí 5G pro eMBB**, tedy na „vylepšené vysokorychlostní a velkokapacitní mobilní síť a služby“. Dojde ke zvýšení kapacity sítí, zvýšení rychlosti, postupnému snižování zpoždění. Znamená to, že i když již dnes někteří operátoři označují své sítě a služby za 5G, **jedná se fakticky o tuto první fázi, která se označuje také jako Non-Standalone (NSA)**. V České republice je již testována a na některých vybraných místech zaváděna. Její větší nasazení lze očekávat od roku 2020. Situace v ČR odpovídá i celosvětovému vývoji, neboť v současnosti se všude na světě reálně jedná jen o NSA síť.

Druhou fází je spuštění čistě jen sítí, které plně odpovídají připravovaným specifikacím pro 5G standalone (SA) sítě. Ty umožní plné nasazení i dalších aplikací *pro mMTC a URLLC*. Specifikace se v současnosti finalizují, technologie testují a dále vyvíjejí, což souvisí s nutností investovat do nových centrálních systémů operátorů, stejně jako s masivními investicemi do samotné sítě. V této fázi budou sítě 5G zcela nezávislé na 4G. Dosažení této fáze a termíny implementace není snadné odhadnout, ve světě se udává, že se tak stane mezi roky 2020 a 2021 a dále, návazně na dokončení standardizace.

Aby mohly sítě 5G umožnit vysokorychlostní přenos dat, snížení zpoždění (latence) a zvýšení počtu koncových zařízení, musí využívat několik nových technologií a postupů, a být založeny na jiné architektuře než sítě současné.

2.3 Hlavní rozdíly mezi sítěmi 5G a dosavadními sítěmi

První významnou změnou oproti dosavadním sítím je využívání nových částí rádiového spektra. Sítě 5G budou v Evropě využívat nové části rádiového spektra: K současným pásmům s kmitočty pod 1 GHz přistupuje pásmo 700 MHz, pásmo centimetrových vln 3,4– 3,8 GHz a pásmo milimetrových vln 26 GHz. Každé z těchto nově používaných kmitočtových pásem má jiné vlastnosti, které budou sloužit jednotlivým aspektům různých částí sítě 5G.

- Pásmo okolo 700 MHz: Nízké frekvence, širší pásma limituje objem přenášených dat za časovou jednotku, je tedy omezená maximální dosažitelná přenosová rychlost i vysoká latence. Šíření vln je zatíženo poměrně nízkým útlumem, komunikace na delší vzdálenosti je tedy energeticky výhodná a rovněž vysoce spolehlivá. Je tedy ideální pro IoT zařízení, která nepotřebují nízkou latenci nebo pro větší datové toky jako je IoT, nebo pro pokrytí větších území, kde není požadavek na obsluhu velkého počtu uživatelů současně.
- Pásmo nad 3,4 GHz: Většina současného vývoje sítí 5G a spouštění prvních sítí funguje právě v pásmu 3,4 – 3,8 GHz. Hlavní novinkou je, že díky vlnové délce umožňuje již vytvářet víceprvkové antény akceptovatelných rozměrů a jejich prostřednictvím tzv. paprskování (*beamforming*). Znamená to, že antény s touto technologií dokáží signál směřovat na konkrétního uživatele, a tím umožňují výrazně efektivnější provoz sítě. Dosah je však obecně menší než v předchozím případě.
- Pásmo 26 GHz: Představuje první využití milimetrových vln v mobilních sítích, tzv. *Milimetr wave*. Milimetrové vlny díky velké šířce kanálů umožňují přenášet obrovské množství dat (v řádech gigabitů) při velmi nízké latenci velkému množství uživatelů. Tyto vlastnosti jsou ovšem vykoupeny velmi krátkým dosahem. Dosah šířených rádiových vln je pouze v řádech stovek metrů a signál má problém procházet nejen zdi, ale i vegetací a třeba i hustým deštěm. Aby bylo dosaženo stabilního pokrytí, musí být anténa umístěna například na stožárech veřejného osvětlení. To je velmi náročné nejen samo o sobě, ale i z hlediska napojení každé jednotlivé antény na optickou síť. Takto velká výstavba antén může rovněž narazit na odpor občanů. Ti jsou vůči výstavbám nových radiokomunikačních děl zpravidla skeptičtí a sítě 5G jsou již dnes terčem *hoaxů* a konspiračních teorií. Výstavba mikrovlnné infrastruktury proto zatím ve větší míře neprobíhá, byť by ve výsledku přinesla pro běžného uživatele i průmyslové aplikace zdaleka nejcitelnější přínos.

Druhou změnou oproti současným sítím je důraz na co největší využití optických sítí v případě zajištění konektivity (backhaul). Optické sítě nejsou limitovány šířkou pásma a představují vzhledem k dynamickému vývoji v oblasti elektronických komunikací klíčovou přenosovou technologii. Tento princip existuje v menší míře i u současných sítí – propojení základnových stanic je již často realizováno optickými či mikrovlnnými spoji. Sítě 5G posunou potřeby využití optických spojů ještě dál. Důvodem pro tuto snahu jsou fyzikální limity rádiových vln ovlivňující jak objem přenášených dat, tak rychlost přenosu a latenci. Technologie *Fixed Wireless Access*, tj. bezdrátová síť poskytující širokopásmové propojení typu point-to-multipoint, je využívána v přístupové části sítě a její využití je omezovalo pouze na krátkou vzdálenost, kdy je následně propojena s optickou částí přípojně či páteřní sítě.

Třetí změnou je specifikace funkce výpočetní kapacity na úrovni základnových stanic – na periférii (edge/edge computing). Poskytovatel mobilních služeb může v rámci svých základnových stanic alokovat výpočetní kapacitu pro použití v rámci svých aplikací či aplikací třetích stran. Tento výpočetní výkon je především zajímavý pro řešení, která vyžadují velmi rychlou odezvu od aplikačního serveru, díky umístění přímo v základnové stanici, je odezva kratší o čas mezi základnovou stanicí a serverem, umístěným na páteřní síti poskytovatele, či dokonce v internetu. Aby toto řešení bylo výhodné, je nutné dodržet lokálnost řešení,

tedy aby odesílatel i příjemce komunikace byly ve stejné či velmi blízké základnové stanici s touto výpočetní kapacitou. V sítích 5G bude mnohem lépe probíhat optimalizace přenosových tras s cílem zajistit nezbytné kvalitativní parametry pro přenos. Samotné prvky sítí 5G budou rovněž mít vlastní výpočetní a cloudové kapacity, aby procesy, které není nutné provádět na konkrétním místě, byly provedeny co nejbližší uživateli.

Čtvrtou změnou je aplikace formování a řízení paprsků (*beam forming, beam steering*). Jedná se o technologie, které umožňují okolo 3,4 GHz a 26 GHz vytvářet paprsky signálu přímo mířené na uživatele. Tím se šetří energií, ale hlavně kapacitou spektra a zvyšuje tak množství dat, které lze přenášet. Paprskování ale potřebuje velké množství výpočetní kapacity na úrovni základnové stanice.

3 Vlastnosti sítí 5G a možnosti jejich využití

3.1 Vlastnosti sítí 5G

Sítě 5G jsou důležitým prvkem nových vysokorychlostních přístupových sítí budoucnosti. Na rozdíl od předchozích generací mobilních sítí 4G budou pro implementaci prostředí sítí 5G zásadní následující prvky umožňující specifická technologická řešení.

1. Podle požadovaného pokrytí využití rádiového spektra v pásmech od stovek MHz po desítky GHz. Zejména pásma „milimetrových“ vln s kanály o šířce stovek MHz umožní dosahování vysokých přenosových rychlostí, např. pro přenos UHD video signálů při obslužení velkého počtu komunikujících subjektů na malém prostoru.
2. Možnost pružného regulování šířky přenosového kanálu, a tím i hodnoty dostupné přenosové rychlosti v rozsahu od kbit/s, např. pro aplikace IoT až po Gbit/s pro *eMBB*, dovolí využití sítí 5G pro velmi široké spektrum reálných aplikací.
3. Přizpůsobení struktury sítě a virtualizace jejích síťových funkcí, použití edge cloud dovolí i při fragmentaci sítě (piko nebo femto základnové stanice) dosahovat nízké hodnoty zpoždění (latence), nepostradatelné pro aplikace v oblasti autonomního řízení a automatizace výrobních procesů.
4. Pružné přidělování využívané šířky rádiového spektra prostřednictvím dynamického TDD a současně efektivní využívání metod sdílení rádiového spektra umožní dosahování daleko vyšší míry efektivity využití rádiového spektra při podpoře nasazování mnoha reálných aplikací v praxi.

Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) definuje tři hlavní oblasti standardizace, které společně budou tvořit plnohodnotné síť 5G⁵ (přičemž rychlost jejich zavádění nemusí být rovnoměrná):

1. **Pokročilé mobilní vysokorychlostní síť (*Enhanced Mobile Broadband - eMBB*)**
Všeobecně dostupná data v kteroukoliv dobu
Mobilita cca 500 km/h
Maximální rychlost přenosu dat 10 - 20 Gbit/s
2. **Vysoce spolehlivé komunikace s nízkým zpožděním (*Ultra-Reliable and Low Latency - URLLC*)**
Zpoždění na rádiovém rozhraní do 1 ms
Zpoždění mezi koncovými body do 5 ms
Spolehlivost 99,9 % v rozsahu datových rychlostí 50 kbit/s – 10 Mbit/s

3. **Masivní komunikace mezi stroji/zařízeními** (*Massive Machine-Type Communication - mMTC*)

Miliardy propojených „věcí“, nízká cena propojení, nízká spotřeba energie

Řádově až milion zařízení na 1 km²

Přenosová rychlost 1 – 100 kbit/s na zařízení

Napájení zařízení pomocí baterie, jejíž životnost se odhaduje až na 10 let.

Doporučení ITU-R M.2083-0 (09/2015) uvádí pro systémy IMT – 2020, tedy pro mobilní sítě 5G následující základní parametry:

- Maximální rychlost (odhadovaná) přenosu dat: desítky Gbit/s
- Přenosová (běžně dostupná) rychlost: 100 Mbit/s až 1 Gbit/s
- Hustota připojení: 1 milion připojení na km²
- Zpoždění mezi koncovými zařízeními: řádově milisekundy
- Hustota provozu: 10 Mbit/s na 1 m²
- Mobilita: do 500 km/h

Zároveň však dochází ke konvergenci, tedy spojování a prorůstání pevných a mobilních sítí. Zatímco doposud vedle sebe existovaly oba typy sítí víceméně nezávisle na sobě, oddělené použitými technologiemi jako např. sítě satelitní, v blízké budoucnosti dojde k prorůstání těchto technologií a jejich vzájemnému propojení a využití. Sdílení sítí a jejich částí bude běžné stejně jako virtualizace.

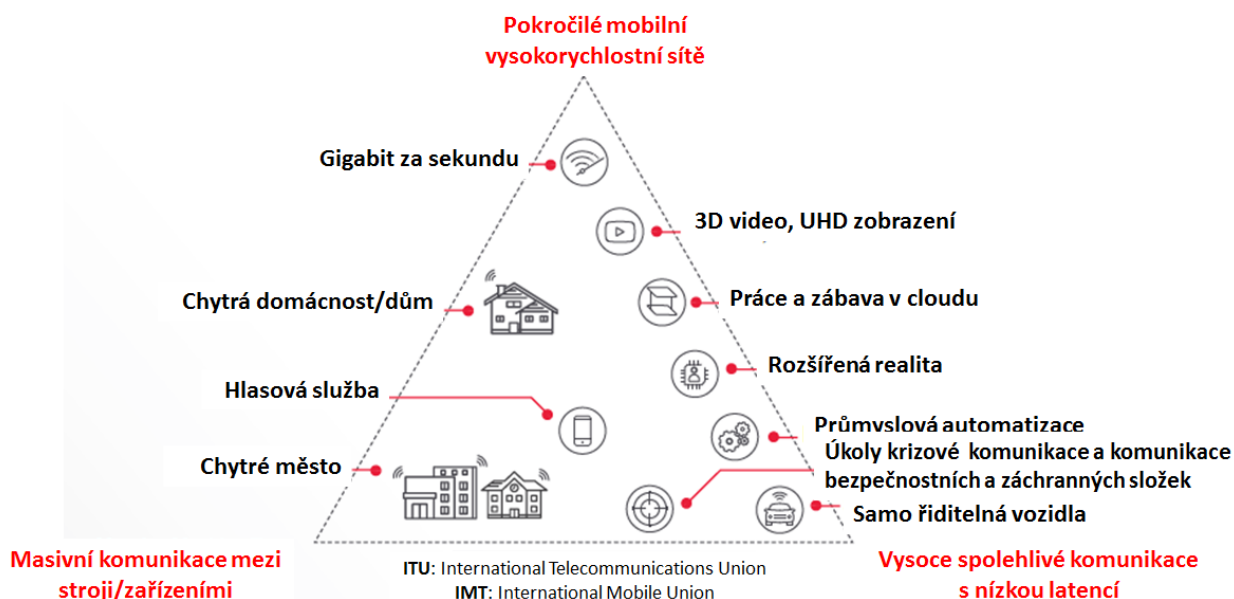
Na vývoj sítí 5G zásadním způsobem působí standardy přijaté organizací 3GPP. Partnerský projekt třetí generace je dohoda o spolupráci v oblasti mobilních komunikací (3rd Generation Partnership Project, 3GPP), která byla uzavřena v prosinci roku 1998 a její cílem bylo vyvinout síť třetí generace (3G) mobilních telefonů v rozsahu projektu ITU IMT-2000. Specifikace 3GPP byly založeny na rozvinutých GSM specifikacích, obecně známé jako UMTS. Organizace 3GPP však pokračuje v činnosti při vytváření standardů pro novější sítě 4G a 5G, zejména technické normy označované jako Release 14, Release 15 a Release 16.

Ačkoliv virtualizace sítí je známa a využívána již dnes, v sítích 5G bude virtualizace ještě na daleko vyšší úrovni a ve větším rozsahu.

Konvergence a virtualizace se stále více uplatňuje nejen z hlediska efektivnějšího využití technických prostředků, ale také kvůli zlevnění budování a využívání sítí. Snižování nákladů, zelená řešení, úspory obnovitelných i jedinečných přírodních zdrojů budou hnacím motorem inovací.

3.2 **Možnosti využití sítí 5G**

Využití sítí 5G bude velmi široké a bude se týkat jak prakticky všech oblastí národního hospodářství, tak mnoha oblastí života obyvatel. Inovované a nově vzniklé aplikace a navazující mobilní služby budou moci těžit nejen z vysoké přenosové rychlosti, ale zejména z velmi nízkého zpoždění. Široké možnosti lze očekávat např. v oblasti virtuální reality.



Obrázek č. 2: Scénáře použití sítí 5G
(Zdroj: *Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges*, ITU)

Sítě 5G představují významný potenciál v průmyslových aplikacích (digitalizované výrobní linky, robotizované systémy). Značný význam komunikace prostřednictvím sítí 5G lze spatřovat v zavádění rozličných biomedicínských postupů. Samostatnou kapitolou je využití v oblasti dopravy, resp. dopravní infrastruktury, jejíž rozvoj v rámci předpokládané automatizace dopravy mj. je a bude stěžejním prvkem tzv. *Smart City a Smart Village*. Využití lze spatřovat rovněž v oblasti meteorologie, bezpečnosti, energetiky a mnoha dalších sektorů. Síť 5G podpoří i očekávaný masivní rozvoj internetu věcí a napomůže novým směrům v oblasti zábavy, mj. možnost streamování videa s extrémně vysokým rozlišením a streamování virtuální reality.

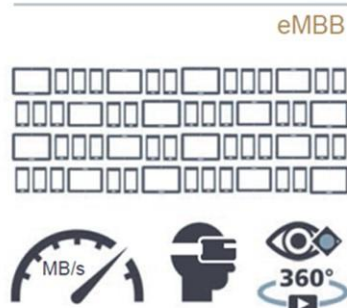
Rozvoj výše uvedených aplikací úzce souvisí s rutinním zaváděním umělé inteligence, jejíž masové využívání bude do značné míry závislé na existenci rychlých a spolehlivých sítí elektronických komunikací velmi vysoké kapacity. Síť 5G rovněž splňuje požadované kapacitní nároky a nároky na nízkou latenci.

Zvýšení počtu připojených bodů i datových objemů přinese i výzvy v oblasti zajištění kybernetické bezpečnosti. S nárůstem zapojených IoT zařízení, automobilů, průmyslových řídicích systémů a dalších bodů budou mít kybernetické útoky stále větší dopad do reálného světa a ekonomiky. Pro zajištění bezpečnosti v prostředí sítí 5G bude třeba v reálném čase analyzovat velké datové objemy a v mnohem větší míře než dnes automatizovat vyhledávání chyb, *malwaru* a řešení kybernetických bezpečnostních událostí. Bude rovněž nezbytné věnovat zvýšenou pozornost otázce bezpečnosti a důvěryhodnosti dodavatelského řetězce technologií ekosystému sítí 5G; se očekává rozsáhlý počet dodavatelů tohoto ekosystému.

Rozvoj spolehlivých rychlých sítí s krátkou dobou odezvy umožní centralizovat provádění výpočetních operací do relativně malého počtu výkonných výpočetních systémů a jako vzdálené terminály použít velmi jednoduchá a levná zařízení, čímž vzhledem k velkému množství těchto terminálů bude možno docílit značných finančních úspor.

Paralelně síť 5G umožní, že v mnoha případech bude možné nebo dokonce nezbytné řízení připojených zařízení decentralizovat (přiblížit koncovému zařízení) nebo umožnit přímou komunikaci koncových zařízení mezi sebou (komunikace D2D), což vzhledem k parametrům sítí 5G bude uskutečnitelné. Tato skutečnost bude využívána zejména v aplikacích pro Průmysl 4.0 nebo při komunikaci vozidel s autonomním řízením.

Pokročilé mobilní vysokorychlostní sítě



- Vylepšené uživatelské prostředí
- Vysoká konektivita zařízení
- Vysoká rychlost mobilních dat
- Mobilní aplikace pro virtuální rozšířenou realitu

Masivní komunikace mezi stroji/zařízeními



- Aplikace pro e-zdraví
- Aplikace pro Průmysl 4.0
- Inteligentní logistiky
- Monitorování prostředí
- Inteligentní sítě
- Inteligentní zemědělství

Vysoce spolehlivé komunikace s nízkou latencí



- Komunikace v silniční dopravě
- Řízení bezpilotních letadel
- Monitorování vitálních dat
- Inteligentní výroba

Obrázek č. 3: Příklady konkrétních aplikací v rozsahu tří zmíněných oblastí využití mobilních systémů 5G
(Zdroj: Update on 5G Spectrum in the UK, Ofcom 2017)

3.3 Synergie s budováním jiných komunikačních sítí

Vzhledem k nutnosti budování sítí s velmi vysokou kapacitou se přímo nabízí možnost využití těchto sítí nejen pro zajištění přenosových kapacit pro sítě 5G, ale rovněž pro jiné sítě elektronických komunikací. Jedná se zejména o veškeré veřejné komunikační sítě, ale i sítě neveřejné, např. komunikační sítě pro podporu energetiky (*Smart Grid*). Je třeba poznamenat, že provést takové sdílení sítí nebo fyzické infrastruktury není jednoduchá úloha, její řešení by však mohlo výrazně snížit náklady na výstavbu i provoz sítí elektronických komunikací.

Vzhledem k relativně širokému okruhu poskytovatelů služeb elektronických komunikací se v této souvislosti nabízí možnost existence sdílených sítí. Stát bude aktivity v tomto směru podporovat, v souladu s relevantním opatřením, které je uvedeno v Akčním plánu 2.0 k provedení nedotačných opatření pro podporu plánování a výstavby sítí elektronických komunikací.

4 Služby poskytované na sítích 5G

Sítě 5G umožní širokou škálu využití napříč průmyslovými odvětvími, v moderních dopravních systémech, ve zdravotnictví, zemědělství nebo provozu chytrých měst a obcí.

4.1 Průmysl 4.0

Koncept Průmysl 4.0 je založen na hluboké průmyslové integraci prostřednictvím informačních technologií a s nimi spojeném zpracování dat v reálném či takřka reálném čase, sdílení informací a kontinuální komunikaci.

V jádru čtvrté průmyslové revoluce stojí spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality. To s sebou přináší významné interakce těchto systémů s celou společností, tedy se světem sociálním. Prvky fyzického světa budou navzájem propojeny prostřednictvím vysokorychlostních připojení k internetu, kde každý takovýto prvek má svoji individuální IP adresu, což je podstatou *IoT*. Softwarové moduly reprezentující

fyzické elementy ve virtuálním prostoru, společně řeší úlohy, koordinují svoji činnost a rozhodují s využitím služeb, které si navzájem poskytují, či které si vyvolávají prostřednictvím internetu služeb (*IoS*).

Je nutno počítat se speciálními rozhraními mezi lidmi a roboty umožňujícími mobilní komunikaci, a to i na bázi přirozené řeči, vizuální či hmatové informace - dochází tedy k napojení i na třetí typ internetu, internet lidí (*IoP*). I zde musí umělá inteligence a kybernetika přinášet adekvátní řešení, zejména v oblasti učících se, samo-učících se, samo-optimalizujících se, samo-diagnostikujících se, samo-opravujících se a samo-konfigurujících se systémů, včetně senzoriky, v distribuovaném prostředí. Charakteristická je rovněž simulace a modelování procesů, modularita, parametrizace a rekonfigurovatelnost, a to i vzdálená. Je nezbytné se připravovat i na zařízení a technologie, které v současnosti ještě neexistují. Jevem, který částečně můžeme pozorovat již dnes, bude vzdálená asistence při servisních službách (nejen na území jednoho státu, ale i přeshraničně).

Tato integrace má tři základní pilíře:

1. **Vertikální integraci** výrobních systémů se rozumí informační provázání napříč hierarchickou a řídicí strukturou podniku. Rámcem vertikální integrace je primárně samotný výrobní podnik. V oblasti vertikální integrace se setkávají dvě klíčová znalostní odvětví řídicí techniky a automatizace s odvětvím vývoje informačních systémů.
2. **Horizontální integrace** napříč dodavatelským řetězcem propojuje všechny články dodavatelsko-odběratelského hodnototvorného řetězce od dodavatelů přes výrobce až po distribuci koncovému zákazníkovi a následný servis. Sdílení informací a dat napříč dodavatelským řetězcem zvyšuje flexibilitu celého procesu, optimalizuje výši zásob a výrazně snižuje výrobní náklady, ale zároveň silně závisí na vysoké dostupnosti a kvalitě infrastruktury vysokorychlostního internetu.
3. **Integrace všech inženýrských procesů**, která je specifickým příkladem horizontální integrace, se odehrává z významné části v rámci výrobního podniku. Jedná se o integraci všech inženýrských procesů v rámci celého životního cyklu produktu. Od samotného plánování životního cyklu, přes hrubé zadání, design, vývoj, realizaci, testování, verifikaci až po poprodejní služby. Integrace inženýrských procesů je základním nástrojem pro získávání zpětné vazby a řízení hlavních procesů zajišťujících optimalizovanou dodávku dle individualizovaných zákaznických požadavků.

Koncept Průmysl 4.0 je postaven také na **analýze velkých dat** (*Big Data*). Za velká data se obvykle považují data v rozsahu petabytů (10^{15} bytů) a více, která přesahují možnosti současných databázových technologií. Zpracování a analýza velkých dat v oblasti průmyslu přináší zásadní inovativní impuls pro uskutečnění vize čtvrté průmyslové revoluce. Jedná se především o obrazová, ale i o textová data z internetu, obchodní, bezpečnostní data, různé zdroje signálů a měření, ale i kombinovaná multimodální data, která jsou typická například pro systémy autonomního řízení dopravních prostředků, zábavní průmysl a média, finanční sektor, dopravu nebo prodej výrobků. I v rámci Průmyslu 4.0 hraje významnou roli kybernetická bezpečnost v podobě zachování důvěrnosti, integrity a dostupnosti dat pro zachování *business continuity* výrobních procesů.

Robotizace průmyslu **autonomními roboty** coby součást konceptu Průmysl 4.0 je jednou z metod, která cílí na zvýšení produktivity práce. Vliv robotizace na zvyšování produktivity se nebude omezovat jen na sektor průmyslu. Rozvoj robotizace bude třeba současně podpořit budováním potřebné infrastruktury na všech úrovních.

S rostoucími požadavky na sofistikované procesy, které jsou pilířem iniciativy Průmysl 4.0, rostou i nároky na kvalitu elektronické **komunikace a komunikační infrastruktury**. Průvodním jevem automatizace procesů je především nárůst nepersonální komunikace, spojený s obsluhou velkého počtu senzorů a spolupracujících zařízení, a dále přenosem a zpracováním velkých objemů dat. Obecným požadavkem jsou proto spolehlivé a bezpečné vysokorychlostní komunikace, prostřednictvím pevných, bezdrátových i družicových sítí.

Jedním z pilířů konceptu Průmysl 4.0 je také sběr a vyhodnocení dat z různých zdrojů ať již z oblasti IoT, z firemních informačních systémů či přímo z výrobních strojů či *Machine2Machine (M2M)* komunikace. Klíčovou roli v optimalizaci zejména logistických procesů budou hrát data a informace o poloze objektů, a to jak na úrovni jednotlivých továren, budov či komplexů, tak i v geograficky rozsáhlém území na úrovni např. regionů. Zcela zásadní význam tak budou mít kvalitní digitální mapy s kvalitním atributovým popisem vhodného rozsahu. Z důvodu optimalizace pohybu materiálu či zboží bude aktuální informace o poloze hrát důležitou roli. Integrální součástí výrobních systémů tak budou navigační systémy uvnitř budov (tzv. *in-door*) a mimo budovy (tzv. *out-door*), včetně satelitních (GNSS). Tato data jsou ukládána do **datových úložišť** a mohou být zpracovávána pomocí **cloudových výpočtů**. Mezi základní charakteristiky cloudu patří to, že se jedná o sdílené zdroje (HW, SW), u kterých je možná vysoká škálovatelnost. Tyto zdroje jsou uživateli přístupné podle jeho potřeby odkudkoliv a kdykoliv pomocí připojení přes internet a uživatel platí jen za ty zdroje, které využívá. Ke sběru, uchování dat, zpracování a zálohování mohou podniky použít veřejná datová úložiště sdílená a dostupná komukoliv, soukromá úložiště provozovaná přímo nebo třetí stranou, ale pouze pro potřeby daného podniku, nebo mohou také použít tzv. hybridní model, který je kombinací veřejného a soukromého úložiště. Posledním modelem nasazení je komunitní cloud, kde je infrastruktura sdílena několika podniky, které může spojoval oblast zájmu nebo bezpečnostní politika.

Možnou klíčovou technologií, která by mohla umožnit změnu výrobních postupů a přinést výrazné zvýšení flexibility, je **aditivní výroba**, tj. proces spojování materiálu dle 3D digitálních dat, nejčastěji vrstvu po vrstvě, což se označuje jako „3D tisk“. Současné aditivní výrobní systémy jsou již napojeny na internet a vytvářejí IoT.

Charakteristickým prvkem konceptu Průmysl 4.0 je propojení fyzického a virtuálního světa. Rozšíření lidského vnímání světa o nové informace, které nejsme schopni dostatečně rychle či dokonce vůbec rozpoznat, se zabývá oblast **rozšířené reality (AR - augmented reality)**. Hlavní doménou rozšířené reality je přidávání vizuálních informací, tj. obohacení zrakových vjemů. Doplnkovým informačním kanálem je zvuk, obvykle v navigačních systémech a výukových aplikacích. Přidávání dalších informací, např. hmatových nebo čichových, není pro rozšířenou realitu typické a objevuje se spíše v aplikacích virtuální reality. Rozšiřující vizuální vjemy mají v jednoduchých systémech rozšířené reality charakter textových popisů umístěných kdekoli v zorném poli, v pokročilých systémech je augmentace vizuálně bohatá (2D, 3D) a je umístěna přesně do prostoru sledovaných objektů nebo je dokonce překrývá a nahrazuje.

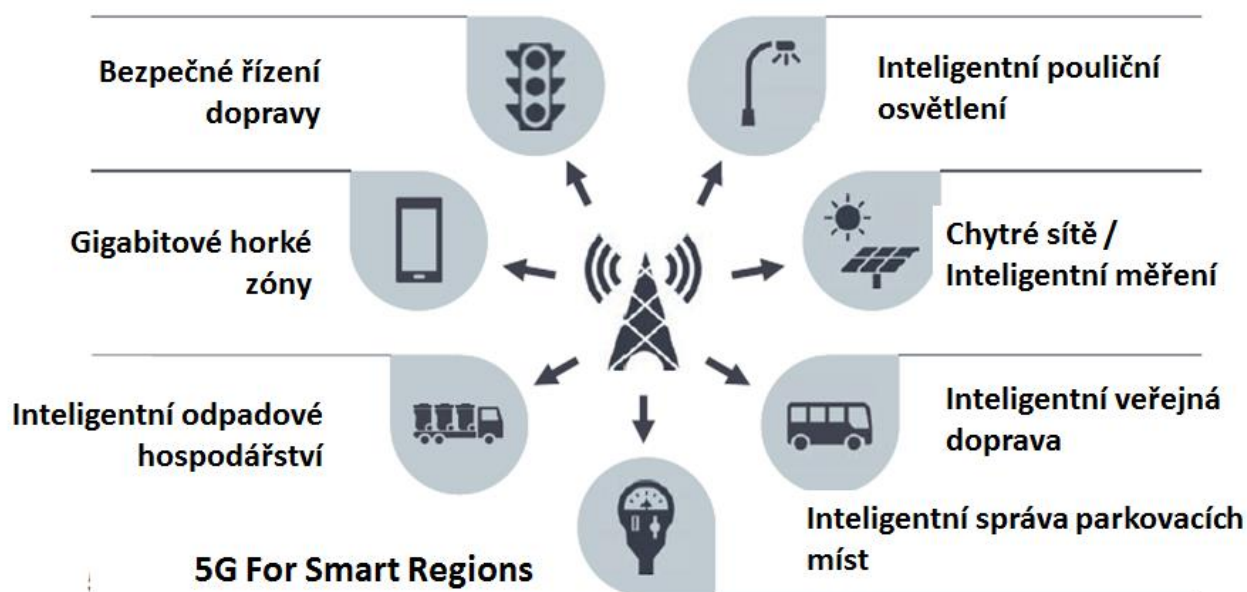
Potřeba vzájemné interakce člověka a stroje nebo strojů mezi sebou klade velké nároky na sofistikované **senzory**. Sensorika, jakožto obor zahrnující metody a nástroje měření a snímání fyzikálních veličin, v širším pojetí také obrazové a spektrální informace a také detekce chemického složení látek je nezbytnou, dalo by se říci klíčovou součástí, všech systémů průmyslové automatizace a nejedná se pouze o systémy průmyslové automatizace, ale měla by být rozšířena i na další odvětví např. dopravu.

4.2 Chytrá města, chytré obce (Smart Cities, Smart Villages)

Pojmem Chytrá nebo také Inteligentní města nebo obce se chápá ve smyslu uplatnění informačních a komunikačních technologií v odvětvích energetiky a dopravy, na základě čehož bude docházet k urychlení udržitelného pokroku.⁶ Jedná se o jeden z konceptů uplatnění principů udržitelného rozvoje do organizace města obcí, který se opírá o využití moderních technologií s cílem zlepšit kvalitu života obyvatelstva a zefektivnit správu věcí veřejných. Nejširší uplatnění tento koncept nalézá v oblasti energetiky a dopravy, dále pak v oblasti parkování, veřejného osvětlení nebo odpadového hospodářství.

⁶ Viz aktualizovaná metodika konceptu inteligentních měst 2015 (projekt Beta TB930MMR001) [Metodika Smart Cities 2019a](https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2012/CS/3-2012-4701-CS-F1-1.PDF) Evropské sdělení C(2012) 4701 final (<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2012/CS/3-2012-4701-CS-F1-1.PDF>) aktualizovaná verze Metodika Smart Cities 2019 (https://mmr.cz/getmedia/f76636e0-88ad-40f9-8e27-cbb774ea7caf/Metodika_Smart_Cities.pdf.aspx?ext=.pdf)

Cílem „chytrých měst/obcí“ je jak usnadnění života jejich obyvatelům, tak snížení nákladů souvisejících především s provozem městské infrastruktury.



Obrázek č. 4: Příklad struktury služeb a aplikací v případě Smart Cities/Villages
 (Zdroj: 5G strategy for Germany, 2017)

Koncept *Smart City/Smart Village* však nezahrnuje pouze dvě výše uvedené oblasti, lze jej aplikovat i na další, např. vodohospodářství, odpadové hospodářství, *e-government* či krizové řízení. Koncept *Smart City / Smart Village* je programovou změnou vedenou politickou reprezentací města/obce a je postupným procesem nikoliv stavem. Oproti běžnému plánování a provozu městských agend *Smart City / Smart Village* přináší zjednodušení procesu zapojení odborné i široké veřejnosti pomocí elektronických nástrojů (např. komunikační platformy nebo sociální sítě). Poskytuje možnost, aby strategie města/obce nebyly tvořeny pouze odborně zdatným dodavatelem ve spolupráci s daným odborem města/obce, ale pracovními skupinami sestavenými z odborníků z různých institucí, lokálních podnikatelů a zájmových spolků, které město efektivně koordinuje za použití elektronických médií. Výsledné strategie lze následně předložit k připomínkám na elektronických veřejných fórech a poté diskutovat s veřejností na otevřených setkáních, aby zavedení jejich finální podoby bylo občany majoritně přijato a zároveň, aby se do nich promítlo maximum myšlenek a nápadů (*e-government* neboli elektronická státní správa je tu vnímána jako podsložka *Smart Cities / Smart Villages*). Takový postup předjímá i uvážlivé investice do nových technologií, které tyto nové programy podpoří, což má dopad na investiční, ale především na provozní náklady s technologiemi spojené.

Základem inteligentních měst a obcí jsou, podobně jako u tzv. Internetu věcí (*IoT*), koncová zařízení automatizovaně sbírající data pro informační systémy na vyšší úrovni, které tyto data ukládají, agregují, vyhodnocují a automatizovaně realizují odpovídající aktivity (např. usměrnění provozu prostřednictvím semaforů). Senzory nebo též čidla nebo snímače, která sbírají různé údaje (např. o provozu, znečištění ovzduší, apod.), tato data odesílají do vyšších prvků, které vzájemně data propojují a dále využívají. Součástí chytrých měst jsou pak často i nejrůznější mobilní aplikace, které umožňují obyvatelům využití těchto dat např. při plánování nejvhodnějšího dopravního spojení.

Využití technologií pro zvýšení bezpečnosti a pohodlí obyvatel nejen největších měst není ničím novým, v případě technologií 5G však půjde o plošné využití. Plochy se navíc podle účelu budou členit na tzv. kampusy, jež se budou odlišovat určitými specifickými požadavky na síť anebo služby elektronických komunikací, bezpečnost nebo použité aplikace.

Intelligentní dopravní systémy (ITS, dopravní telematika) integrují informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím za podpory ostatních souvisejících odvětví (ekonomika, teorie dopravy, systémové inženýrství) tak, aby se pro dopravní infrastrukturu i dopravní prostředky zajistily moderní postupy organizace a řízení dopravních a přepravních procesů, tedy aby se dopravní systém využíval efektivněji, bylo možné eliminovat dopravní problémy, optimalizovat přepravní výkony, zvýšit bezpečnost dopravy a zlepšit komfort pro řidiče a cestující.

Systémy řízení zdrojů jsou velmi oblíbené a rozšířené a zahrnují inteligentní sítě, inteligentní systémy solární a větrné energie a vodního hospodářství. Projekty patří do oblasti životního prostředí, ale i místní správy, ekonomiky a životního stylu.

Participační platformy zvyšují možnost angažovanosti a účasti občanů na správě veřejných věcí. Současné moderní technologie komplementárně doplněné informačními a komunikačními prostředky umožňují *on-line* sdílení, hlasování, rozhodování, *crowdsourcing*, koncipování platform, atd. Oproti stávajícím řešením uvedené aktivity můžou využívat možnosti streamování videa s extrémně vysokým rozlišením nebo streamování virtuální reality. Otevřená data poskytují možnost pro vytváření různých aplikací nebo účast na různých veřejných službách. Tyto metody jak podle účastníků, tak podle oficiálních zástupců správy a územní samosprávy, představují v oblasti správy i ekonomiky lepší metody než tradiční konvenční techniky. Obecně řečeno, cílem participačních platform je v konečném důsledku vytvářet a poskytovat lepší veřejné služby. Rozvoj informační a komunikační techniky podporuje možnosti vytváření takovýchto platform prakticky v kterémkoliv městě nebo obci.

Projekty inteligentního sousedství se zaměřují na vytváření městských čtvrtí a ekosystém sítí 5G přispěje prostřednictvím optimalizace procesů k uhlíkové neutralitě a udržitelnosti. Patří do oblasti inteligentního (*smart*) životního prostředí, mobility, ekonomiky a životního stylu. Jsou typicky vytvářeny pro život 10 až 40 tisíc obyvatel, buď na zelené louce nebo konverzí staršího využívaného území (např. *brownfield*). Slouží k posílení ekonomického a populačního významu města s tím, že jsou využívány nejmodernější informační a komunikační technologie k naplnění konceptu inteligentního města. Jedná se o holistické projekty, které reprezentují komplexní uchopení problému inteligentních měst v budoucnosti.

Testovací mikroinfrastruktura představuje pilotní testování a předvádění technologií pro inteligentní města. Propojují zejména Smart životní prostředí, mobilitu a ekonomiku. Infrastruktura se snaží propojit co největší množství fyzických objektů pomocí senzorů a systémů tak, aby dokázaly pracovat s minimálním lidským ovlivněním. Typickými příklady je zavádění monitorovacích systémů za pomoci senzorů pro veřejné osvětlení, řízení energetických toků, parkování, mobilitu, svozu odpadu, monitorování životního prostředí (kvalita ovzduší, vody, teplota), dobíjecích stanic pro elektromobilitu, využívání bezplatného *WiFi* apod.

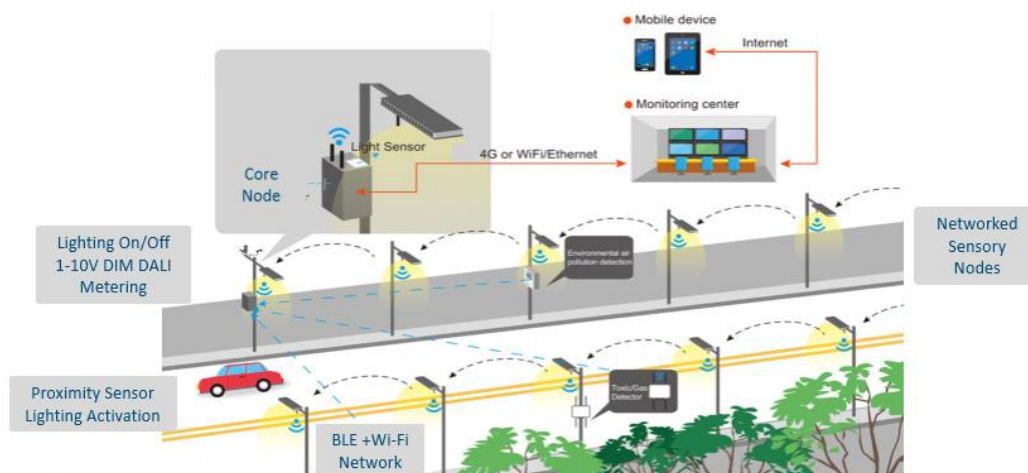
Datové sady a aplikace pro oblasti otevřených dat zahrnují dopravní předpovědi, prezentaci atraktivních míst, podporu cyklistiky, vizualizaci rozvoje města, prezentaci výsledků voleb, vyhledávání událostí, přihlašování do škol, rezervaci veřejných prostor, hledání nejlepších oblastí pro bydlení, parkování, podporu obchodních kontrol apod. Rovněž pomoc hendikepovaným osobám pro pohyb po městě.

Pro běžné využití tu budou aplikace, které budou využívat internet. Některé známe již dnes, jako například sledování a stahování videí, virtuální a rozšířenou realitu. Předpokládá se využití 360-ti stupňových videí, holografická komunikace a projekce, aplikace pro bezpečnost občanů. Mnohé služby ještě ani neznáme, budou se objevovat podle toho, jaká bude potřeba společnosti a jaké možnosti nabídnou technologie tak, aby nabídka spotřebitelům byla zajímavější a bohatší. Tyto služby se dají charakterizovat jako ultra široká mobilní komunikace, popsaná výše.

Intelligentní pouliční osvětlení je považováno za nejčastější řešení v rámci *Smart Cities*. Základ tvoří zařízení internetu věcí (*IoT*), které má potenciál při využití obousměrného přenosu informací obsáhnout následující technologie:

- **inteligentní senzory kompatibilní se systémy IoT** mohou shromažďovat údaje potřebné pro zkvalitnění života ve městech, např. informace o počasí, kvalitě ovzduší, teplotě a dále o množství chodců na chodnících, provozu motorových vozidel;
- **nabíjení elektrických vozidel může být začleněno do pouličních osvětlení;**
- **Wi-Fi hotspots** pro zkvalitnění pokrytí města rychlým internetem
- umožnění nasazení **Li-Fi technologie**.

Kromě toho inteligentní pouliční světla mohou být napájena z obnovitelných zdrojů, jako je sluneční nebo větrná energie, což znamená, že případně mohou posílat přebytečnou elektrickou energii zpět do energetické sítě.



Obrázek č. 5: Příklad činností Inteligentního pouličního osvětlení
(Zdroj: IoT Central)

Aspektů automatizace v rámci inteligentního pouličního osvětlení je celá řada a kromě níže komentovaných je nezbytné zmínit ještě podporu bezpečnosti, aktivní prvky pro síť 5G, možnost dobíjení aut i telefonů:

- **Dálkové monitorování**
Automatický systém pouličního osvětlení musí přes internet umožňovat sledovat aktuální stav. Důležitá data jako jsou provozní hodiny, spotřeba energie a vadná zařízení, musí být k dispozici.
- **Integrace s existující infrastrukturou**
Je nezbytné postupně modernizovat existující infrastrukturu.
- **Zabezpečení proti selhání**
Automatické systémy musí být navrženy tak, aby fungovaly autonomně i při přerušení připojení k internetu a za každého počasí.
- **Plán**
Automatický systém musí být založen na plánu provozu světel podle denní doby. Plány musí být dostatečně flexibilní, aby odpovídaly změnám časů východu a západu slunce v průběhu celého roku.
- **Manuální ovládání**
Zatímco systém by měl běžet bez lidského zásahu, konečná pravomoc k zapnutí nebo vypnutí pouličního osvětlení musí samozřejmě spočívat na lidech.
- **Integrace senzorů**
Automatické systémy by byly účinnější, pokud by mohly snímat intenzitu okolního světla. Například v mlhavých, bouřlivých nebo smogových podmínkách by bylo nutné aktivovat pouliční osvětlení bez ohledu na denní dobu. Automatické systémy by tedy měly zahrnovat integraci senzorů.
- **Bezdrátová povaha**
Automatické řešení pouličního osvětlení by mělo být založené na bezdrátových technologiích, a tím se vyhnout dodatečným výkopovým a stavebně-montážním aktivitám.

4.3 Inteligentní dopravní systémy, automatizovaná a autonomní mobilita

Sítě 5G budou mít významný dopad na rozvoj inteligentních dopravních systémů (ITS), zejména na kooperativní ITS (C-ITS). V případě kooperativních dopravních systémů budou moci sítě 5G rozšiřovat možnosti pokrytí a služeb poskytovaných koncovým uživatelům. V této souvislosti se předpokládá, že využití sítí 5G přinese zlepšení komunikace mezi vozidly (C2C), vozidly a infrastrukturou (C2I) a hlavně mezi vozidly a dalšími účastníky dopravního provozu (C2X). Tím se zvýší jak efektivnost, tak i bezpečnost. Potenciál sítí 5G existuje také v železniční dopravě, sítě 5G zvýší atraktivitu dopravy z pohledu cestujících, nabídnou novou kvalitu komunikačního kanálu pro přepravní a logistické procesy.

Další možnosti jsou spatřovány hlavně v oblasti zabezpečení železničních vozidel (například komunikace ETCS 2, zjišťování celistvosti vlaků). Aktuálně nejpokročilejší mobilní datové komunikace (4G) stále pracuje s centrálním bodem pro výměnu dat. Současný stav neumožňuje komunikovat mezi dvěma jednotkami (C-ITS) napřímo. Významným posunem pro tuto stávající situaci má být nasazení jednoho ze základních stavebních kamenů budoucí sítě 5G tzv. *edge computing*.

Datové sítě 5G jsou pro oblast automatizované a autonomní mobility, včetně autonomního vedení vlaků, předpokladem pro její rozvoj především s ohledem na potřebu zajištění stabilní, vysokokapacitní, rychlé a především bezpečné komunikace, ale také s ohledem na možnosti využití všech možností pokročilých sítí např. pro palubní *infotainment* a *entertainment* systémy či rozvoj souvisejícího sektoru služeb. Podpora pilotních projektů a reálného testování, a to včetně přeshraničních projektů, je oblastí, na které je nezbytné zaměřit konkrétní opatření včetně odpovídající finančního zajištění, což je rovněž v souladu se Sdělením EK Na cestě k automatizované mobilitě.

4.4 Elektronické zdravotnictví

Sítě 5G mají potenciál výrazně katalyzovat rozvoj služeb a aplikací elektronického zdravotnictví, které umožní hlubší integraci se zdravotními službami a podpoří tak modernizaci a reformy zdravotní péče. Mezi nejčastěji uváděné příklady nových služeb využívajících sítě 5G patří:

1. Telemedicina – všechny formy poskytování zdravotní péče na dálku využívající informační a komunikační technologie, buď pro výměnu informací mezi pacientem a poskytovatelem zdravotních služeb (lékařem) nebo mezi poskytovateli zdravotních služeb navzájem. Aplikace telemedicíny lze využívat v prevenci, diagnostice, léčbě, rehabilitaci i paliativní péči. Pro přenos dat mohou aplikace telemedicíny využívat postupně všechny fáze zavádění sítí 5G ve stávajících i nových částech radiového spektra. Přirozeně se ovšem nejdříve prosadí aplikace ověřené již v sítích předchozích generací, například ty, které se zaměřují na přenos aktuálních údajů biomedicínských parametrů pacientů na kliniky včetně moderních konceptů na bázi IoT (resp. IoHT – Internet of Healthcare Things) s využitím cloudových služeb. Výhody kvalitního přenosu zvuku a videa, např. pro telekonzultace v reálném čase, se budou moci plně rozvinout zejména v sítích 5G ve vyšších kmitočtových pásmech. Řečené platí i pro služby a aplikace na podporu zdravého životního stylu a pro komunikaci občanů a pacientů s databázemi obsahující užitečné informace ke zvýšení úrovně péče o vlastní zdraví a posílení jejich postavení v procesech zdravotní péče.
2. Virtuální realita, kde sítě 5G umožní vytvářet různé komunikující aplikace pro zlepšení péče o pacienty se specifickými chorobami, včetně personalizovaných programů na pomoc zvládání náročných operací, chorobných a jiných stavů, a též pro školení a zcvik zdravotnického personálu a výuku obecně.
3. Rychlý přístup ke zdravotním a dalším datům pro profesionály ve zdravotní péči v nemocnicích a ambulancích, záchranné službě a v domácí zdravotní péči. Do této oblasti aplikací patří také analýzy dat ze vzdálených databází, včetně tzv. velkých dat, využívání systémů umělé inteligence na podporu rozhodovacího procesu profesionálů při diagnostice a provádění výkonů ve zdravotních službách, komunikaci s roboty a datový provoz přístrojů a personálu v pokročile digitalizovaných nemocnicích.

4. V budoucnu umožní digitální technologie i nové formy poskytování zdravotní péče v místech blíže bydliště pacientů v rámci decentralizace zejména rutinních výkonů z nemocnic, například do ambulancí s využitím nových přístrojů a systémů vyžadujících velké datové toky mezi různými komponentami a vzdálenými specialisty.

5. Operativní přenos velkých souborů dat, které jsou generovány např. zobrazovacími technologiemi při diagnostice a výkonech a jsou uchovávány v úložištích nemocnic. Se zvyšující se rozlišovací schopností digitálních technologií pro pořizování snímků a obrazových sekvencí vznikají velké soubory dat, které jsou potřebné v urgentních případech bezprostředně, tak aby mohly posloužit ve vhodný okamžik při práci lékaře, který na ně nahlíží například prostřednictvím mobilního tabletu.

6. Asistivní technologie, které pomáhají starším osobám či osobám se zdravotním postižením zvládat běžné úkony, a dále technologie spadající svým zaměřením již do sféry sociálních služeb, nicméně jsou využívány pacienti a občané se zhoršeným zdravotním stavem. Takové technologie budou na dálku komunikovat například s informačními zdroji s geografickými informacemi a přenášet signály ze senzorů a kamer pro případný operativní zásah pečovatele, který nemůže být soustavně v blízkosti příslušné osoby. Řešení plně zapadá do konceptů Smart Homes a Smart Cities.

Výše uvedené služby a aplikace v různé míře vyžadují dostupnost přenosové kapacity pro rychlý přenos dat, rychlou odezvu, nízkou latenci, a to i v hustě osídlených či dočasně zalidněných místech. Teprve dosažení spolehlivého spojení v téměř reálném čase umožní bezproblémové začlenění digitálních technologií do procesů ve zdravotních službách, což je podmínkou pro tzv. digitální zdravotnictví. Vzniknou specifické požadavky na stabilní dostupnost sítí 5G s požadovanými určitými parametry.

Další a rovněž významný využití sítí 5G představuje jejich využívání pro zdravotní službu. Pro kombinované způsoby úhrady služeb spojených s telemedicínou bude nutné přísně odlišovat provoz v síti za účelem poskytování zdravotní služby od provozu mimo tuto službu. Navíc mohou existovat aplikace, pro které bude vhodné pořizovat přístup a kapacity v sítích 5G ve velkém měřítku, a přitom mít pod kontrolou jejich využívání jen pro daný účel, zejména pokud by měly být byt jen částečně hrazeny z veřejných prostředků. Dalším aspektem, který odráží sektorové požadavky na síť 5G, je pokrytí konkrétních území určitými typy služeb sítí 5G, neboť zdravotnická zařízení, která mohou v budoucnosti zavádět inovativní digitální služby se zvýšenými požadavky na přenosové kapacity a počet spojení nemusejí být umístěna vždy v centrech měst. Navíc mohou mít některé aplikace s digitálními technologiemi pro zdravotnictví potenciál pro udržení dostupnosti zdravotních služeb ve venkovských oblastech.

Z pohledu kybernetické bezpečnosti a důrazu na zajištění ochrany soukromí osob pak oblast elektronického zdravotnictví představuje významnou kapitolu. Nové zdravotnické technologie budou zpracovávat a přenášet velmi citlivé zdravotní údaje pacientů a další data, která musejí být odpovídajícím způsobem zabezpečena, a přesto být rychle dostupná autorizovaným uživatelům z řad lékařů, zdravotnického personálu, samotných pacientů nebo zdravotních pojišťoven. Všechny systémy elektronického zdravotnictví od telemedicíny po informační systémy nemocnic pak musejí být vysoce zabezpečeny před odposlechem, neoprávněnými přístupy a zásahy a malware.

4.5 e-Vzdělání

Digitální vzdělávání zásadně mění přístup k metodám učení. Rozšířená a virtuální realita ve vzdělávacím sektoru a budoucí média výrazně zvýší poptávku po mobilní vysokorychlostní komunikaci. Interaktivní účast na výukových setkáních s multimediálními aplikacemi (např. distanční vzdělávání atd.) je stále populárnější a moderní komunikační sítě otvírají v této oblasti zcela nové možnosti. Zvýšené využívání digitálních technologií ve vzdělávání dále usnadní trend směřující k individualizaci výuky, a proto splní požadavky lidí na výuku nezávisle na místě a čase.

Nabídky středního, vysokoškolského a dalšího vzdělávání připraví absolventy na profesní úspěch. Vzdělávání mládeže a dospělých umožní vznik nových povolání, která vytvoří platformu pro zavádění inovací. Nové vzdělávací metody rovněž umožní rekvalifikaci zaměstnanců.

V důsledku zavedení průmyslu 4.0, zavádění prvků umělé inteligence a nasazení nových technologií bude nezbytné v celé společnosti, a to ve všech věkových kategoriích občanů, se dlouhodobě a soustavně zaměřovat na rozvoj digitálních kompetencí a na rozvoj dalších dovedností, které v souvislosti s předpokládanými změnami na trhu práce a ve společnosti budou nezbytné: sociální dovednosti, kreativita, informatické myšlení a digitální gramotnost. Je tedy nutné podporovat zvyšování základních i pokročilejších digitálních dovedností žáků i učitelů, dokončit implementaci Strategie digitálního vzdělávání na roky 2014-2020 a nastavit nové strategické cíle v oblasti digitálního vzdělávání.

4.6 Chytré zemědělství (Smart Agriculture)

Významným oborem, na nějž bude mít rozvoj sítí 5G zásadní vliv, je zemědělství. Budoucí biologické, sociální a hospodářské výzvy, hrozící nedostatek přírodních zdrojů a klimatické změny podtrhnou potřebu nových komplexních přístupů a inovací v zemědělství. Na nové přístupy se zaměřuje Smart Agriculture (chytré zemědělství), které představuje zemědělství, potravinářství a lesnictví, zahrnující udržitelné hospodaření s přírodními zdroji formou precizních postupů, udržitelnou zemědělskou produkci při snižujících se dopadech na životní prostředí a klima a produkci kvalitních a bezpečných potravin.

V oblasti Smart Agriculture umožní nové technologie jako umělá inteligence, robotika, blockchain, internet věcí, vysoce výkonná výpočetní technika a rychlé vysokorychlostní připojení hlubokou transformaci zahrnující možnosti monitoringu, automatizace, sledování a analýzy zemědělských a průmyslových operací. Daleko více budou využívány senzory pro dobytek, krmné, dojné, uklízející či naváděcí systémy (plně autonomní dojíací roboty, krmné boxy, navádění strojů pomocí GPS, bezpilotní letouny, drony včetně využívání družicových dat). Všechna uvedená zařízení umožní velké úspory nákladů a šetrné hospodaření. K úsporám a ohleduplnějšímu postoji vůči životnímu prostředí bude docházet díky možnosti variabilního dávkování osiva, hnojiv a dalších přípravků, monitoringu teploty, vlhkosti, chemického složení půdy a zdravotního stavu zvířat. Přenos velkých objemů dat ze vzdálených senzorů a robotů v krátkém čase umožní farmáři okamžitě reagovat na nastalou situaci a realizovat potřebná opatření. Lze předpokládat, že rozvoj uvedených technologií přinese zlepšení kvality života ve venkovských oblastech s potenciálem přilákat mladší generaci a zastavit postupné vylidňování venkova.

4.7 Smart Kultura

Kultura svými charakterem je důležitou součástí i reflexí změn vedoucích k tzv. společnosti 4.0 - kultura 4.0 je toho procesu logickou a nutnou součástí. Česká republika prochází z důvodu rychlého technologického vývoje zásadními změnami. Digitalizace, automatizace, robotizace SMART řešení či rozšířená realita jsou novými agendami dynamicky se měnícího světa. Přináší jak pozitivní, tak i negativní dopady, nároky i nové možnosti pro celou společnost. Kultura „per se“ umožňuje překlenovat problémy vznikající mezi člověkem a technologiemi. Staví na první místo člověka. Personalizovaná a na míru jednotlivce uzpůsobená řešení jsou udržitelná, mohou vést ke změně diskurzu a umožnit vnímat svět jako dobré místo pro život. Svými přístupy a stimulací kreativity vytváří nová řešení - inovace a celé nové formy ekonomiky. Smart kultura má potenciál zvýšení dostupnosti informací o české národní identitě a zároveň i možnost zvýšení povědomí o České republice za pomoci využití moderních „SMART“ řešení, jako je například virtualizace, digitalizace, rozšířená realita a další cílené možnosti nabídky kulturních informací v místě, kde se uživatel aktuálně nachází, co skýtá daná lokalita za kulturní objekty a případné další zajímavosti v okolí apod.

4.8 Krizová komunikace a komunikace bezpečnostních a záchranných složek

Sítě 5G vytvoří podmínky pro nasazení a rozvoj řady aplikací pro podporu výkonu činností PPDR. Možnost poskytnutí detailních informací jednotkám PPDR zasahujícím v terénu (např. vizuální informace z místa

zásahu před příjezdem; vyspělá navigace; využití biometrických prvků při kontrole, ztotožnění a evidenci osob) či předání detailních informací z místa zásahu vzdáleným řídicím složkám (např. přenos videa v reálném čase) jsou klíčové při zvyšování efektivity a bezpečnosti výkonu činností PPDR. Přejít k postupům, které jsou více založené na výměně situačních informací před / během / po zásahu, a také během rutinních denních aktivit příslušných složek. Jde zejména o rychlou dostupnost přesných informací bez zkreslení (zejména ve formě videa a fotografie), které vzniká výměnou informací prostřednictvím hlasové komunikace. Tyto nové možnosti přinášejí efektivnější rozhodování, rychlejší mobilizaci příslušných složek PPDR a jednotek v dostatečném množství a k účinnějšímu propojení operačního řízení napříč jednotlivými složkami PPDR. Výsledkem je včasný a efektivnější výkon činností PPDR.

Nové aplikace, které zvýší bezpečnost a efektivitu činností PPDR a budou monitorovat životní funkce členů jednotek PPDR v reálném čase, budou důležitá zejména pro jednotky PPDR zasahující v nebezpečném a neznámém terénu při pozemních operacích (např. jednotky HZS ČR). Biomedicínská telemetrie zahrnuje např. monitorování / zaznamenávání / měření základních fyziologických funkcí a také dalších veličin jako např. kvality vzduchu v prostředí včetně přítomnosti toxických plynů, teploty okolního prostředí. Zasahující jednotky PPDR tyto informace předávají směrem k operačnímu řízení na místě zásahu a eventuálně také do vzdálených pracovišť. Využívání této aplikace je podmíněno dalšími investicemi např. do výstroje.

Biomedicínská telemetrie může být také v budoucnosti použita pro vzdálenou lékařskou pomoc (viz popis níže) a pro specifické aplikace jako např. identifikace osob (např. rozpoznávání obličejů, otisků prstů, očních duhovek, oční rohovky, chrupu, tělesných proporcí a pohybového vzoru). Tyto aplikace mohou být použity v rámci konkrétní činnosti (tj. během zásahu) i permanentně (tj. při dlouhodobém sledování pomocí kamerových systémů).

4.9 Ekosystém sítí 5G a spotřebitelé

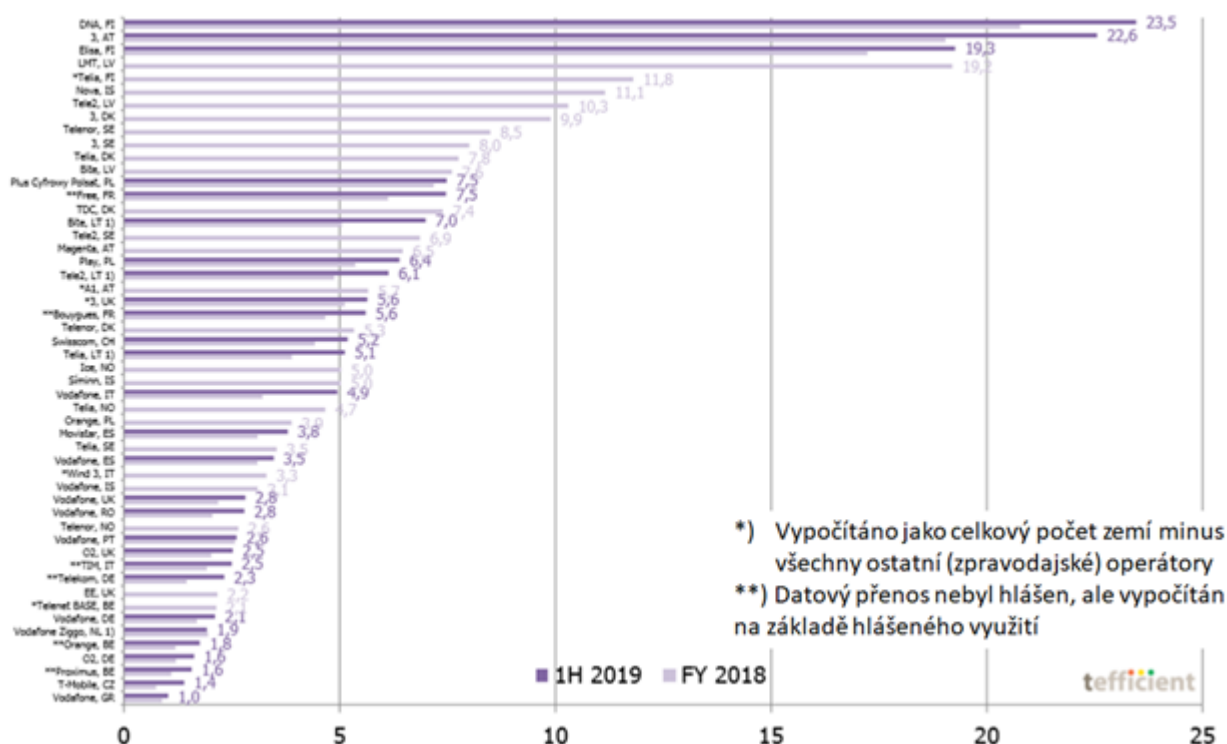
Běžný uživatel bude moci využívat řadu výše uvedených služeb, zejména z oblasti zdravotnictví nebo vzdělávání a zároveň tyto služby budou výrazně zvyšovat a zlepšovat jeho komfort, např. služby v oblasti chytré dopravy (větší objem a detail informací). Vzniknou však úplně nové služby, jejichž příkladem je živý holografický hovor nebo propojení rozšířené a virtuální reality s běžnou realitou (při chůzi městem bude možné z chytrých brýlí získávat informace o budovách, dopravě, čistotě ovzduší atd.).

Velmi vysoké rychlosti přenosů dat v sítích 5G zcela změní chování běžného zákazníka. Určitým vodítkem pro zjišťování, jak se změní chování zákazníků při neomezeném datovém tarifu, jsou prezentované výsledky zátěžového testu společnosti T-Mobile z léta 2019 na neomezenou spotřebu dat, podle kterých:

- průměrná měsíční spotřeba běžného zákazníka se pohybuje kolem 12,1 GB,
- přibližně 1/10 spotřebovaných dat byla využita v roamingu,
- 34 % datových přenosů bylo využito na přenos videa ze serveru YouTube, 14 % dat z Instagramu.

Přestože ceny datových tarifů jsou v České republice vyšší než průměr v EU podle DESI 2019⁷, se spotřeba českého zákazníka blíží spotřebě zákazníků mobilních sítí ve světě. Tuto skutečnost dokládá zpráva společnosti Tefficient při hodnocení zákazníků mobilních sítí za období 1. pol. 2019.

⁷ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/scoreboard/czech-republic>



Obrazek č. 6: Příklad měsíční spotřeby dat v GB na 1 SIM kartu u evropských operátorů mobilních sítí
(Zdroj: www.tefficient.com)⁸

5 Bezpečnost a rizika ve vazbě na síť 5G

Při budování sítí 5G je třeba vzít v úvahu mnoho aspektů bezpečnosti, jak na národní úrovni, tak z hlediska mezinárodní situace. Bude tak nezbytné již v počátcích plánování a budování sítí, při výběru jednotlivých dodavatelů řešit bezpečnostní rizika a důraz na zajištění soukromí jejich uživatelů. Bude potřeba se vyvarovat pořizování veškerých prvků sítě nebo komplexních řešení z jednoho neprověřeného zdroje. V tomto ohledu bude stát podporovat taková řešení, která neohrozí národní bezpečnost a budou v souladu s kroky, které bude podnikat Evropská unie.

5.1 Rizika

Rizika sítí elektronických komunikací (sítě 5G i předchozí mobilní systémy) lze pro orientaci rozdělit do dvou kategorií z hlediska potenciálních útočníků: vnějších aktérů kybernetických hrozeb (státy, hackeři, kyberkriminální skupiny) a dodavatelů se škodlivými záměry (dodavatelé hardwaru, softwaru, nebo provozovatelé služeb). Je ovšem třeba reflektovat, že toto dělení není striktní a uvedené skupiny útočníků mohou být provázané. Státní aktér může například zneužít svůj vliv na dodavatele a skrze něj proniknout do sítě. Riziko dále představují i tzv. insideři - jednotlivci pracující v dodavatelském řetězci s vlastní agendou, která může být v zájmu osobním, ekonomickém nebo vnějších aktérů. Z hlediska rizik na bázi CIA triády lze bezpečnost dat posílaných skrze síť 5G vyhodnotit následně:

⁸ <https://tefficient.com/wp-content/uploads/2019/09/tefficient-industry-analysis-3-2019-mobile-data-usage-and-revenue-1H-2019-per-operator-5-Sep.pdf>

Důvěrnost: Důvěrnost, tedy zajištění, aby k datům neměl neautorizovaný přístup cizí aktér, představuje problematický aspekt sítí elektronických komunikací jak sítě 5G, tak i předchozí mobilní systémy. Riziko útoku vnějších aktérů je nízké, ale je zde velmi významné riziko ze strany některých dodavatelů, respektive jejich úzkých vazeb na státní aktéry s potenciálně problematickými zájmy jdoucími proti zájmům ČR. **I v případě použití šifrované komunikace produkuje provoz na síti velké množství metadat, která mohou mít pro útočníka cenu.** Druhým problémem je možnost zpětného prolomení šifrování. Šifrování může být prolomeno v budoucnosti, až budou vyvinuty dostatečné technické prostředky (např. kvantové počítače). **Pokud si útočník data uloží, může je prolomit dodatečně. Takto získané informace mohou mít pro útočníka cenu i zpětně.** Struktura a samotná povaha sítí elektronických komunikací je potom pro dodavatele se škodlivým záměrem efektivní nástroj, jak tato data shromažďovat.

Integrita: Integrita dat (tedy jistota, že data nebyla pozměněna cizím aktérem) je v sítích elektronických komunikací ohrožena nejméně, ovšem za předpokladu používání koncového šifrování. Data se nacházejí na síti jen krátkou dobu, což snižuje jejich zranitelnost. Pouze v případě, že by útočník disponoval šifrovacím klíčem nebo jinou formou zadních vrátek (*backdoor*) umožňující rychlé rozšifrování, by byl schopen integrity dat v reálném čase ohrožit.

Zranitelnost: Každá digitální infrastruktura sítě 5G může být spojena s celou řadou generických technických slabín. Tyto mohou mít vliv na SW, HW anebo vznikají i na základě možných bezpečnostních chyb ve vnitřních bezpečnostních řídicích procesech. Vzhledem ke skutečnosti, že síť 5G budou založeny ze značné části na SW, existuje zde významné riziko a zranitelnost celé sítě vlivem nesprávného vývoje SW, úmyslného naprogramování SW s nevyžádanou specifickou funkcionalitou pro monitoring, sběr a odesílání informací prostřednictvím skrytých rozhraní pomocí zadních vrátek. Navíc je pravděpodobné, že se mohou objevit i další bezpečnostní slabiny sítě 5G, a to především v souvislosti s přechodem na software a virtualizaci prostřednictvím softwarově definovaných technologií (Software Definition Network – SDN) společně s virtualizací síťových funkcí (Network Functions Virtualization – NFV)

Dostupnost: Dostupnost dat je primární zranitelností sítí elektronických komunikací. Ačkoliv decentralizace zvyšuje odolnost sítě proti vnějším hrozbám, posílená role dodavatele v sítích 5G zvyšuje zranitelnost z jejich strany. Dodavatelé mají v případné snaze o narušení dostupnosti dat významnou výhodu v podobě přímé kontroly nad sítí nebo možnosti kontroly některých jejích elementů skrze *backdoor* apod. Pokud operátor, dodavatel nebo útočník zvenčí vyřadí z provozu klíčové části sítě, důležitá data přenášená skrze síť se téměř jistě stanou nedostupná.

5.2 Důraz na bezpečnost dodavatelského řetězce

Ačkoliv síť 5G nepřináší nové fundamentální slabiny a naopak díky vyšší míře decentralizace mohou posilovat bezpečnostní prvky proti vnějšímu napadení, **vykazují zvýšenou zranitelnost proti zneužití dodavatelem. Ta spočívá především ve zvýšené komplexitě výpočetních zařízení, která jsou nezbytná k fungování sítě 5G.** Tato zařízení mohou obsahovat slabiny jak softwarového, tak hardwarového charakteru. V případě neúmyslných bezpečnostních slabín přináší zvýšené riziko napadení vnějšími aktéry, ale především představují možnost záměrného zneužití ze strany dodavatele. Jak poukázala zpráva rady Huawei Cyber Security Evaluation Centre (HCSEC) ve Velké Británii, není v technologických možnostech ani vyspělého státu kontrolovat včas dostatečné množství produktů dodavatele a úzká spolupráce státu a dodavatelů, stejně jako v tomto případě, je v rámci sítě 5G naprosto zásadní a klíčová. **Ve výpočetních zařízeních, která budou součástí infrastruktury sítě 5G se tak mohou ukrývat neúmyslné i úmyslné slabiny ze strany dodavatele, které není možné efektivně vyhledávat a eliminovat.** Bez těchto výpočetních kapacit se ovšem chod sítě 5G neobejde. Vysoký výpočetní výkon potřebují například antény aplikující formování paprsků signálu, jeden z klíčových prvků sítě 5G. **Je velmi nepravděpodobné, že by stát dokázal otestovat, že žádné z těchto zařízení neobsahuje softwarové nebo hardwarové slabiny ze strany dodavatele, a je proto odkázán na důvěru v dodavatele těchto technologií.**

Druhým, problematickým, aspektem bezpečnosti je absence efektivního dělení na periferii a jádro ve snaze snížení latence. **Kvůli této nové decentralizované struktuře odpadá možnost rozdělit síť na jádro a periferii, čímž bylo u předchozích generací sítí možné zamezit vstupu podezřelých dodavatelů do citlivých částí sítě (jádro) a umožnit jim participaci pouze na okraji, kde je výrazně menší riziko.** Potenciálně citlivá data mohou být pravděpodobně vedena jakoukoliv částí sítě 5G a zneužita dodavatelem.

Rizikem spjatým se sítěmi 5G je rovněž důraz na rozvoj internetu věcí (*IoT*). Vpuštění velkého množství *IoT* zařízení do sítě bude pravděpodobně představovat významnou zranitelnost – zařízení *IoT* mají dlouhodobě problém se svou velmi nízkou úrovní zabezpečení. Taková zařízení zapojená do sítě 5G se mohou stát slabinou, přes kterou budou vedeny útoky na další komponenty.

5.3 Aktivity České republiky v oblasti kybernetické bezpečnosti sítí 5G

Česká republika přispěla k řešení kybernetické bezpečnosti sítí 5G sérií doporučení nazvaných **Pražské návrhy** (*Prague Proposals*), které ve 4 oblastech (politiky; technologie; ekonomik; a bezpečnosti, ochrany soukromí a odolnosti) shrnují hlavní perspektivy a principy, kterými je vhodné se pro bezpečné budování sítí 5G řídit, zejména pak oblasti vztahující se k bezpečnosti dodavatelských řetězců. Tyto závěry jsou globálně použitelné, přičemž některé státy (např. USA) se k nim oficiálně přihlášily.

Zájmem České republiky je udržet a dále rozvíjet vysoký standard bezpečnosti, který byl vyvinut v nestátní sféře a ve spolupráci se strukturami státu po léta udržuje státní instituce, firmy i občany v relativním kybernetickém bezpečí. Česká republika také skrze Národní úřad pro kybernetickou a informační bezpečnost podporuje a podílí se na spuštění nového systému EU bezpečnostních certifikací ICT produktů, procesů a služeb. Tento systém EU certifikací bude sloužit jako jeden z několika účinných stupňů, jež budou nutné pro zajištění bezpečnosti sítí 5G.

6 Mezinárodní, evropský a národní kontext

6.1 Predikce rozvoje sítí 5G

Společnost Ericsson ve své predikci⁹ předpokládá, že rozvoj sítí 5G bude enormně rychlý, v počátku ještě zaměřený zejména na personální komunikace - do konce roku 2024 pokrytí sítě 5G dosáhne 45 % světové populace, tj. cca 1,9 miliardy zákazníků bude používat služby sítě 5G. Prostřednictvím sítí 5G bude probíhat více než 20 % mobilního datového provozu. Během tohoto období se má celkový objem datového toku zvýšit osminásobně, hlavně v důsledku zvýšené konzumace obsahu koncovými uživateli.

Na konci roku 2023 má být prostřednictvím sítí 5G připojena více než polovina severoamerických (cca 63 %), téměř polovina asijských (cca 47 %) a pětina západoevropských mobilních uživatelů. Celosvětově největší penetrace se očekává v Číně, kde má do roku 2022 využívat služby sítí 5G téměř 600 milionů obyvatel země.

Kromě toho společnost Ericsson odhaduje, že globálně existuje asi 1 miliarda mobilních IoT připojení. Toto číslo by mělo v roce 2024 narůst na 4,1 miliardy. Mezi hlavní odvětví, která výhod vyplývajících z aplikace IoT využijí, budou patřit zejména zdravotnictví a doprava, v jejímž případě dotýčný systém umožní nasazení autonomního řízení, přinášejícího výhody v parametrech plynulosti dopravy, nehodovosti a celkově bezpečnosti dopravy dané zavedením automatizace v dopravě.

⁹ Ericsson Mobility Report: June 2019 (<https://www.ericsson.com/49d1d9/assets/local/mobility-report/documents/2019/ericsson-mobility-report-june-2019.pdf>)

Již v roce 2018 asociace GSMA¹⁰ identifikovala 154 operátorů mobilních služeb v 66 zemích, kteří zahájili testování technologií sítí 5G. Řada mobilních operátorů testovala rovněž klíčové 5G technologie zahrnující nová rádiová (NR) rozhraní, jenž pracují v pásmech spektra, která nebyla dříve využívána pro mobilní služby. Dále byl testován tzv. *Network Slicing*, který podporuje poskytování služeb přizpůsobených konkrétním typům zákazníků, kombinaci technologií *Massive MIMO*, která je potřebná pro dosažení velmi vysokých rychlostí a podporuje velmi nízké zpoždění při přenosu.

6.2 Evropské strategické aktivity pro podporu sítí 5G

Evropská komise zveřejnila Sdělení Komise Evropskému Parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů – **Akční plán 5G pro Evropu**, ze dne 14. září 2016 č. COM(2016) 588¹¹.

Sdělení konstatuje, že technologie 5G „*bude podporovat nové typy aplikací založených na připojení zařízení a objektů (tzv. internet věcí) a univerzálnost použití díky virtualizaci softwaru umožňující využití obchodních modelů v různých oborech (např. v dopravě, zdravotnictví, výrobě, logistice, energetice, médiích nebo zábavě). I když tyto transformace již byly zahájeny na bázi stávajících sítí, budou vyžadovat 5G, pokud mají v nadcházejících letech dosáhnout svého plného potenciálu*“.

Zdůrazňuje potřebu koordinovaného přístupu k řešení sítí 5G. Za klíčové byly označeny následující skutečnosti:

- Podpořit včasné zavádění sítí 5G ve velkých městských aglomeracích a podél významných dopravních cest;
- Podporovat celoevropské testování mezi více zainteresovanými subjekty;
- Uspříngovat danému odvětví implementaci pomocí fondu rizikového kapitálu na podporu inovací na bázi sítí 5G;
- Sjednotit přední aktéry v jejich úsilí o prosazení celosvětových standardů.

Další položky tohoto dokumentu k dosažení výše uvedených cílů stanoví postup pro identifikaci, harmonizaci a autorizaci spektra, monitoring zavádění spojů na vláknové optice, zřizování buněk sítí, dostupnost standardů a jejich uplatnění, provádění technologických experimentů aj.

Podle Evropské komise přínos národním ekonomikám prostřednictvím zavedení sítí 5G by mohl do roku 2025 dosáhnout hodnoty 113 miliard eur, celosvětový přínos do roku 2035 je odhadován na více než 12 bilionů dolarů.

V souvislosti s Akčním plánem 5G pro Evropu nelze opominout evropskou legislativu pro elektronické komunikace, která je soustředěná ve směrnici Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1972, kterou se stanoví **Evropský kodex pro elektronické komunikace**¹². Tento zásadní legislativní předpis je nastaven tak, aby podporoval rozvoj sítí 5G. Počínaje recitálem 24, který klade důraz na celistvost pokrytí městských oblastí a hlavních dopravních koridorů sítěmi 5G, přes řadu dalších recitálů až k článku 54 o časovém sladění přidělování kmitočtových pásem pro síť 5G.

Evropská komise se také zabývala kybernetickou bezpečností sítí 5G v souvislosti s nadcházejícím budováním sítí 5G¹³.

¹⁰ Global Progress to 5G -Trials, Deployments and Launches, Global mobile Suppliers Association, červenec 2018

¹¹ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/5g-europe-action-plan>

¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32018L1972>

¹³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019H0534&from=EN>
EU coordinated risk assessment of the cybersecurity of 5G networks“ z 9.10.2019:
https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=62132 (s.21)

Evropská komise vydala Doporučení 2019/534 ze dne 26. března 2019 „Kybernetická bezpečnost sítí 5G“. Doporučení se zabývá kybernetickými bezpečnostními riziky v sítích 5G a za tímto účelem stanoví pokyny, které se týkají vhodných opatření v oblasti analýzy a zvládání rizik na vnitrostátní úrovni, vypracování koordinovaného evropského posuzování rizik a zavedení procesu pro vytvoření společné „sady nástrojů“ obsahující osvědčená opatření k řízení rizik.

Doporučení Komise si klade za cíl:

- 1 posouzení bezpečnostních rizik ovlivňující sítě 5G a přijetí relevantních opatření na úrovni členských států,
- 2 koordinované řízení rizik na úrovni EU,
- 3 sestavení společného souboru opatření ke zmírnění bezpečnostních rizik týkajících se sítí 5G.

V rámci těchto úkolů počítá Komise se zahrnutím bezpečnostní certifikace a jejího rámce do celého systému.

Členské státy dne 9. října 2019 za podpory Komise a Evropské agentury pro kybernetickou bezpečnost zveřejnily zprávu o celounijně koordinovaném posouzení rizik v oblasti kybernetické bezpečnosti sítí 5G.

Na tuto zprávu navázala Rada EU pro Telekomunikace, když 3. prosince 2019 přijala závěry o významu sítí 5G pro evropské hospodářství a potřebě zmírnit bezpečnostní rizika spojená se sítěmi 5G. Tyto závěry zdůrazňují, že sítě 5G budou součástí klíčové infrastruktury států. Jedním ze stěžejních poselství závěrů je, že přístup k bezpečnosti sítí 5G musí být komplexní a založený na přístupu posuzování rizik. Zajištění bezpečnosti sítí 5G je považováno za průběžný proces, při kterém je potřeba během vypracování analýzy rizik vzít v úvahu technické i netechnické faktory, přičemž důležité komponenty mají pocházet pouze od důvěryhodných dodavatelů.

Česká republika přispěla k řešení kybernetické bezpečnosti sérií doporučení nazvaných Pražské návrhy z Mezinárodní konference o bezpečnosti sítí 5. generace konané ve dnech 2. a 3. května 2019, která byla zahájena předsedou vlády ČR. Pražské návrhy jsou globálně použitelné a byly též vstupem do diskuze nad společným přístupem k zabezpečení digitální komunikační infrastruktury na úrovni EU.

6.3 Klíčové aktivity ČR v oblasti podpory digitálních agend

Inovační strategie České republiky 2019-2030 – The Country for the Future

Pro zavedení sítí 5G je klíčová **Inovační strategie České republiky 2019-2030**. Zastřešuje klíčové rozvojové strategie a koncepce v ČR. Stanovuje základní cíl a vizi ČR. Do roku 2025 by se ČR měla zařadit do první desítky nejinnovativnějších zemí EU, do roku 2030 pak pokročit a zařadit se mezi sedm nejvíce pokrokových zemí¹⁴. K naplnění tohoto jsou na úrovni státní správy postupně koordinovány realizace souvisejících strategií. Proto v souladu s implementací vládního programu Digitální Česko¹⁵ se Česká republika hodlá zařadit mezi evropské lídry v oblasti umělé inteligence. Ta z povahy věci úzce souvisí s rozvojem sítí 5G a sítí s velmi vysokou kapacitou obecně.

Dokument z pohledu sítí 5G akcentuje v poměrně velkém detailu zejména výzkum a vývoj, podporu start-upů, digitalizaci státu, výroby a služeb, podporu mobility a příslušných stavebních činností. Excelentní výzkum v akademické i podnikové sféře vyžaduje finanční i nefinanční podporu a její koordinaci na nejvyšší úrovni k dosažení maximální efektivity. Pro úspěšnou a včasnou implementaci Inovační strategie České republiky 2019-2030, na kterou úzce navazuje tento dokument a jeho implementace, se proto předpokládá efektivní využití stávajících a budoucích nástrojů podpory EU, např. ve Víceletém finančním rámci pro roky 2021-2027, vč. Programu Digitální Evropa, Horizon Europe, InvestEU Nástroje pro propojení Evropy, Kreativní Evropa, atd.

¹⁴ Podle Global Innovation Index

¹⁵ Vláda dokument schválila usnesením ze dne 15. dubna 2019 č. 255.

Dokument „Národní strategie umělé inteligence v České republice (NAIS)

Dokument „Národní strategie umělé inteligence v České republice (NAIS)“¹⁶ řeší hlavní oblasti při dosahování Dílčího cíle Inovační strategie ČR 2030 – národní prioritní specializace ČR v oblasti umělé inteligence, přičemž jeden z hlavních cílů je koncentrace excelentního výzkumu a vývoje umělé inteligence (dále jen VaV AI), a to vybudováním Evropského centra excelence v ČR. Podpora VaV AI se dále soustředí jednak na oblast samotných 5G technologií a aplikací, dále pak na Průmysl 4.0, inteligentní dopravní systémy, automatizovaná a autonomní mobilita, zpracování velkých dat, chytrá města, apod.

Digitální Česko

Strategickou úlohu na národní úrovni pak má program **Digitální Česko** – vládní program digitalizace České republiky 2018+¹⁷ – zastřešuje tři pilíře, tři dílčí koncepce, které tvoří jeden logický celek. Pokrývá oblasti od interakce České republiky v Evropské unii v digitální agendě, přes digitální veřejnou správu, až po přípravu společnosti a ekonomiky ČR na digitalizaci.

Implementační plány programu Digitální Česko byly v roce 2019 rovněž schválené vládním usnesením¹⁸. Základní strategický materiál byl tak rozpracován do tří hlavních implementačních dokumentů: Informační koncepce České republiky, Česko v digitální Evropě a Digitální ekonomika a společnost. Z nich je pro zavedení sítí 5G zásadní dokument Digitální ekonomika a společnost, neboť stanoví dílčí cíl 4.4. – Efektivní rozvoj telekomunikačních sítí s ohledem na konkurenční prostředí na trhu a rozvoj digitální ekonomiky, aby bylo dosaženo vyšší dostupnosti služeb za přijatelné ceny.

Akční plán 2.0

Akční plán 2.0 k provedení nedotačných opatření pro podporu plánování a výstavby sítí elektronických komunikací, který se v současnosti nachází ve schvalovacím procesu, má za cíl vymezení okruhu existujících překážek a zvýšených finančních nároků, negativně působících při plánování a výstavbě sítí elektronických komunikací a dále existujících finančních bariér ovlivňujících provozování těchto sítí. V daném dokumentu byla vytyčena opatření pro postupnou eliminaci těchto negativních jevů. První verze Akčního plánu bezprostředně vycházela z Národního plánu rozvoje sítí nové generace¹⁹, Akční plán 2.0 navazuje na tuto předchozí verzi a identifikuje další nebo ještě nevyřešené překážky, včetně návrhu řešení a jejich garantů, rozvoje vysokorychlostních sítí elektronických komunikací, jež jsou technickým předpokladem rozvoje sítí 5G.

Akční plán k Memorandu o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR

Ministerstvo dopravy v rámci aktivit směřujících k rozvoji oblasti automatizované a autonomní mobility a souvisejících strategických dokumentech rovněž podporuje zavádění sítí 5G na území ČR, včetně podpory snižování bariér zavádění sítí 5G v městských a venkovských oblastech. **Akční plán k Memorandu o budoucnosti automobilového průmyslu v ČR**, na jehož implementaci se podílí několik klíčových ministerstev, zahrnuje opatření týkající se autonomního řízení a digitalizace, tj. podporu rozvoje vysokorychlostního internetu a související infrastruktury sítí elektronických komunikací podél dopravních cest, otevřená data pro podporu rozvoje mobility a digitálních služeb včetně vytvoření inovačně příznivého prostředí pro vznik, vývoj a testování nových digitálních a mobilních služeb.

V červnu 2019 Ministerstvo průmyslu a obchodu společně s Ministerstvem pro místní rozvoj vydalo dokument, který pomáhá stavebním úřadům i dalším subjektům rychle a efektivně rozhodovat v oblasti koordinace výstavby sítí vysokorychlostního internetu, tedy Metodickou pracovní pomůcku, která řeší vzájemný vztah mezi zákonem č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích, zákonem č. 194/2017 Sb., o opatřeních ke snížení nákladů na zavádění vysokorychlostních sítí elektronických komunikací, zákonem

¹⁶ Vláda dokument schválila usnesením ze dne 6. května 2019 č. 314.

¹⁷ Průřezový strategický dokument Digitální Česko vláda ČR schválila svým usnesením ze dne 3. října 2018 č. 629.

¹⁸ Jedná se o vládní usnesení ze dne 15. dubna 2019 č. 255.

¹⁹ Národní plán rozvoje sítí nové generace byl schválen vládním usnesením ze dne 5. října 2016 č. 885.

č. 183/2006 Sb., stavební zákon, a zákonem č. 416/2009 Sb., o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací²⁰.

Národní plán rozvoje sítí s velmi vysokou kapacitou

Vlastní strategie rozvoje vysokorychlostních sítí a služeb elektronických komunikací tak, aby je bylo možno využívat rovněž pro sítě.

Dokument Bezdrátové zemské systémy 5. generace (5G)

Český telekomunikační úřad vydal v březnu 2017 dokument **Bezdrátové zemské systémy 5. generace (5G)**²¹, ve kterém navrhl první scénář zavádění tohoto nového systému na území České republiky.

Sítě 5G mohou být účinným nástrojem rozvoje *SmartCities* podle konceptu, který gesčně koordinuje Ministerstvo pro místní rozvoj, které mj. vydalo metodiku konceptu inteligentních měst²². Metodika stanovuje definici a komponenty chytrého města, zabývá se synergií dopravy, energetiky a ICT se záměrem plánovitěho udržitelného vývoje. Dokument obsahuje i sady ukazatelů, které lze kvantifikovat a hodnotit.

V souvislosti s výše uvedenými cíli dochází v ČR k významnému nárůstu finanční podpory směřující do aplikovaného výzkumu zejména v průmyslu. Dále také masivní finanční podporou z fondů EU postupně dochází k stimulaci rozvoje průmyslového prostředí založeného na moderních technologiích, výzkumu, vývoji a inovacích.

Strategie mobilních komunikací pro bezpečnostní a záchranné složky

Strategický materiál v přípravě resortu MV. Jeho hlavním pilířem je využití sítí 5G pro podporu činnosti bezpečnostních a záchranných složek, krizového řízení a dalších komunikačních potřeb při zajišťování veřejného pořádku, národní bezpečnosti, ochraně majetku a zdraví obyvatel. Dokument je zaměřen na technologické možnosti zajištění komunikačních potřeb, zejména pak v oblasti přístupu k rádiovému spektru a možnosti využití sítí komerčních provozovatelů.

7 Souhrn implementačních kroků

7.1 Alokace kmitočtů v České republice a předpoklad jejich využití

Sítě 5G budou odlišné od předchozích technologií mimo jiné i využitím daleko většího počtu pásem rádiových kmitočtů.

Světová radiokomunikační konference Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) v roce 2015 (WRC-15²³) identifikovala řadu pásem vhodných pro systémy IMT-2020 (jak jsou v ITU označovány systémy 5G).

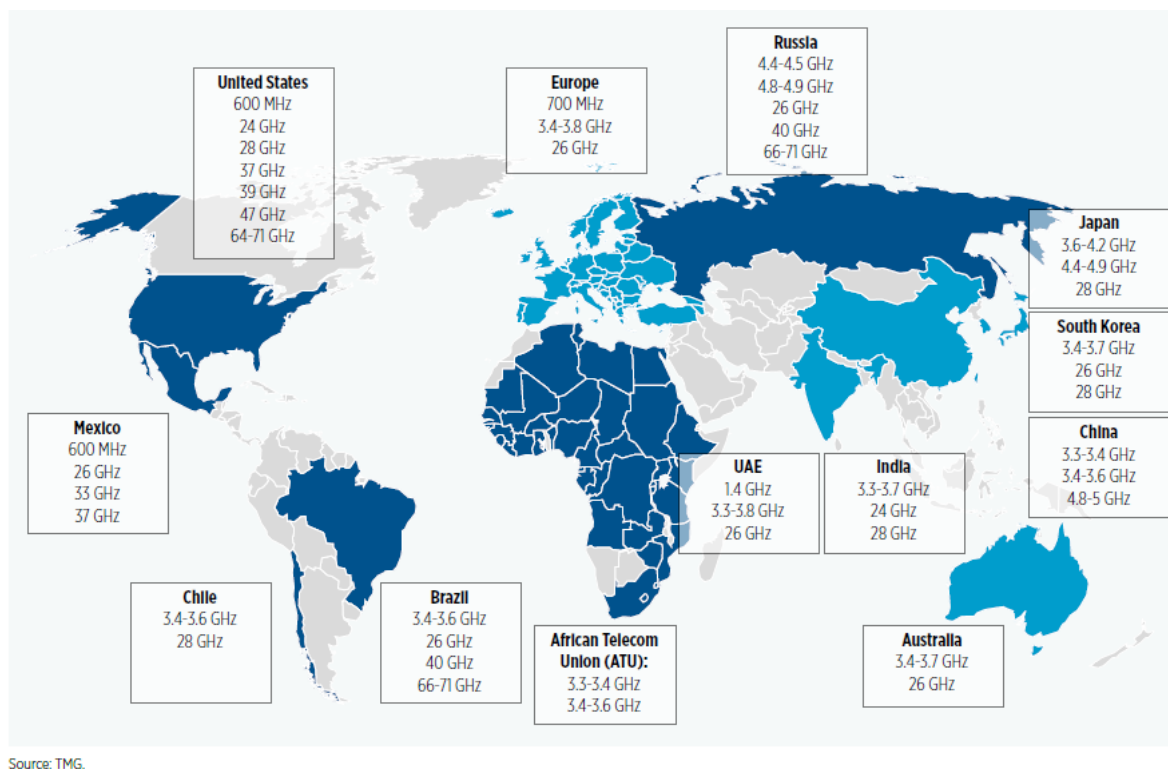
Přehled pásem rádiových kmitočtů jako hlavních současných pásem vhodných pro využití systémy 5G ve světě uvádí následující obrázek:

²⁰ <https://www.mpo.cz/cz/e-komunikace-a-posta/elektronicke-komunikace/narodni-legislativa-a-predpisy/metodicka-pracovni-pomucka--246718/>

²¹ <https://www.ctu.cz/bezdratove-zemske-systemy-5-generace-5g>

²² https://www.dotaceeu.cz/getmedia/9c597c78-8651-43a8-8d94-bc9f19da74c5/TB930MMR001_Metodika-konceptu-Inteligentnich-mest-2015.pdf

²³ <https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/2015/Pages/default.aspx>



Obrázek č. 7: Přehled pásem rádiových kmitočtů pro využití systémy 5G ve světě
(Zdroj: TMG)

V Evropě byla kmitočtová pásma 700 MHz, 3,4 – 3,8 GHz a 26 GHz identifikována jako prioritní pro zavádění systémů 5G a technické podmínky jejich užití byly harmonizovány. S cílem zpřístupnit tato pásma v členských státech EU co nejdříve byla již přijata prováděcí rozhodnutí EK ke každému z uvedených pásem Evropská harmonizace v pásmu 24,25 – 27,5 GHz byla přijata ještě před konáním konference WRC-19. Tato konference po proběhlých studiích ITU rozhodla o určení tohoto a některých dalších pásem v oboru milimetrových vln pro IMT-2020 a potvrdila podmínky jejich užití. V rámci EU bylo pro potřeby sítí 5G také identifikováno využití kmitočtových pásem 66–71 GHz a 40–43 GHz. Tato pásma, společně s dalšími již identifikovanými, vytváří základ pro vstup dalších subjektů na trh sítí 5G. Dalším přijatým opatřením EU je postupná úprava technických podmínek užití pásem pro *MFCN* harmonizovaných v minulosti²⁴, tak, aby v nich mohly být provozovány sítě 5G, resp. stávající sítě na systém 5G přecházet. Následovat bude harmonizace dalších pásem s kmitočty desítek GHz.

Vydané harmonizační dokumenty jsou v ČR implementovány Českým telekomunikačním úřadem oprávněnými obecně povahy – plánem využití rádiového spektra a všeobecnými opatřeními.

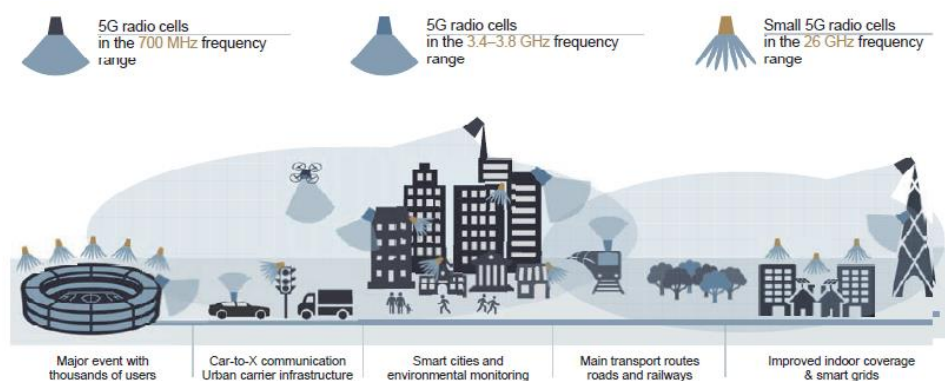
Výběrové řízení formou aukce za účelem udělení přidělu rádiových kmitočtů v pásmu 700 MHz bylo iniciováno 26. června 2019 veřejnou konzultací²⁵ k textu Vyhlášení výběrového řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítí elektronických komunikací v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400–3600 MHz.

V tomto ohledu je zapotřebí také počítat s využitím všech pro mobilní sítě dosud harmonizovaných pásem i s alokací dalších pásem, které se uplatní pro potřeby jak železniční, tak silniční dopravy. V rámci podmínek aukce budou stanovena tzv. rozvojová kritéria, kdy, jak a v jaké kvalitě má dojít k pokrytí dopravní infrastruktury, zejména železniční a silniční sítě TEN-T.

²⁴ Jedná se o pásma 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz a 2600 MHz.

²⁵ <https://www.ctu.cz/aukce-700/verejna-konzultace>

Bude potřeba diskutovat rovněž problematiku budoucích tzv. kampusových sítí.



Ofcom 2017: update on 5G spectrum in the UK

Obrázek č. 8: Příklad využití 5G prioritních pásem pro různé aplikační scénáře
(Zdroj: Update on 5G Spectrum in the UK, Ofcom 2017)

7.2 Základní předpoklady implementace sítí 5G v ČR

1. Podpora **rychlého rozvoje sítí 5G v konkurenčním prostředí** a realizace opatření uvedených v Akčním plánu 2.0 k provedení nedotačných opatření pro podporu plánování a výstavby sítí elektronických komunikací.
2. Usnadnění **realizace propojení základnových stanic optickými kabely**, případně jinými sítěmi s velmi vysokou kapacitou.
3. Vytvořit podmínky pro spolupráci poskytovatelů služeb sítí elektronických komunikací s vlastníky nebo provozovateli budov, pouličních lamp a dopravní infrastruktury za účelem kolokace technologických prvků sítí 5G.
4. Podpora možnosti **společného využívání pasivní infrastruktury (kolokací)** pro rozvoj buněk 5G.
5. Podpora **výstavby sítí při udržení kontroly nad ochranou zdraví veřejnosti**, tj. připravit infrastrukturu a povolovací procesy na rozvoj a výstavbu sítí 5G.
6. Podpora **harmonizace 5G spektra** na globální a evropské úrovni.
7. Umožnění **využívání rádiových kmitočtů mobilními sítěmi 5G** ve všech harmonizovaných kmitočtových pásmech pod 6 GHz.
8. **Zpřístupnění kmitočtového pásma 26 GHz.**
9. **Zintenzivnění spolupráce s orgány památkové péče** pro usnadnění zavádění sítí 5G.
10. **Posílení legislativního i nelegislativního rámce umožňujícího ekonomicky příznivé využití rádiového spektra pro testovací provoz** v reálných tržních podmínkách.
11. Propagace a **podpora spolupráce mezi sektorem elektronických komunikací, sektorem uživatelského průmyslu i akademickou sférou a výzkumem.**
12. Zásadní význam má vytvoření prostoru pro dialog a spolupráci v podobě Fóra nebo **aliance pro rozvoj a implementaci sítí 5G** (účastníci aliance - telekomunikační operátoři, firemní sféra, státní správa a představitelé akademické obce). Mimo výměny zkušeností a formulace svých pohledů na rozvoj sítí 5G napomůže vyhledávání příležitostí pro využití sítí 5G a vzniku společných projektů a poskytne příležitost formulovat požadavky na procesy legislativní, exekutivní, standardizační a harmonizační.
13. Klíčové je, aby **všechny dotčené sektory identifikovaly svůj potenciál a specifikovaly své požadavky** pro oblast rozvoje a využívání sítí 5G.
14. S maximálním úsilím podpořit či iniciovat vznik **aktivit směřujících k realizaci projektů využívajících sítě 5G ve městech a obcích – „Smart City / Smart Village“**, s důrazem na vývoj, testování a implementaci konkrétních aplikací pro zvyšování kvality života občanů.

15. S ohledem na průmyslový charakter ČR prioritizovat využití sítí **5G v rámci rozvoje Průmyslu 4.0** společně s aplikacemi **umělé inteligence**.
16. Provádět vyhodnocování expozice elektromagnetickým zářením v souladu s hygienickými normami; při zavádění nových konfigurací anténních systémů posuzovat vliv zejména proměnné vyzařovací charakteristiky.
17. S ohledem na enormní počet zařízení připojených zejména k IoT a vyčerpání adresního prostoru IPv4 je nezbytné, aby provozovatelé přístupových sítí 5G zavedli a poskytovatelé služeb 5G aktivně nabízeli všechny služby s přístupem k IPv6 Internetu, se zachováním přístupu do IPv4 Internetu pomocí přechodových mechanismů (např. 464XLAT, NAT64/DNS64, Dual-Stack).
18. Trvalé zajištění vysoké úrovně kybernetické bezpečnosti budovaných sítí 5G a naplňování Pražských návrhů.

7.3 Podpora řešení „Smart Cities“

- Pro velká města (100 tis. obyv. a více) – ve velkoměstech je žádoucí postupně vybudovat síť 5G se všemi parametry, které se nebudou odlišovat od světového standardu. Uplatní se zde všechny typy služeb popsané výše. Vzhledem k velké koncentraci obyvatelstva a firem nejrůznějšího druhu, budou se technická řešení vyznačovat poměrně rychlou návratností investic a vynikající udržitelností. Investoři z řad soukromých firem, ať již finančních nebo odborných, nebudou muset spoléhat na podporu státu – s výjimkou odstraňování legislativních a formálních překážek.
- Pro aglomerace se středně velkými městy od 10 do 100 tisíc obyvatel se rovněž předpokládá plné zavedení sítí 5G s vazbou na místní podmínky, jak geografické, tak především ekonomické – podle toho, jaká průmyslová či zemědělská výroba se v dané oblasti nachází. I zde se nepředpokládají problémy s návratností investic a jejich udržitelností, nicméně pro rozvoj místního průmyslu a zlepšení života společnosti bude vhodné využít různých finančních nástrojů, včetně veřejné podpory.
- Pro oblasti s menšími obcemi a pro odlehle oblasti se předpokládají taková řešení, která budou udržitelná a přitom uspokojí potřeby obyvatel a návštěvníků. Pro tyto oblasti je potřeba počítat i s požadavky, které bude mít na nové technologie a služby turistika a cestovní ruch. Předpokládá se, že se zde síť 5G budou lišit hustotou základnových stanic a nebudou využita vyšší kmitočtová pásma. Počítá se rovněž s možností poskytnutí veřejné podpory.

7.4 Pokrytí hlavních dopravních uzlů a koridorů

Velmi důležitým aspektem rozvoje sítí 5G je využití nových technologií v dopravě. Pokrytí dopravních uzlů a koridorů, zejména železniční a silniční infrastruktury spadající do sítě TEN-T, je zásadním krokem pro uspokojení všech nároků na vysokorychlostní elektronickou komunikaci ať obyvatelstva nebo dopravců. Cílem je pokrytí těchto důležitých oblastí sítěmi a službami 5G ve škálování, které odpovídá důležitosti a zatížení těchto oblastí. Jedná se o investičně náročná řešení, proto se – zejména ve fázi budování těchto sítí – zvažuje možnost využití různých forem investiční pomoci z veřejných zdrojů.

Podpora z Evropských strukturálních a investičních fondů Evropské unie je zaměřena na významné oblasti života společnosti, proto bude vhodné pro určitá řešení i v oblasti budování sítí 5G zvážit i využití jiného z programů, a to Integrovaný regionální operační program (IROP) spravovaný Ministerstvem pro místní rozvoj.

7.5 Role státu při budování sítí 5G

Hlavní roli při budování sítí 5G hrají podnikatelé v elektronických komunikacích a dalších souvisejících odvětvích.

Stát plní svou roli zejména v oblasti

- **regulatorní** – přičemž hlavním cílem je **odstraňování bariér** zpomalujících budování a provoz komunikačních sítí a **zajištění pravidel hospodářské soutěže**,
- **strategické** – přičemž strategické cíle v oblasti digitalizace představují nezbytnou podmínku pro další rozvoj a specializaci národní ekonomiky.
- **bezpečnostní** – zejména s ohledem na budování a správu kritické infrastruktury a také s ohledem na zajištění kybernetické bezpečnosti,
- **podpůrná** – prioritizace a strategická specializace, platforma pro komunikaci všech aktérů, financování průmyslového výzkumu, atd.

Úloha státu je zásadní zejména ve vytváření vhodných a nediskriminačních podmínek pro budování a bezpečný provoz komunikačních sítí.

Stát zároveň musí pružně reagovat a přijímat vhodná legislativní i exekutivní opatření, kterými podpoří co nejširší hospodářskou soutěž na trhu služeb poskytovaných prostřednictvím sítí 5G, aby zajistil, že příležitosti spojené s rozvojem těchto sítí budou dostupné pro co nejširší okruh uživatelů.

Důležitým aspektem v tomto ohledu je úloha státu a státem zřízených organizací vytvářet vhodné podmínky pro budování a užívání sítí elektronických komunikací, zejména podél dopravní infrastruktury. Další možnosti využití nabízí také oblast energetiky, konkrétně přenosová soustava. Tyto sítě mohou být součástí kritické infrastruktury a jako k takovým je k nim třeba přistupovat nejen při jejich budování, ale i při jejich správě a provozu.

Na základě výsledků mapování prováděných v pravidelném intervalu Českým telekomunikačním úřadem či v rámci mapování zadaného ze strany Ministerstva průmyslu a obchodu (dále jen „MPO“) a projednání těchto výsledků s odbornou veřejností lze stanovit lokality, v nichž není v rámci obchodních záměrů možno vybudovat a hlavně ekonomicky udržet provozování sítí a poskytování služeb elektronických komunikací na takové úrovni a v takové kvalitě, která je požadovaná od technologií 4G+ a 5G. V těchto lokalitách bude stát hledat taková řešení, která budou uspokojivá jak pro koncové uživatele, tak pro poskytovatele služeb anebo provozovatele sítí elektronických komunikací.

8 Podpora rozvoje ekosystému založeného na sítích 5G

Společná Platforma pro síť 5G

Komplexnost prostředí sítí 5G na nich navázaných aplikací a služeb vyžaduje koordinovaný přístup. Z tohoto důvodu by měla za koordinace Ministerstva průmyslu a obchodu vzniknout společná platforma zahrnující relevantní subjekty, tj. zástupce státní správy (ministerstva, regulátoři), operátorů, akademické sféry, průmyslu, který bude využívat síť 5G (např. Průmysl 4.0, inteligentní dopravní systémy), zástupce měst rozvíjející *Smart Cities*, zástupce tvůrců aplikací pro síť 5G. Důležitá je koordinace v rámci strategie rozvoje sítí s velmi vysokou kapacitou tak, aby se synergicky rozvíjely jak fixní, tak mobilní síť a služby.

Podpora testování a pilotních projektů

S ohledem na dlouhodobý rozvoj realizace sítí 5G a na nich postavených aplikací, bude nezbytné provádět průběžné testování, experimenty a rozvíjení pilotních projektů. V této souvislosti je potřebné zjednodušovat podmínky pro realizaci pilotních projektů a provozování experimentálního provozu. Musí se tudíž identifikovat legislativní, ekonomické, technické nebo jiné překážky, které by komplikovaly provozování testování nebo experimenty nezbytné pro rozvoj sítí 5G a aplikací, a tyto překážky odstranit s cílem umožnit testování přelomových technologií, např. prostřednictvím vytvoření zvláštních režimů pro testovací prostředí (tzv. regulatorních *sandboxů*). Jednou z priorit je umožnit testování nových síťových řešení výzkumným organizacím mimo rámec komerčně přidělených frekvenčních pásem (určení pásem a podmínek jejich využití pro lokálně omezené testování nových funkcí zařízení a služeb). Zároveň je nezbytné podpořit tyto aktivity

finančně, a to buď prostřednictvím stávajících nástrojů podpory, nebo vytvořením dedikovaného nástroje pro oblast sítí 5G.

Rozvoj konceptu Smart Cities v rámci sítí 5G – testovací města

V souladu s cíli Digitálního Česka je žádoucí rozvíjet síť 5G v kontextu prosazování konceptu tzv. *Smart Cities* související např. s provozem městské infrastruktury, dopravních systémů včetně kooperativních dopravních systémů a automatizace, vodohospodářství, odpadového hospodářství, *e-government* nebo krizového řízení. V rámci této aktivity MPO společně s MMR vyhlásí soutěž, v níž podpoří několik měst (případně regionů), které nejvhodněji propojí aplikace konceptu Smart City s rozvojem 5G technologií. Cílem této aktivity je podnítit jednak rychlejší zavedení sítí 5G v ČR, ale také zejména podpořit rozvoj nových unikátních aplikací pro potřeby regionů, průmyslu, a v důsledku celé ekonomiky i společnosti.

Diskuze o vytvoření iniciativy podporující veřejný zájem při usnadnění, urychlení a zlevnění výstavby sítí elektronických komunikací ve městech a obcích, např. formou konceptu „obec 5G ready“.

Iniciativa „Obec 5G ready“

Rychlé a efektivní budování infrastruktury elektronických komunikací je veřejným zájmem státu. Cílem iniciativy je vytvoření vzájemné synergie městských či státem řízených organizací (obce, městské firmy, firmy ovládané státem, památkáři atp.) s cílem snížit administrativní zátěž, zrychlit komunikaci jednotlivých stran při výstavbě sítí či sjednotit přístup k otázkám věcných břemen a služebností. Ambicí ČR je meziročně zvyšovat počty měst a obcí s označením „Obec 5G ready“, neboť dlouhodobým veřejným zájmem ČR je budování digitální společnosti. Špičková infrastruktura elektronických komunikací ať už pevných či mobilní sítí je v tomto směru nezbytný základ pro úspěšný ekonomický rozvoj obcí a regionů.

Podpora průmyslových aplikací

S rostoucími požadavky na sofistikované procesy, které jsou pilířem iniciativy Průmysl 4.0, rostou i nároky na kvalitu elektronické komunikace a komunikační infrastruktury, proto spolupráce Průmyslu 4.0 a mobilních operátorů bude klíčová pro hledání funkčních obchodních modelů. Nelze však ani vyloučit, že by např. provozovatel průmyslového parku mohl poskytovat služby v rámci sítí 5G zajišťující aplikace pro konkrétní aspekty Průmyslu 4.0. Vhodná je též koordinace s Národním akčním plánem pro chytré síť (NAP SG), v oblasti přenosu elektrické energie a jejich telekomunikační infrastrukturou. Pokračovat bude také spolupráce s automobilovým průmyslem na tématu budoucnosti mobility s ohledem na specifický význam automobilového průmyslu pro ekonomiku ČR.

Kybernetická bezpečnost

Evropská komise vydala Doporučení 2019/534 ze dne 26. března 2019 „Kybernetická bezpečnost sítí 5G“. Doporučení se zabývá kybernetickými bezpečnostními riziky v sítích 5G a za tímto účelem stanoví pokyny, které se týkají vhodných opatření v oblasti analýzy a zvládání rizik na vnitrostátní úrovni, vypracování koordinovaného evropského posuzování rizik a zavedení procesu pro vytvoření společné „sady nástrojů“ obsahující osvědčená opatření k řízení rizik.

Česká republika přispěla k řešení kybernetické bezpečnosti sérií doporučení nazvaných Pražské návrhy z Mezinárodní konference o bezpečnosti sítí 5. generace konané ve dnech 2. a 3. května 2019, která byla zahájena předsedou vlády ČR. Pražské návrhy jsou globálně použitelné a byly též vstupem do diskuze nad společným přístupem k zabezpečení digitální komunikační infrastruktury na úrovni EU.

Vzdělávání a rozvoj digitální gramotnosti

Síť 5G výrazně přispěje k rozvoji a všudypřítomnosti digitálních technologií a online zdrojů ve vzdělávání. Ty budou využitelné pro osvětu v oblasti znalostí o sítích a službách těmito sítěmi poskytovanými a pro rekvalifikaci při vstupu zaměstnanců do Průmyslu 4.0. Rychlé a kvalitní připojení k internetu a využívání digitálních technologií ve školách a školských zařízeních podpoří nejen vzdělávací systémy na všech úrovních ale zároveň také růst digitální gramotnosti. Nový rozměr dostává výchova k odpovědnému a bezpečnému chování v kyberprostoru.

Speciální pozornost by měla být věnována vzdělávání (rekvalifikaci) odborníků z praxe v oblasti nových technologií.

Využívání evropských a národních prostředků

Na evropské a národní úrovni je možné a bude možné i do budoucna využívat různých forem programů za účelem podpory rozvoje sítí 5G a aplikací a služeb provozovaných v rámci sítí 5G, včetně výzkumu a vývoje. Ekosystém sítí 5G má přesah do dalších oblastí jako jsou dopravní systémy, včetně kooperativních dopravních systémů a automatizace (autonomní vozidla, autonomní vedení vlaků), elektronizace a digitalizace výkonu zdravotnictví, průmyslová automatizace a robotizace apod. Proto bude vhodné podporovat z evropských i národních zdrojů relevantní synergie v kontextu rozvoje sítí 5G. Konkrétní možné finanční mechanismy podpory jsou uvedeny v samostatné kapitole.

Konkrétní možnosti finanční podpory z veřejných zdrojů

1. **Transevropské sítě:** Na vybudování, respektive rekonstrukci, hlavních dopravních uzlů a koridorů se nabízí využití CEF, **Nástroje pro propojování Evropy**, jenž je zaměřen na poskytování finanční pomoci Unie na transevropské sítě k podpoře projektů společného zájmu v odvětvích dopravních, telekomunikačních a energetických infrastruktur a k využívání potenciální synergie mezi těmito odvětvími. Tento investiční finanční nástroj byl zřízen pro financování projektů v letech 2014 až 2020, ovšem počítá se s tím, že podobným způsobem bude využíván i CEF II pro léta 2021 až 2027. V případě nástroje CEF II v oblasti telekomunikací nepůjde jen o čisté pokrytí tzv. koridorů komunikační infrastrukturou, ale zejména o testování a implementaci nových řešení v oblasti využívání 5G technologií v daných relacích. Česká republika vedle koridoru z Berlína přes Prahu a Brno dále na jihovýchod, prosazuje, aby mezi klíčové podporované projekty v rámci CEF II patřila i relace Praha – Mnichov, zvláště že ČR i Bavorsko patří k oblastem, kde je vysoce rozvinutý průmysl a jsou silně podporovány investice do výzkumu a vývoje v oblastech Průmyslu 4.0, budoucnosti mobility, Smart City, umělé inteligence atd.
2. **Kohezní politika (fondy ESIF) a další programy EU:** K financování projektů na budování sítí 5G a obecně vysokorychlostních sítí elektronických komunikací slouží Operační program podnikání a inovace pro konkurenceschopnost pro období 2014 - 2020. Prioritní osa 4 „Rozvoj vysokorychlostních přístupových sítí k internetu a informačních a komunikačních technologií“ je strategicky zacílena bodem 4.1 „Zvětšit pokrytí vysokorychlostním přístupem k internetu“. Výzvy připravené MPO v posledním roce se setkávají s velkým ohlasem a směřují do míst, kde je pokrytí infrastrukturou pro vysokorychlostní internet nejvíce potřeba. Rozvoj digitální infrastruktury bude jednou z důležitých priorit právě také u připravovaných operačních programů pro období 2021 až 2027. Výzvou pro ČR zůstává zvýšení účasti českých subjektů v přímo řízených programech EU. Jedná se zejména o programy Horizon Europe, Connecting Europe Facility a Digital Europe, jež budou zahájeny v roce 2021, ale již dnes probíhá intenzivní příprava aktivit a priorit těchto programů, které budou mít rozpočet cca 100 mld. EUR (Horizon Europe) a cca 10 mld. EUR (Digital Europe).
3. **Průmyslový výzkum digitalizace, inovace, specializace:** Ministerstvo průmyslu a obchodu přichází s několika programy na podporu průmyslového výzkumu a inovací – zejména se jedná o zcela nové klíčové programy TREND a The Country for the Future. Zapojení se do průmyslového výzkumu bude prioritou pro získání investic do uvedených technologií a aplikací. Vývoj aplikací a řešení s využitím sítí 5G bude jednou z prioritních oblastí dalších připravovaných výzev.
 - a. **Program The Country for the Future (CFF).** Zcela zásadním krokem, posilujícím dynamiku rozvoje podnikatelského prostředí v souladu s Inovační strategií 2019-2030, je **vládou schválený program finanční podpory „The Country for the Future“**. Tento program umožní mimo jiné vznik a další rozvoj center pro digitální inovace (tzv. Digital Innovation Hubs, DIH) na území ČR. Tato centra budou poskytovat detailní podporu podnikatelů mimo jiné při digitální transformaci jejich průmyslových podniků, a to od strategického rozhodování, přes testování a ověřování vhodných řešení až po metodické vedení, nebo také zvyšování digitálních dovedností svých zaměstnanců.

Mezi další oblasti podpory programu patří podpora Start-up a Spin-off prostředí v ČR a podpora rozvoje podnikových inovací. Předpokládané celkové výdaje na program činí 9 100 mil. Kč, z toho **6 100 mil. Kč z výdajů státního rozpočtu**. Program je navržen na období 2020-2027

- b. **Program TREND.** Dalším klíčovým nástrojem podpory rozvoje inovací a průmyslového výzkumu v podnikatelského prostředí v ČR je **program TREND**, který připravilo MPO a který je aktuálně implementován agenturou TA ČR. Je rozdělen na dvě oblasti podpory. První směřuje k podpoře rozvoje podniků, které jsou již pokročilé v oblasti výzkumu a vývoje a podpora tak cílí na jejich další rozvoj směrem k technologickým lídrům. Druhá oblast podpory je zaměřena na úplné nováčky v oblasti aplikovaného výzkumu, přičemž jsou minimalizovány nároky na finanční historii uchazeče. Program bude realizován v období 2020 – 2027, hlavními příjemci podpory v programu jsou podniky řešící projekt samy, nebo ve spolupráci s výzkumnými organizacemi. Předpokládané celkové výdaje projektů v programu činí 15 mld. Kč, z toho téměř **10 mld. Kč tvoří podpora ze státního rozpočtu**. V rámci dalších výzev tohoto programu se předpokládá mj. podpora projektů, které budou zaměřené na vývoj konkrétních nových řešení postavených na technologiích sítí 5G.

4. **Sektorově specifický výzkum:** K podpoře výzkumu a vývoje v oblasti digitalizace lze využít také dalších národních programů, např. **programu DOPRAVA 2020+ Ministerstva dopravy** implementovaného TA ČR, jehož jeden ze čtyř specifických cílů je „Automatizace, digitalizace, navigační a družicové systémy“. Program DOPRAVA 2020+ je sedmiletý s dobou realizace 1. 1. 2020 – 31. 12. 2026 a celkovými výdaji 2 437,5 mil. Kč, z toho 1 950 mil. Kč z výdajů státního rozpočtu.
5. **Podpora investic s vysokou přidanou hodnotou:** V souladu s Inovační strategií ČR 2019-2030 mění Česká republika zcela zásadně způsob podpory investic. V rámci pilíře „Chytré investice“ se tak tato podpora zaměřuje na investic s vysokou přidanou hodnotou a zejména těch, kde bude zajištěna spolupráce s excelentními výzkumnými organizacemi či zapojení inovativních malých a středních českých firem. Jako naplnění této strategie byla již realizována komplexní novelizace zákona o investičních pobídkách účinná od 6. září 2019. Dalším krokem je příprava nového programu **Smart Parks for Future**, který bude podporovat mj. zavedení infrastruktury pro vysokorychlostní internet, včetně sítí 5G, v průmyslových zónách, které budou zaměřeny na technologicky vyspělé firmy s ekologicky šetrnou produkcí.

9 Implementační milníky rozvoje infrastruktury sítí 5G

Klíčovými milníky z hlediska národního a mezinárodního významu jsou následující realizace: projekt *Smart Cities* v 5 vybraných testovacích městech v roce 2020, pokrytí hlavních dopravních koridorů a 95 % katastrálního území každého města nad 50 000 obyvatel v roce 2025. Milníky uvedené v následném přehledu jsou hlavními aktivitami, které MPO, úřady státní správy a řada dalších institucí ve spolupráci se soukromou sférou budou pro implementaci sítí 5G v České republice realizovat. Budou realizovány a podpořeny řadou dílčích kroků.

2020

I. čtvrtletí

1. **příprava Aukce kmitočtů** a dokončování potřebných kroků k výběrovému řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítí elektronických komunikací v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400-3600 MHz
2. **program CFF** – vyhlášení výzvy na podporu zavádění podnikových inovací

3. **příprava projektu 5G Smart Cities** – MPO a MMR společně připraví projekt zaměřený na *Smart Cities* v kontextu rozvoje sítí 5G
4. **zahájení činnosti 5G platformy**
5. rozvoj přeshraniční spolupráce s okolními státy (např. Německem) se zaměřením mj. na budování sítí 5G, vývoj aplikací a technologií využívajících sítě 5G
6. výběr pěti testovacích *Smart Cities* v kontextu rozvoje sítí 5G
7. realizace aukce kmitočtů pásma 700 MHz a pásma 3400–3600 MHz
8. **spolupráce na přípravě OP K** – zaměření na budování infrastruktury pro vysokorychlostní komunikaci

II. čtvrtletí

1. uvolnění pásma 700 MHz podle nařízení vlády č. 199/2018 Sb., o Technickém plánu přechodu zemského digitálního televizního vysílání ze standardu DVB-T na standard DVB-T2, a jeho autorizace pro využití v rámci budoucích 5G sítí
2. dokončení změny Plánu využití rádiového spektra pro kmitočty 26 GHz
3. zahájení realizace dalších experimentů a testování sítí 5G
4. **program Smart Parks for Future** – program podpory rozvoje průmyslových zón bude nově zaměřen na dostatečné zasíťování sítěmi 5G pro průmyslové aplikace
5. **program TREND** – výzva zaměřená (bonifikace) na podporu výzkumu a vývoje aplikací a technologií využívajících sítě 5G
6. finalizace Radiokomunikačního řádu ze strany Mezinárodní telekomunikační unie

III. čtvrtletí

dokončení Národního plánu rozvoje sítí elektronických komunikací s velmi vysokou kapacitou v souvislosti s přípravou nového programovacího období 2021-2027

2021

aktualizace Národní kmitočtové tabulky podle Radiokomunikačního řádu Mezinárodní telekomunikační unie (v návaznosti na dokumenty ITU)

2023

pokrytí 95 % obyvatel vybraných obcí zvláště uvedených v podmínkách aukce kmitočtů pásma 700 MHz podle podmínek aukce kmitočtů pásma 700 MHz

2025

1. pokrytí 100 % rozsahu úseků železničních a silničních koridorů spadajících do celoevropské sítě TEN-T v kategoriích „Core Network“ a „Comprehensive Network“ podle podmínek aukce kmitočtů pásma 700 MHz
2. pokrytí 95 % katastrálního území každého města nad 50 000 obyvatel podle podmínek aukce kmitočtů pásma 700 MHz
3. pokrytí 70 % obyvatel České republiky podle podmínek aukce kmitočtů pásma 700 MHz

2027

pokrytí 90 % obyvatel každého okresu České republiky a 70 % území každého okresu České republiky podle podmínek aukce kmitočtů pásma 700 MHz

2030

pokrytí 99 % obyvatel každého okresu České republiky a 90 % území každého okresu České republiky podle podmínek aukce kmitočtů pásma 700 MHz.

10 Závěr

Při rozvoji síťové infrastruktury elektronických komunikací je potřeba zohledňovat technologické změny ve světě, tj. v projektech zohledňovat řešení kombinující existující infrastrukturu s novými možnostmi vyplývajícími ze zavádění sítí 5G, internetu věcí, big data, umělé inteligence a dalších nových technologií. Z toho důvodu bude nezbytné vytvářet vlastní digitální platformy, které budou přirozeně kompatibilní s globálním informačním prostorem, což následně umožní v Průmyslu 4.0 zavádět nové organizační výrobní procesy, finanční služby a logistiku. V příštích několika letech by se měly prostřednictvím soukromého kapitálu rychle a efektivně implementovat digitální technologie do všech sfér ekonomiky, což následně přispěje ke zvýšení konkurence, ekonomickému růstu, snížení cen výrobků, zvýšení produktivity a zlepšení pracovních dovedností.

Rozvoj globální telekomunikační infrastruktury využívající standard LTE nakonec dosáhne svého technologického stropu. Zavedením sítí 5G se poskytne zákazníkům celoplošný mobilní vysokorychlostní přístup k internetu na místech, kde se lidé přirozeně shromažďují (dopravní uzly, zdravotnická zařízení, školy a školská zařízení apod.).

Zatímco některé státy mají v přípravě zavádění sítí 5G náskok, u dalších existující zpoždění bude kompenzováno využitím zkušeností z aplikační praxe.

Mobilní operátoři by měli investovat do obchodních modelů založených na třech konceptech - gigabitovém vysokorychlostním připojení pro domácnosti a podnikatele, na budoucích kampusových sítích (*future campus networks*) a na digitálních průmyslových ekosystémech. Uvedené významně posílí efektivitu celoplošného zavádění sítí elektronických komunikací a umožní operátorům připravit komerčně životaschopná řešení dalších aktualizací, které umožní realizovat nové obchodní modely.

Zvýšenou pozornost bude nezbytné věnovat problematice kybernetické bezpečnosti celého ekosystému sítí 5G, poněvadž enormní nárůst počtu připojených bodů a objemů přenesených dat vysokou přenosovou rychlostí, a dále připojení průmyslových řídicích systémů a dalších bodů vyústí ve skutečnost, že kybernetické útoky budou mít stále větší a větší dopad do reálného světa a ekonomiky. Pro zajištění bezpečnosti v prostředí sítí 5G bude třeba věnovat zvýšenou pozornost otázce bezpečnosti a důvěryhodnosti dodavatelského řetězce technologií ekosystému sítí 5G, a dále více využívat prvky umělé inteligence. Rozvoj sítí 5G je úzce svázán s rozvojem sítí s velmi vysokou kapacitou, a proto aktualizace problematiky sítí 5G bude součástí dalších národních strategických dokumentů, včetně aspektů vedoucích k usnadnění, urychlení a zlevnění zavádění sítí elektronických komunikací. Budování sítí 5G není osamocenou aktivitou, nýbrž součástí komplexu budování nové gigabitové společnosti.

11 Vysvětlení pojmů a zkratk

2G, 3G, 4G, 5G – odkazuje na typ standardu pro mobilní komunikaci

2G (1991) generace, jejíž rychlost byla založená ještě na analogových systémech

3G (2001) založená na IMT-2000 standardu ITU s rychlostí přenosu do 3,1 Mbit/s (UMTS)

4G (2010) rychlost přenosu do 100 Mbit/s, technologie LTE

5G (nastupující) založená na ITU standardech IMT 2020

3GPP (3rd Generation Partnership Project), partnerský projekt třetí generace je dohoda o spolupráci v oblasti mobilních komunikací

464XLAT je pokročilejší technologie, která k překladači NAT64 na straně sítě přidává druhý překladač. Tento překladač zajistí existenci virtuálního IPv4 rozhraní v koncovém zařízení, takže i aplikace striktně vyžadující protokol IPv4 fungují.

4G+ je rozšířená verze systému 4G, která umožňuje ještě rychlejší datové přenosy díky souběžnému použití více pásem najednou.

5GIA Asociace pro 5G infrastrukturu – jedná se o mezinárodní neziskové sdružení, kterého cílem je podpora výzkumu a vývoje sítí 5G v Evropě a zvýšení konkurenceschopnosti evropského průmyslu v dané oblasti

AI (Artificial Intelligence) umělá inteligence

AR (Augmented Reality) – rozšířená realita – prvky reálného světa, které vidíme např. v chytrých brýlích, jsou ještě doplněny počítačově zpracovanými informacemi

backdoor název metody, která umožňuje obejít ověření pravosti proklamované identity subjektu, která za běžných okolností brání uživateli v neoprávněném využívání počítačového systému

backhaul část sítě elektronických komunikací, která propojuje přístupovou síť k pátevní síti

Big Data velké datové soubory v řádech milionů položek

bit/s, kbit/s, Mbit/s, Gbit/s Bit za sekundu je jednotka přenosové rychlosti; jednotka udává, kolik bitů informace je přeneseno za jednu sekundu.

browndfield - je nevyužívaná nebo nedostatečně využívaná nemovitost, která je pozůstatkem průmyslové, zemědělské, rezidenční, vojenské či jiné aktivity, přičemž se může jednat o jednotlivé budovy, komplexy budov, areály s budovami nebo jen plochy bez budov

CEF Nástroj pro propojování Evropy je zaměřen na poskytování finanční pomoci Unie na transevropské sítě k podpoře projektů společného zájmu v odvětvích dopravních, telekomunikačních a energetických infrastruktur a k využívání potenciální synergie mezi těmito odvětvími. Garantem fondu je Ministerstvo dopravy. Více na <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Evropska-unie/Programy/Program-CEF>.

CEPT (Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunication) Konference evropských správ pošt a telekomunikací

CFF Národní program finanční podpory The Country for the Future schválený vládou a realizovaný MPO

Core Network páteřní síť

Comprehensive Network kompletní síť

crowdsourcing – označuje proces získání potřebné služby, nápadů, příspěvků, pomoci při řešení problémů od velké skupiny lidí

DEP Digital Europe Program

DESI (Digital Economy and Society Index) – je index složený z několika dílčích ukazatelů, kterými se sleduje úroveň členských států EU a jejich vývoj v oblasti digitální konkurenceschopnosti

edge cloud představuje systém umísťování cloudů v síti

edge computing, také microcomputing – důležitý nástroj řešení problémů s bezpečností přenosu, ztrátou dat a s odezvou v různých kritických aplikacích (např. u Průmyslu 4.0) -jedná se o přesun výpočetní techniky a zpracování dat z centra na okraj (edge), tedy ke zdroji.

EKG Elektrokardiogram je záznam časové změny elektrického potenciálu způsobeného srdeční aktivitou.

eMBB (enhanced Mobile Broadband) = „vylepšené vysokorychlostní a velkokapacitní mobilní sítě a služby“. Jedná se o služby založené na technologii LTE

ESIF Evropské strukturální a investiční fondy (2014-2020) zůstávají pro ČR významným investičním nástrojem v rámci evropské politiky soudržnosti.

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) Evropský ústav pro telekomunikační normy
EU Evropská unie

entertainment systémy – systémy digitální zábavy na palubní desce inteligentního vozidla

Fixed Wireless Access (FWA) – přístup k internetu využívající bezdrátové technologie

Future campus networks – budoucí kampusové sítě jsou sítěmi, jež jsou budovány na určitém území (areálu, kampusu) zahuštěny, aby tento v podstatě uzavřený areál pokryly

GIS Geografické informační systémy

GNSS Global Navigation Satellite System – Globální družicový navigační systém je služba umožňující za pomoci signálů z družic určování polohy s velkou přesností

GPS (Global Positioning System) - Globální polohový systém je pasivní dálkoměrný systém pro stanovení polohy a času na Zemi i v přilehlém prostoru.

GSMA (GSM Association nebo také Global System for Mobile Communications) Celosvětová asociace mobilních operátorů

hoax podvodná, poplašná zpráva rozesílaná řetězově na internetu

HW (Hardware) – fyzické počítačové vybavení

HZS Hasičský záchranný sbor

IEEE 802.11p standard IEEE - Bezdrátový přístup pro pohyblivé prostředí (auta, vlaky); jedná se o standard popisující jeden z možných způsobů komunikace v rámci systémů C-ITS.

infotainment systémy	– první výraz je složeninou z výrazů <i>information (informace)</i> a <i>entertainment (zábava)</i> – jsou druhem zpravodajství, které podřizuje výběr témat a jejich zpracování účelu vyvolat emoce a pobavit
IoP	(Internet of People) – internetové aplikace pro komunikaci lidí na internetu
IoS	(Internet of services) – internet služeb – softwarové aplikace na internetu, které slouží pro stažení, vývoj nebo sdílení určité softwarové aplikace, programu nebo platformy
IoT	(Internet of Things) – internet věcí, komunikace zařízení mezi sebou
IoHT	(Internet of Healthcare Things) internet věcí v zdravotnictví
IPv4/IPv6	Internetový protokol verze 4 nebo verze 6
IS2030	Inovační strategie České republiky 2019-2030 - Country for the Future
ITS	(Intelligent Transport Systems) – inteligentní dopravní systémy s různou formou či úrovní komunikace, např. C-ITS (Co-operative Intelligent Transport Systems) – dopravní systémy nebo podsystémy komunikující mezi sebou C2C (Car to Car) – komunikace mezi silničními vozidly C2I (Car to Infrastructure) – komunikace silničního vozidla s dopravní komunikací C2X (Car to X) – komunikace silničního vozidla s dalším účastníkem dopravy
ETCS2	(European Train Control System) – evropský vlakový zabezpečovací systém
ITU	(International Telecommunication Union) – Mezinárodní telekomunikační unie
LiFi	je bezdrátová technologie drží klíč k řešení problémů, kterým síť 5G čelí. LiFi může přenášet na více gigabitech, je spolehlivější, prakticky bez rušení a jedinečně bezpečnější než rádiová technologie, jako je Wi-Fi nebo mobilní technologie.
LTE	specifikace Long-Term Evolution, 4. generace mobilní komunikace
malware	program určený k poškození nebo vniknutí do počítačového systému
Massive MIMO	masivní MIMO (MIMO viz níže)
M2M	(Maschine to Maschine) – komunikace strojů mezi sebou (také viz IoT)
MHz	megaherzy
MFCN	(Mobile/Fixed Communication Networks) – připojení v pevném místě pomocí mobilní infrastruktury
MIMO	(Multiple Input, Multiple Output) – mnohonásobný vstup, mnohonásobný výstup
mMTC	(massive Machine Type Communication) – masivní komunikace mezi stroji
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
mmWave technologie	technologie využívající milimetrové rádiové kmitočty

- NAP SG (Národní akční plán pro chytré sítě) – národní akční plán vypracovaný MPO k zajištění ekonomicky udržitelné energetické soustavy provozované s malými ztrátami a vysokou spolehlivostí dodávek elektrické energie
- NAT64 je jeden z mechanismů usnadňujících přechod od IPv4 k IPv6; jeho cílem je vzájemný překlad datagramů, aby spolu mohla komunikovat zařízení podporující odlišné verze protokolu.
- Network Slicing – virtuální členění sítě na více vrstev, které jsou od sebe bezpečně odděleny
- NFV (Network Functions Virtualization) - síťová architektura založená na technologiích tvořících základ virtualizovaného IT prostředí společně s virtualizací síťových funkcí
- NGA (Next Generation Access) – přístupové sítě nové generace
- NPSTC (National Public Safety Telecommunications Council) je federace organizací, jejichž posláním je zlepšit komunikaci a interoperabilitu veřejné bezpečnosti prostřednictvím společného vedení
- OP K Operační program Konkurenceschopnost – nástupce OP PIK v novém programovacím období
- PPDR (Public Protection and Disaster relief) – systém ochrany veřejnosti a odstraňování následků živelných pohrom
- piko nebo femto základnové stanice – základnové stanice mobilní komunikace s dosahem v jednotkách metrů, přičemž femto dosah je zatím nejmenší
- regulatorní sandbox – pracovní nástroj sloužící k efektivnímu uplatnění regulatorních požadavků především v silně regulovaných oblastech, např. při vývoji nových aplikací nebo služeb
- ŘSD ředitelství silnic a dálnic
- SDN (Software Definition Network) - softwarově definované architektura sítě
- spin-off společnost, která se oddělila od mateřské společnosti a stává se nezávislou; bere si s sebou duševní vlastnictví, technologii nebo výrobek, který transformuje do nových výrobků anebo služeb
- start-up začínající novátorský podnikatelský subjekt, který zahajuje komerční činnost
- SW (Software) – softwarové neboli programové vybavení
- SŽDC Správa železniční a dopravní cesty
- TA ČR Technologická agentura České republiky
- TDD (Time-division duplexing) přenos signálů s časovým dělením pro oddělení dopředných a zpětných signálů.
- TREND Nový program na podporu průmyslového výzkumu a experimentálního vývoje TREND byl schválen usnesením vlády č. 202 ze dne 25. března 2019. Garantem realizace je Ministerstvo průmyslu a obchodu, poskytovatelem podpory bude Technologická agentura České republiky (TAČR). Hlavním cílem je zvýšení mezinárodní konkurenceschopnosti podniků, vedlejšími cíli zvýšení počtu podniků provádějících vlastní výzkumné a vývojové aktivity a posílení orientace výzkumných organizací na mezinárodně konkurenceschopný aplikovaný výzkum s přínosy pro průmysl a společnost. Více na stránkách <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/podpora-vyzkumu-a-vyvoje/novy-program-trend--244984/>.
- UHD video (Ultra High Defenition) – video s velmi vysokým rozlišením

- URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication) – vysoce spolehlivá komunikace s velmi nízkou latencí
- VaV AI Výzkum a vývoj umělé inteligence
- Wi-Fi hotspot připojení k internetu přes WiFi neboli bezdrátové připojení
- WRC-19 World Radiocommunication Conference 2019 – Světová radiokomunikační konference ITU
- ZZS Zdravotnická záchranná služba