



5G

SZANSE
ZAGROŻENIA
WYZWANIA

FAUSTINE FELICI, ANDREA GARCÍA RODRÍGUEZ,
PIOTR MIECHKOWSKI, KAMIL MIKULSKI,
TOMASZ PIEKARZ, BARBARA SZTOKFISZ
REDAKCJA: ROBERT SIUDAK



5G

SZANSE
ZAGROŻENIA
WYZWANIA



FAUSTINE FELICI, ANDREA GARCÍA RODRÍGUEZ,
PIOTR MIECZKOWSKI, KAMIL MIKULSKI,
TOMASZ PIEKARZ, BARBARA SZTOKFISZ

REDAKCJA: ROBERT SIUDAK

AUTORZY:

INSTYTUT KOŚCIUSZKI

Faustine Felici

Unia Europejska a 5G – przegląd kluczowych działań UE w zakresie rozwoju oraz zapewnienia bezpieczeństwa 5G

Andrea García Rodríguez

Najwięksi producenci na rynku technologii 5G

Kamil Mikulski

Regulacje prawne dotyczące sieci 5G i obszaru cyberbezpieczeństwa w wybranych krajach europejskich

Tomasz Piekarz

Wdrażanie sieci 5G w Polsce

Barbara Sztokfisz

Co to jest technologia 5G? Technologiczny, biznesowy i społeczny wymiar transformacyjnego potencjału 5G

FUNDACJA DIGITAL POLAND

Piotr Mieczkowski

Stan standaryzacji i wdrażania sieci 5G na świecie

REDAKCJA: Robert Siudak

KOORDYNACJA: Wioletta Brzęcka

TŁUMACZENIE: Błażej Bauer, Adam Ladziński, PROJEKT GRAFICZNY I SKŁAD: Joanna Świerad-Solińska

Opracowanie niniejszego raportu było możliwe dzięki wsparciu Fundacji Digital Poland, w ramach statutowych działań edukacyjnych Fundacji

digitalpoland

Niniejszy raport stanowi publikację Instytutu Kościuszki. Jednocześnie poglądy wyrażone w ramach publikacji stanowią oceny poszczególnych autorów i nie powinny być utożsamiane ze stanowiskiem Instytutu Kościuszki i partnerów publikacji. Publikacja stanowi wkład w debatę publiczną. Poszczególni autorzy są odpowiedzialni wyłącznie za swoje opinie i ich stanowisko nie może być utożsamiane ze stanowiskami innych autorów tego raportu.



INSTYTUT KOŚCIUSZKI

Instytut Kościuszki
ul. Feldmana 4/9-10
31-130 Kraków, Polska
+48 12 632 97 24

www.ik.org.pl
instytut@ik.org.pl

© Instytut Kościuszki
Kraków 2020

SPIS TREŚCI

WSTĘP.....	4
EXECUTIVE SUMMARY.....	6
CO TO JEST TECHNOLOGIA 5G? TECHNOLOGICZNY, BIZNESOWY I SPOŁECZNY WYMIAR TRANSFORMACYJNEGO POTENCJAŁU 5G.....	10
STAN STANDARYZACJI I WDRAŻANIA SIECI 5G NA ŚWIECIE	23
NAJWIĘKSI GRACZE NA RYNKU SIECI 5G.....	28
WDRAŻANIE SIECI 5G W POLSCE	35
PRZEGLĄD KLUCZOWYCH DZIAŁAŃ UE W ZAKRESIE ROZWOJU ORAZ ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA SIECI 5G	48
REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE SIECI 5G I OBSZARU CYBERBEZPIECZEŃSTWA W WYBRANYCH KRAJACH EUROPEJSKICH	59





5G nie jest ani pierwszą, ani ostatnią generacją sieci mobilnych – mimo to rozpatrywana jest w kategoriach przełomu. Aby to zrozumieć warto posłużyć się przykładem z branży, która diametralnie zmieniła analogowy świat XX wieku, podobnie jak IT transformuje rzeczywistość XXI wieku. Mowa w tym wypadku o motoryzacji i roli jaką odegrał Ford T, samochód stworzony przez samego Henry’ego Forda, wyprodukowany w ponad 15 milionach egzemplarzy. Nie był on ani pierwszym samochodem z silnikiem spalinowym, ani też konstrukcyjnie nie różnił się znacznie od swoich poprzedników. Mimo to zrewolucjonizował on nie tylko transport, ale całą gospodarkę, przedstawiając kluczowe branże na tory rozwoju opartego na możliwości masowego, szybkiego i taniego przemieszczania ludzi oraz towarów. Jeśli dane stanowią nową ropę naftową, to 5G jest Fordem T cyfrowego świata. Przełomem staje się w tym wypadku nie tyle sama szybkość, jakość czy niezawodność przesyłu danych – to tylko różnice ilościowe. **Prawdziwa jakość**

zmiana wykracza poza jej techniczne możliwości i dotyczy roli jaką piąta generacja sieci mobilnej jest w stanie odegrać w gospodarce dzięki ekosystemowi podłączonych do niej komórek, kamer, fabryk czy pojazdów. Ostatecznie siłą Forda T nie była jego prędkość czy niezawodność, ale cena, dostępność i użyteczność oparta na systemie powstających wtedy dróg publicznych, stacji, parkingów oraz restauracji. Rynek był gotowy na rewolucję Henry’ego Forda, czy nasz jest gotowy na Przemysł 4.0 i *smart cities*?

Jednak z wielką siłą wiąże się wielka odpowiedzialność. Bezpieczeństwo sieci 1G w praktyce nie wpływało w żaden sposób na gospodarkę czy społeczeństwa, nie licząc małego odsetka jej użytkowników (ok. 2% obywateli głównie z wybranych krajów Europy Zachodniej i Ameryki Północnej). Jeśli chcemy, aby piąta generacja sieci mobilnych stała się de facto kręgosłupem współczesnej gospodarki cyfrowej, sytuacja zmienia się diametralnie. To właśnie projekcja dotycząca roli jaką 5G może odgrywać w kolejnych latach, stanowi zarzewie dyskusji na temat bezpieczeństwa wdrażania tej technologii. Rolą Instytutu Kościuszki jako think tanku jest analiza wieloaspektowego otoczenia nowych technologii, wpływającego na ocenę ryzyka związanego z ich masowym rozwojem oraz modelami implementacji w gospodarce Polski, Unii Europejskiej i wspólnoty transatlantyckiej.

W polskiej debacie publicznej na temat 5G zderzają się różnorodne, często skrajnie odmienne punkty widzenia. Przyczyn można upatrywać m.in. w innych założeniach wyjściowych do dyskusji. Cieszę się, że we współpracy z Fundacją Digital Poland mogliśmy wspólnie w ramach niniejszego raportu podjąć pracę nad zebraniem podstawowych informacji w zakresie rozwoju i wdrażania sieci 5G. Mam nadzieję, że lektura ta stanie się dla Państwa użytecznym punktem wyjścia dla bardziej pogłębionych analiz i dalszych debat.

Robert Siudak

Robert Siudak,
Dyrektor niewykonawczy,
Instytut Kościuszki



O technologii 5G jest głośno. Jest tak nie tylko z powodu spodziewanych korzyści jakie przyniesie gospodarce i społeczeństwu wdrożenie sieci 5G, czy też z powodu nowych możliwości komunikacji. Najnowsza generacja sieci komórkowych stała się po raz pierwszy w historii sektora telekomunikacyjnego przedmiotem wojen handlowych i gry geopolitycznej. Dodatkowo, szczególnie w mediach społecznościowych, upowszechnianych jest wiele nieprawdziwych informacji w zakresie wpływu technologii 5G oraz pola elektromagnetycznego (PEM) na zdrowie ludzkie. Nigdy wcześniej w historii sektora telekomunikacyjnego tak wiele osób nie zabierało głosu w sprawie najnowszej generacji sieci komórkowej. **Właśnie dlatego zrodziła się potrzeba zaprezentowania obiektywnych i niezaprzeczalnych faktów, rzetelnie przygotowanych w dostępnej formie, tak, by każdy zabierający głos mógł zrozumieć jak jest naprawdę z technologią 5G, szczególnie w kontekście regulacji z zakresu bezpieczeństwa.**

W Fundacji stawiamy na edukację i promocję cyfrowej transformacji w Polsce. Wspieramy firmy w przechodzeniu transformacji ze świata offline do online, współpracujemy z administracją państwową w zakresie najlepszych cyfrowych polityk, szkolimy kadrę menedżerską i pomagamy społeczeństwu zrozumieć możliwości, jakie niesie ze sobą cyfryzacja. Bez tego nie zbudujemy w Polsce opartego na wiedzy społeczeństwa 5.0, które odnajduje się w globalnej gospodarce. Tym bardziej paląca jest potrzeba edukacji polskiego społeczeństwa.

Kluczowym elementem dynamicznego i otwartego dla każdego ekosystemu innowacji jest umiejętność współpracy, rozumiana jako swobodna wymiana myśli i rozwijanie wspólnych produktów czy usług w zglobalizowanym świecie. Dzisiaj wiele przełomowych innowacji powstaje tam, gdzie istnieją pełne ekosystemy – klastry, w ramach których wszystkie podmioty konkurują i zarazem kooperują ze sobą, w ten sposób uzupełniając swoje kompetencje. Stawiając współpracę na pierwszym miejscu, bardzo się cieszę ze wspólnych wysiłków, jakie wraz ze Stowarzyszeniem Instytut Kościuszki włożyliśmy w powstanie niniejszego raportu. Zachęcając Państwa do współpracy, życzę ciekawej lektury i wyciągnięcia własnych wniosków, które pozwolą Państwu lepiej zrozumieć otaczającą nas rzeczywistość.

A handwritten signature in blue ink that reads 'Piotr Mieczkowski'.

Piotr Mieczkowski,
Prezes,
Fundacja Digital Poland

EXECUTIVE SUMMARY

Technologia 5G będzie kolejną ewolucją w zakresie łączności bezprzewodowej. W porównaniu do poprzednich generacji sieci mobilnych zapewni nawet 20 razy szybszą prędkość transferu danych (do 10 Gb/s przy wysyłaniu oraz do 20 GB/s przy pobieraniu), znacznie ograniczy opóźnienia w komunikacji (do jednej milisekundy), a także pozwoli na zwiększenie liczby urządzeń podłączonych do sieci (nawet do 1 miliona urządzeń na kilometr kwadratowy). Opierając się na wspomnianych możliwościach technologicznych spodziewać można się dynamicznego rozwoju Internetu Rzeczy, a tym samym nowych rozwiązań dla inteligentnego transportu, inteligentnego miasta oraz Przemysłu 4.0. Sieć 5G przyczyni się nie tylko do wzrostu gospodarczego i pobudzenia przedsiębiorczości, lecz także wpłynie bezpośrednio na życie codzienne obywateli. Stanie się to możliwe dzięki zastosowaniu szeregu nowości technologicznych w ramach funkcjonowania sieci 5G, w tym: innowacyjnych anten typu Massive MIMO; nowych przekaźników wyposażonych w mikro- oraz femtokomórki; koncepcji Mobile Edge Computing (MEC); technologii *beamformingu*; a także „usoftwarowienia” sieci, pozwalającego na wydzielanie odrębnych warstw, tzw. plastrów (ang. *network slicing*), oraz wirtualizacji elementów sieciowych i odseparowania sprzętu od oprogramowania (NFV, SDN).

Do końca 2019 r. nie został jeszcze w pełni formalnie zakończony proces standaryzacji sieci 5G. Obecnie wdrażane komercyjne sieci 5G buduje się głównie na bazie istniejących już sieci 4G/LTE, dokonując m.in. aktualizacji oprogramowania i zakupu funkcjonalności od dotychczasowych dostawców obecnych już w sieci operatorów. Samodzielne sieci piątej generacji – *standalone* 5G – są testowane aktualnie m.in. w Japonii i Chinach, a na rynek komercyjny wchodzi już w Korei Południowej. SK Telecom planuje w roku 2020 stać się pierwszym na świecie operatorem świadczącym usługi dzięki samodzielnej sieci 5G, ukończonej jeszcze pod koniec poprzedniego.

W zakresie usług sieci 5G na koniec roku 2019 dominowały rozwiązania z zakresu eMBB (tzw. rozszerzonego dostępu do internetu) nakierowanego na konsumenta końcowego i do końca 2022 r. powinny zostać zamknięte standardy z kategorii usługowych URLLC (m.in. Przemysł 4.0, autonomiczne samochody) oraz mMTC (m.in. *smart city*) co przełoży się na pełne spektrum możliwości sieci 5G. Jak podaje Europejskie Obserwatorium 5G w krajach UE do końca 2019 r. ogłoszono ponad 181 testów, w porównaniu do 138 w 4. kwartale 2018 r. Najwięcej, bo aż 35 testów, wykonano w sektorze mediów i rozrywki, następnie transportu (30) oraz w sektorze motoryzacyjnym (22). Zgodnie z przywoływanym źródłem, sieci 5G uruchomiono komercyjnie już w 130 miastach UE. Jednocześnie, mimo zaleceń Komisji Europejskiej tylko 11 krajów opublikowało narodowe strategie rozwoju sieci 5G. Oczywiście nie tylko w Europie mają miejsce testy i wdrożenia sieci 5G. Katarski operator Ooredoo ogłosił dostępną dla klientów sieć 5G już w maju 2018 r., zaś w Stanach Zjednoczonych w październiku 2018 r. pierwszy z czterech głównych operatorów – Verizon Wireless – uruchomił sieci 5G w czterech miastach. Jednym z pionierów wdrożenia 5G jest także Korea Południowa, gdzie w grudniu 2018 r. swoje sieci piątej generacji uruchomili wszyscy czołowi operatorzy w tym kraju, początkowo oferując usługi klientom korporacyjnym. Z kolei w Chinach wszyscy trzej kluczowi operatorzy telekomunikacyjni uruchomili usługi 1 listopada 2019 r., a w Japonii operatorzy sieci komórkowych planują zrobić to w 2020 r. Sieci 5G uruchomiono również w Australii, Bahrajnie, Kuwejcie, Arabii Saudyjskiej czy Zjednoczonych Emiratach Arabskich. Według GSA na koniec stycznia 2020 r.: 356 operatorów w 121 krajach ogłosiło, że inwestuje w 5G; 77 operatorów ogłosiło, że wdrożyło w swoich sieciach technologię 5G zgodną z 3GPP, jednak nie wszyscy zdążyli ją zaoferować swoim klientom; 62 operatorów w 34 krajach uruchomiło komercyjnie jedną lub więcej usług 5G zgodnych z 3GPP z czego 52 operatorów oferuje usługi mobilne na smartfony, a 35 oferuje dostęp do Internetu z domu.

Budowa sieci 5G wymaga wykorzystania szeregu komponentów wchodzących w skład sieci teleinformatycznej. Globalnymi liderami w zakresie rozwoju i komercyjnego wdrażania technologii wykorzystywanych w sieciach 5G są aktualnie Ericsson, Huawei Technologies, Nokia oraz Samsung Electronics. Liderem pod kątem patentów według wskaźnika istotności jest szwedzki Ericsson (2019 r.). Firma posiada 81 podpisanych komercyjnych kontraktów 5G, a także obsługuje ogółem 25 uruchomionych sieci 5G. Z kolei największą nominalną liczbę patentów związanych z technologią 5G posiada Huawei Technologies – 3 147 (dane ze stycznia 2020 r.). Firma z Shenzhen jest również liderem w zakresie podpisanych globalnie kontraktów komercyjnych na sieć 5G, których podpisano 91, w tym 47 z usługodawcami europejskimi. Huawei w roku 2018 wydał na B+R ponad 13 miliardów euro, co dało mu drugie miejsce. Jeśli chodzi o poziom wydatków na B+R ogółem, liderem jest w tej stawce niezmiennie Samsung, który np. w 2018 r. alokował na tego typu ośrodki ponad 14 miliardów euro (14 350 990 euro). Firma skupia się głównie na rozwoju obecności w Korei Południowej oraz Stanach Zjednoczonych, gdzie jest obecna już od 2018 r. W zakresie istotności, a także liczby patentów koreańskie przedsiębiorstwo plasuje się w obu wypadkach na drugim miejscu. Czwartą z firm jest Nokia, która w zakresie liczby patentów dla 5G, jak i wysokości ogólnych nakładów B+R, plasuje się odpowiednio na czwartym oraz trzecim miejscu w omawianej klasyfikacji. Finlandzkie przedsiębiorstwo posiada 66 podpisanych komercyjnych kontraktów 5G i obsługuje ogółem 19 uruchomionych sieci piątej generacji.

Zgodnie z wytycznymi *Strategii 5G dla Polski* (przedstawionej do konsultacji społecznych, jednak wciąż nieopublikowanej) oraz zaktualizowanego *Narodowego Planu Szerokopasmowego*, celem jest zapewnienie niezakłóconego dostępu do sieci 5G na wszystkich obszarach miejskich i głównych szlakach transportu lądowego w Polsce do roku 2025. Aby go osiągnąć niezbędne jest podjęcie działań zarówno w zakresie udostępniania nowych częstotliwości dla funkcjonowania sieci 5G, jak

i budowy infrastruktury teleinformatycznej, umożliwiającej zagospodarowanie pasm dedykowanych rozwojowi 5G. Pierwszy ze wskazanych obszarów dotyczy trzech nowych częstotliwości proponowanych do wykorzystania na potrzeby sieci 5G:

- 700 MHz – Dzięki możliwości pokrycia dużego obszaru jest idealna do zapewnienia ogólnokrajowego zasięgu, przy jednocześnie najniższych kosztach budowy infrastruktury w porównaniu do innych częstotliwości.
- 3,4-3,8 GHz – Przeznaczona do komercyjnego użytku na terenie dużych aglomeracji oraz na głównych szlakach transportowych oraz w fabrykach.
- 26 GHz – Odpowiednia do zastosowania w miejscach będących dużymi skupiskami ludzi na ograniczonej powierzchni (np. dworce, lotniska, stadiony, galerie handlowe, itp.) lub istotnymi ośrodkami biznesowymi i fabrykami.

Udostępnienie pasma 700 MHz w Polsce opóźnia się i zapewne nastąpi nie wcześniej niż w 2022 r. Powodem takiej sytuacji jest m.in. utrudniona współpraca w tym zakresie z krajami ościennymi spoza UE – Rosją, Białorusią oraz Ukrainą – które także muszą podjąć określone kroki, aby uniknąć szkodliwych zakłóceń. Postępowanie konsultacyjne w sprawie aukcji na pasmo 3,4-3,8 GHz ruszyło pod koniec 2019 r., zaś sama aukcja została ogłoszona 6 marca 2020 r. W zakresie pasma 26 GHz rozpoczęto proces uwalniania częstotliwości, gdyż w Polsce obecnie 51 podmiotów posiada 735 pozwoleń i rezerwacji w tym zakresie, które wygasają dopiero w połowie 2022 oraz 2023 r. Należy przy tym dodać, że uruchomienie sieci 5G możliwe jest również na obecnie wykorzystywanych przez operatorów częstotliwościach, takich jak 2100 MHz, 1800 MHz czy 2600 GHz, stosując metodę współdzielenia pasma dla np. LTE i 5G dzięki mechanizmowi DSS (ang. Dynamic Spectrum Sharing) lub dokonując tzw. refarmingu.

W odniesieniu do drugiego elementu, a więc infrastruktury teleinformatycznej dla 5G, wyróżnić można trzy możliwe modele jej rozwoju: organiczny,

współdzielenia i scentralizowany. W pierwszym z nich operatorzy budują sieć niezależnie od siebie i korzystają z udostępnionej częstotliwości dowolnie na potrzeby swoich usług, co powoduje z jednej strony szybką sprzedaż pasm i szybkie, jednorazowe wpływy do budżetu państwa, a z drugiej potencjalnie może skutkować zwolnieniem tempa inwestycji operatorów (ze względu na poniesione wydatki na zakup częstotliwości) i wolniejszym wdrażaniem sieci w obszarach słabiej zaludnionych. Model współdzielenia przewiduje współpracę operatorów przy budowie infrastruktury lub nawet jej współdzielenie przy jednoczesnym konkutowaniu na poziomie ofert i pakietów, co obecnie ma już miejsce na polskim rynku (np. sieć NetWorks). Z kolei model scentralizowany zakłada istnienie jednego, nadrzędnego operatora, który zarządza siecią oraz udostępnia ją podmiotom zainteresowanym świadczeniem na niej usług na podstawie umów hurtowych. W tym kontekście jako rozwiązanie hybrydowe można określić model tzw. #Polskie5G zaproponowany przez firmę Exatel, oparty w dużej mierze na koncepcji scentralizowanej wokół pasma 700 MHz.

5G po wprowadzeniu na szeroką skalę stanie się filarem cyfrowych rynków i społeczeństw, a zarazem katalizatorem cyfryzacji szeregu sektorów kluczowych, takich jak ochrona zdrowia, transport czy przemysł. W tym kontekście wdrożenie sieci mobilnej piątej generacji rodzi także obawy dotyczące bezpieczeństwa, w tym narodowego. Unia Europejska, jako świadomy wyzwań uczestnik tej debaty, zdecydowała się zaadresować problem bezpieczeństwa sieci 5G, poprzez szereg swoich działań. Parlament Europejski 12 marca 2019 r. przyjął rezolucję w sprawie zagrożeń dla bezpieczeństwa wynikających z rosnącej obecności technologicznej Chin w UE oraz możliwości podjęcia na szczeblu UE działań mających zmniejszyć te zagrożenia. Europarlamentarzyści m.in. zwrócili się do krajów członkowskich o przekazywanie wszelkich informacji dotyczących wykrytych w ich sieciach *backdoorów* bądź podatności oraz zaapelowali do Komisji Europejskiej o upoważnienie Europejskiej Agencji ds. Bezpieczeństwa Sieci i Informacji (ENISA, obecnie zwana też Agencją Unii Europejskiej ds.

Cyberbezpieczeństwa) do prac nad systemem certyfikacji, zapewniającym spełnianie najwyższych standardów bezpieczeństwa w trakcie implementacji sieci 5G w UE. Europejskie rządy wyraziły poparcie dla wspólnego podejścia do bezpieczeństwa sieci 5G podczas szczytu Rady Europejskiej w dniach 21–22 marca 2019 r. Komisja Europejska 26 marca 2019 r. również przedstawiła zestaw zaleceń dotyczących cyberbezpieczeństwa sieci 5G. Wskazówki Komisji, łączące działania konieczne do podjęcia na szczeblu krajowym i unijnym, zawierały kwestie zarówno prawne, jak i polityczne oraz wyznaczyły szczegółowo określone terminy osiągnięcia ustalonych celów. Pierwszym z nich było przeprowadzenie skoordynowanej unijnej oceny ryzyka związanego z bezpieczeństwem cyfrowym sieci 5G. Dokonano jej na podstawie sprawozdań krajów członkowskich i opublikowano 9 października 2019 r. W raporcie sprawozdawczym wskazano, że wdrażanie sieci mobilnej piątej generacji oznacza nowe wyzwania na dwóch kluczowych poziomach – technologicznym oraz łańcucha dostaw. Kolejnym krokiem, w ramach planu ustalonego w zaleceniach Komisji Europejskiej, było przedstawienie zestawu narzędzi UE w zakresie cyberbezpieczeństwa 5G, co miało miejsce 29 stycznia 2020 r. Zawiera on zbiór kluczowych środków strategicznych i technicznych do podjęcia przez państwa członkowskie oraz Komisję Europejską, a także plany przeciwdziałania ryzyku w dziewięciu obszarach sieci 5G. Środki techniczne koncentrują się na zwiększeniu bezpieczeństwa technologii, procesów, osób i komponentów dla zabezpieczenia urządzeń i sieci 5G. Działania wspierające obejmują wysiłki w dziedzinie norm 5G, wzmocnienie zdolności w zakresie badań i audytu, poprawę koordynacji w przypadku incydentów oraz zapewnienie pełnego uwzględnienia zagrożeń związanych z cyberbezpieczeństwem w projektach 5G finansowanych przez UE. Plany ograniczenia ryzyka wychodzą naprzeciw konkretnemu, określönemu ryzyku i składają się z połączenia działań strategicznych, technicznych oraz wspierających. W praktyce w ramach rekomendacji zawartych w zestawie narzędzi odpowiednie władze krajowe są po pierwsze zachęcane do opracowania i zastosowania środków

ograniczających ryzyko, zwłaszcza takich, które wzmocnią wymogi bezpieczeństwa dotyczące operatorów sieci komórkowych. W dodatku państwa te powinny dokonać wnikliwej oceny ryzyka w zakresie dostawców i wprowadzić właściwe ograniczenia wobec tych, którzy zakwalifikowani zostaną do grupy wysokiego ryzyka. W razie konieczności Komisja proponuje nawet mechanizm wykluczenia producenta, w celu skutecznego ograniczenia ryzyka przy zasobach kluczowych. Zwraca także uwagę państw wspólnoty na potrzebę upewnienia się, że operatorzy telekomunikacyjni, aby minimalizować zależność od pojedynczego producenta, przyjmują strategię dywersyfikacji dostawców. W sferze działań podejmowanych wspólnie przez Komisję Europejską oraz państwa członkowskie raport wskazuje potrzebę zachowania różnorodnego i zrównoważonego łańcucha dostaw urządzeń 5G z użyciem już istniejących narzędzi oraz instrumentów. Sugestie zawarte w zestawie narzędzi, chociaż niewiążące, reprezentują efekt wspólnych prac przedstawicieli państw członkowskich, agencji ENISA i Komisji Europejskiej.

Zgodnie z raportem Europejskiego Obserwatorium 5G z czwartego kwartału 2019 r. największą liczbę testów 5G w Europie przeprowadziły Włochy, Francja, Niemcy, Wielka Brytania oraz Hiszpania – niekoniecznie jednak wszystkie z tych krajów przodują w komercyjnym wdrożeniu nowej technologii. Warto w tym kontekście zwrócić uwagę, że przyjęły one odmienne podejścia regulacyjne w odniesieniu do sieci 5G oraz rynku telekomunikacyjnego. Najdalej w zakresie powiązania 5G ze strategią bezpieczeństwa i suwerenności narodowej idą prawodawstwa włoskie i francuskie, zapewniając znaczne prerogatywy władzy centralnej w zakresie wpływania na rynek telekomunikacyjny. Rozwiązania niemieckie oraz brytyjskie cechują się hybrydowym podejściem, odchodząc od bezpośredniej ingerencji organów publicznych w stronę aktywnej regulacji rynku. Najbardziej liberalne stanowisko widoczne jest w ramach legislacji hiszpańskiej, zogniskowanej na rozwoju i masowej implementacji sieci piątej generacji, jako celu nadrzędnym. Ciekawymi przykładami są także

Szwecja i Finlandia. Szwecja uzależniła możliwość wejścia na swój rynek telekomunikacyjny od zgodności z wieloma aspektami szwedzkiej polityki publicznej, w tym włączyła do procedury aukcyjnej i kontroli policję bezpieczeństwa oraz siły zbrojne. Z kolei Finlandia, podobnie jak Niemcy, wprowadza model oparty na ograniczeniach zawartych w decyzjach organów administracji centralnej, w tym agencji wykonawczych. Jednocześnie nie ulega wątpliwości, że wszystkie z opisanych krajów zaimplementowały przepisy mające na celu zwiększenie poziomu cyberbezpieczeństwa w działających na ich obszarze sieciach mobilnych.





CO TO JEST TECHNOLOGIA 5G?

TECHNOLOGICZNY, BIZNESOWY I SPOŁECZNY WYMIAR TRANSFORMACYJNEGO POTENCJAŁU 5G

WPROWADZENIE

Wdrażana w coraz szybszym tempie technologia 5G będzie kolejną ewolucją w zakresie łączności bezprzewodowej i wprowadzi cyfrowy świat na kolejny poziom, zapewniając większą przepustowość sieci, minimalizując opóźnienia w komunikacji do 1 milisekundy oraz pozwalając na zwiększenie liczby urządzeń podłączonych do sieci nawet do 1 miliona na kilometr kwadratowy. Będzie ona katalizatorem konkurencyjności i innowacyjności gospodarki, ponieważ jeszcze szerzej niż w wypadku poprzednich generacji sieci mobilnych, kolejne branże będą w stanie wykorzystywać możliwości efektywnego i wydajnego przesyłu danych. Możliwy stanie się dalszy rozwój Internetu Rzeczy, a tym samym rozwiązań dla inteligentnego transportu, inteligentnego miasta oraz Przemysłu 4.0. Sieć 5G przyczyni się nie tylko do wzrostu gospodarczego i pobudzenia przedsiębiorczości, lecz także wpłynie bezpośrednio na życie codzienne obywateli, przyczyniając się tym samym do wzrostu dobrobytu społecznego. Biorąc pod uwagę stały wzrost urządzeń podłączonych do Internetu, a także rosnące zużycie transferu danych przez użytkowników, dzisiejsze sieci mogą szybko stać się nieefektywne. Według przewidywań firmy Ericsson¹ do końca 2025 r. liczba abonentów korzystających z sieci 5G wyniesie 2,6 mld, generując 45% całkowitego mobilnego ruchu danych na świecie. Uczyni to sieć 5G najszybciej rozwijającą się technologią komunikacji mobilnej, jaką kiedykolwiek wprowadzono na rynek na skalę globalną.

W niniejszym rozdziale znajdują się odpowiedzi na pytania: czym dokładnie jest technologia 5G? Dlaczego uważana jest za przełom technologiczny i czym różni się od sieci poprzednich generacji? Jak na wdrożeniu tej sieci może zyskać sektor prywatny oraz konsumenci?

PRZESZŁOŚĆ STANDARDÓW TELEKOMUNIKACYJNYCH - KRÓTKA HISTORIA SIECI POPRZEDNICH GENERACJI

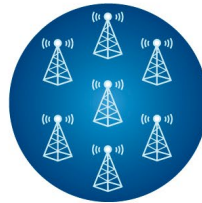
Pierwsza generacja telefonii komórkowej (tzw. **1G**) pojawiła się na szerszą skalę w latach 80. XX wieku. Była standardem analogowym, pozwalającym jedynie na transmisję danych głosowych – wykonywanie połączeń telefonicznych. Pierwsza komercyjna sieć 1G została uruchomiona w 1979 r. w Tokio, przez NTT (Nippon Telegraph and Telephone).

W 1981 r. era telefonii komórkowej dotarła na kontynent europejski. W tym okresie najpopularniejszymi systemami był skandynawski NMT (Nordic Mobile Telephones), będący drugą na świecie komercyjną siecią 1G oraz brytyjski TACS (Total Access Communication System). W Stanach Zjednoczonych sieć komórkową uruchomiono w 1982 r. i wprowadzono system AMPS (Advanced Mobile Phone System)². Oferowane w ramach sieci pierwszej generacji technologie opierały się na wspomnianym systemie transmisji analogowej, co pociągało za sobą m.in. niedostateczny poziom bezpieczeństwa (łatwość podsłuchów), niską pojemność sieci, wysoki koszt, nieporęczność (aparaty ważyły ok. 2 kg) oraz wynikające z tego stosunkowo małe upowszechnienie technologii. Szacuje się, że na świecie z sieci 1G korzystało około 2% społeczeństwa (w krajach skandynawskich odsetek ten sięgał 5%)³.

SIEĆ 5G W LICZBACH



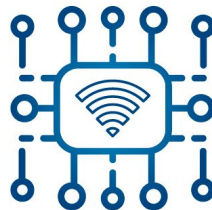
prędkość wysyłania danych do
10 GB/s



1 milion
urządzeń na 1 km²



minimalne opóźnienia do
1 milisekundy



5G



prędkość pobierania danych do
20 GB/s



działanie sieci przy
poruszaniu się urządzenia do
500 km/h

Pod koniec lat 80-tych zaczęły pojawiać się systemy drugiej generacji – **2G** – charakteryzujące się większą efektywnością i szybszą transmisją danych. Jedną z kluczowych różnic w porównaniu do poprzedniej generacji było przejście na transmisję cyfrową. Oferowała ona lepszy zasięg, wyższą jakość połączeń oraz możliwość wysyłania wiadomości tekstowych (SMS-ów). Wdrożony został tzw. GSM (Global System for Mobile Communication) w celu zapewnienia jednolitego standardu oraz umożliwienia połączeń roamingowych (nieobsługiwanych przez sieć 1G). Początkowo standard ten obejmował dwanaście krajów Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej, lecz z czasem rozprzestrzenił się na niemal wszystkie kraje świata. Na podstawie oryginalnego GSM zaczęto opracowywać nowe technologie, które doprowadziły do powstania systemów znanych pod nazwą 2.5G. Przykładami takich systemów był GPRS (General Packet Radio Service), oferujący krótszy czas konfiguracji połączeń z dostawcą usług internetowych, rozliczenia na podstawie ilości danych a nie czasu połączenia, efektywniejsze korzystanie z pasma dające priorytet połączeniom głosowym oraz znaczne zwiększenie liczby urządzeń mogących równolegle korzystać z sieci. Innym z takich systemów był EDGE (Enhanced Data rates for GSM Environment), zwany również 2.75G, który znacząco poprawił szybkość transmisji danych⁴ do ponad 300 kbps.

Wzrastająca potrzeba większej przepustowości sieci oraz kompatybilności na poziomie globalnym doprowadziła do rozwoju sieci kolejnej generacji – **3G**. W maju 2000 r. podczas spotkania roboczego Radiocommunication Assembly w Stambule, Międzynarodowy Związek Telekomunikacyjny (ang. International Telecommunication Union, ITU) przyjął standard IMT-2000⁵. Sieć 3G w większości krajów nie wykorzystuje tych samych częstotliwości co druga generacja sieci mobilnej, co sprawiło, że operatorzy zmuszeni zostali do pozyskania decyzji rezerwacyjnych dla nowych częstotliwości (wyjątkiem są np. Stany Zjednoczone), a opłaty z tym związane sięgały miliardów dolarów (np. kwotę 34 mld USD do 2010 r. musiało zapłacić 5 brytyjskich operatorów; w Niemczech przydzielono licencje 6 operatorom za łączną kwotę 46 mld USD⁶).

Przejście na 3G wymagało również zmodernizowania elementów infrastruktury sieci, co wiązało się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi, a w rezultacie opóźnieniami we wdrożeniach⁷. Sieć 3G była również pierwszym standardem rozwijanym w ramach 3GPP (projekt 3GPP został stworzony przez siedem regionalnych organizacji standaryzacyjnych).

Sieć czwartej generacji – **4Gⁱ** – została komercyjnie wdrożona po raz pierwszy już w 2009 r. w Skandynawii. Niosła za sobą kolejny wzrost w zakresie dostępnej prędkości transmisji danych, umożliwiając bardziej zaawansowane usługi multimedialne, tj. oglądanie telewizji na żywo, telefonię IP, usługi przetwarzania w chmurze oraz możliwość współdzielenia zasobów sieciowych w celu wykonywania kilku połączeń jednocześnie⁸. Poniższa tabela prezentuje charakterystykę kolejnych generacji sieci mobilnych.

Czym różni się więc 5G od technologii starszych generacji z perspektywy gospodarki oraz społeczeństwa? Po pierwsze oferuje znaczny wzrost przepustowości sieci do nawet 10 gigabitów na sekundę, co przekłada się na zwiększenie efektywności w rozwiązaniach dla przemysłu, transportu oraz indywidualnych użytkowników. Sieć 5G ma minimalne opóźnienia w interfejsie radiowym, nawet poniżej 1 milisekundy, co ma znaczenie w szczególności w dziedzinach takich jak zdalna medycyna czy autonomiczny transport. Stosowanie dzisiejszego standardu sieci dla tego typu rozwiązań na masową skalę mogłoby skutkować bezpośrednim narażeniem zdrowia i życia ludzkiego. Postęp technologiczny w medycynie jest również istotny w kontekście starzejącego się społeczeństwa i zwiększającej się potrzeby na usługi zdalne.

ⁱ Pojęcie „4Gⁱ” jest często zamiennie używane z „LTE”. Nie są to pojęcia tożsame. LTE (Long Term Evolution) to nazwa technologii transmisji danych.

Rozwój sieci mobilnych

	1G	2G ⁱⁱ	3G ⁱⁱⁱ	4G	5G
przybliżony okres wdrożeń	od 1980	od 1991	od 2001	od 2009	od 2020
główne technologie	AMPS NMT TACS	TDMA CDMA GPRS EDGE	CDMA 2000 UMTS HSPA HSPA+	WiMax LTE Wi-Fi	Massive MIMO NFV Network Slicing Beamforming FQAM SDN
szybkość transmisji danych ^{iv}	2 kbit/s	384 kbit/s	56 Mbit/s	1 Gbit/s	20 Gbit/s
opóźnienie	nd	629 ms	135 ms	75-40 ms	1 ms
dostępność usług	usługi głosowe	usługi tekstowe, roaming, pakietowa transmisja danych	usługi multimedialne, wideokonferencje	strumieniowanie w czasie rzeczywistym	niezawodna komunikacja pomiędzy milionami urządzeń w czasie rzeczywistym
Internet	brak	wąskopasmowy	szerokopasmowy	ultra-szerokopasmowy	eMBB

Źródło: Opracowanie własne^v.

Sieć 5G umożliwia także jednoczesną obsługę nawet do 1 miliona urządzeń podłączonych do Internetu zlokalizowanych na 1 kilometrze kwadratowym, co spowoduje dalszy rozwój Internetu Rzeczy, niezbędnego dla tworzenia rozwiązań dla inteligentnych miast oraz inteligentnego rolnictwa⁹.

Należy przy tym podkreślić, że standard sieci 5G jest najbardziej elastycznym, bezpiecznym^{vi} i wiarygodnym standardem sieci komórkowych, jaki do tej pory powstał. Wyżej zaprezentowane parametry sieci 5G będą możliwe tylko w wybranych

ii Oraz 2.5G.

iii Oraz 3.5G.

iv Dane wartości dotyczą maksymalnej prędkości pobierania danych (ang. *maximum download speed*).

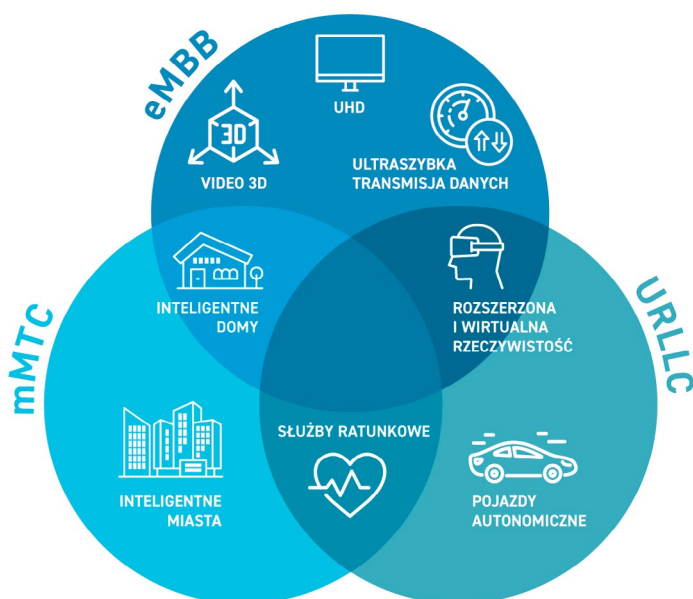
v Na podstawie: ITU, „International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering”, „International Journal of Engineering and Techniques”, Brainbridge, 4G.CO.UK, MIKROE.

vi Np. poprzez wprowadzenie zunifikowanego uwierzytelnienia w sieci 5G w porównaniu do mechanizmów specyficznych dla technologii dostępowej w standardzie 4G, czy wprowadzenie dodatkowego elementu architektury pozwalającego na filtrowanie wiadomości sygnalizacyjnych i „ukrywanie” topologii sieci operatora przed światem zewnętrznym. W sieciach 4G wymienione funkcje nie były wymagane standardami. Standard piątej generacji zapewnia najwyższy poziom bezpieczeństwa spośród dotychczasowych publicznych systemów komunikacji mobilnej. Źródło: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/133500_133599/133501/15.01.00_60/ts_133501v150100p.pdf.

scenariuszach i nie są osiągalne jednocześnie w każdym z przypadków. Innymi słowy użycie sieci 5G dla Internetu Rzeczy cechuje długi czas życia baterii (nawet 15 lat), ale również i niższa średnia przepływność danych w porównaniu do scenariuszy z kategorii eMBB, w których użytkownik transmituje dane nawet 20 Gb/s, zużywając jednak przy tym dużo energii i mając większe opóźnienia. Nie można zatem osiągnąć wszystkich parametrów sieci 5G w jednym momencie, gdyż się wzajemnie wykluczają.

oraz światłowody, niezbędne do osiągnięcia niespotykanych dotąd w ramach sieci mobilnych przepustowości i niskich opóźnień. Na potrzeby 5G niezbędne jest również przydzielenie dedykowanych częstotliwości, aby uniknąć przeciążenia sieci. Już teraz na podstawie prognoz dotyczących rosnącego zapotrzebowania na transfer danych, wielu ekspertów przestrzega przed „zatkaniem” mobilnego Internetu¹⁰.

Przykładowe zastosowania sieci 5G z perspektywy eMBB, mMTC oraz URLLC



ITU zdefiniował trzy istotne kategorie związane z użytkowaniem sieci 5G: (1) **eMBB** (enhanced Mobile Broadband) – ulepszony mobilny Internet szerokopasmowy; (2) **mMTC** (massive Machine-Type Communication) – obsługa bardzo dużej liczby urządzeń podłączonych do sieci na niewielkim obszarze; (3) **URLLC** (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications) – ultra-wiarygodna komunikacja o niskich opóźnieniach i gwarancji niezawodności połączenia.

Źródło: opracowanie własne na podstawie ITU News.

TECHNOLOGICZNE ASPEKTY FUNKCJONOWANIA 5G

O ile pod kątem wpływu technologii 5G na otoczenie gospodarcze mówi się w przestrzeni publicznej o rewolucji, o tyle w zakresie technologicznym jest to tak naprawdę ewolucja już istniejących rozwiązań. Podstawą funkcjonowania sieci będą przekaźniki wyposażone w nowoczesne małe stacje bazowe o bardzo bliskim zasięgu

Przewidywane funkcjonalności sieci 5G możliwe będą dzięki jednoczesnemu wykorzystaniu kilku kluczowych technologii. Należą do nich przede wszystkim: (1) anteny typu Massive MIMO, (2) technologia kształtowania wiązki radiowej (ang. *beamforming*), (3) warstwowanie sieci (ang. *network slicing*), (4) nowe przekaźniki wyposażone w mikro-, piko- oraz femtokomórki, (5) architektura brzegowa oraz (6) wirtualizacja.

(1) Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output)

Massive MIMO stanowi kluczowy element architektury sieci piątej generacji. Działanie anten MIMO można sprowadzić do zasady, zgodnie z którą sieć umożliwia transmisję oraz odbiór więcej niż jednego sygnału jednocześnie. Standardowe anteny MIMO zakładają użycie dwóch lub czterech anten, Massive MIMO natomiast przewiduje istnienie kilkudziesięciu (niektóre firmy zaprezentowały systemy Massive MIMO z liczbą ponad 100 anten). Anteny Massive MIMO są jednak o wiele mniejsze od standardowych. W im więcej anten wyposażony jest nadajnik i odbiornik, tym oferują one więcej możliwych ścieżek sygnału oraz lepszą wydajność pod względem zarówno szybkości transmisji, jak i niezawodności łącza. Co więcej wzrost liczby anten spowoduje również większą odporność na celowe zakłócenia w sieci¹¹. Zdolność tej technologii do obsługi wielu użytkowników oraz wielu urządzeń jednocześnie, zachowując szybkość transmisji oraz stałą wydajność, czyni tę technologię fundamentalną dla rozwoju sieci 5G.

(2) Beamforming

Anteny Massive MIMO będą wykorzystywały technologię inteligentnego kształtowania wiązki radiowej, która umożliwi ukierunkowanie widma (tzw. *beamforming*) w stronę określonego odbiornika. Sygnał będzie przetwarzany w taki sposób, aby trafił on do użytkownika w formie nakierunkowanego sygnału. Dla każdego użytkownika lub grupy użytkowników, znajdujących się na danym azy-mucie, będzie istniała osobna dedykowana wiązka sygnału co zapewni wysoką stabilność połączenia¹².

(3) Network slicing

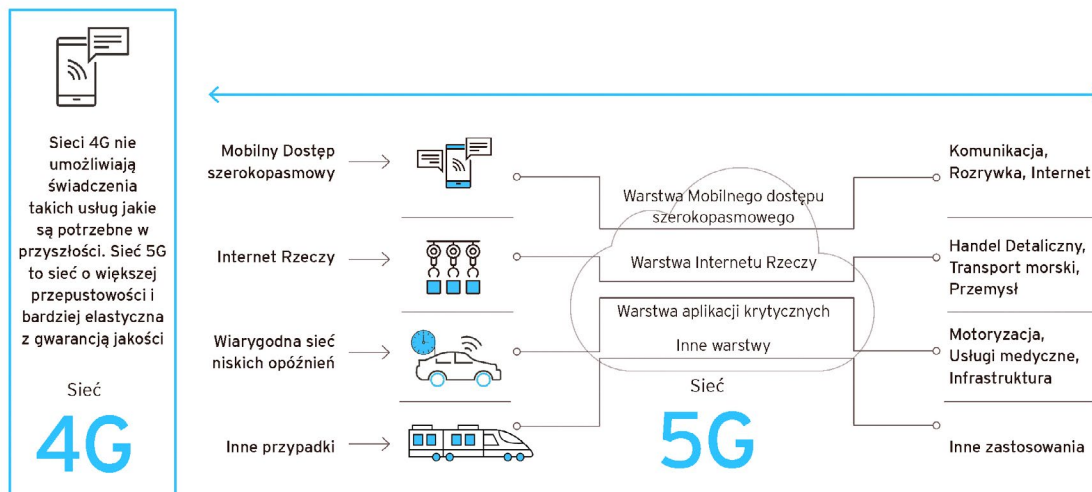
Warstwowanie sieci (ang. *network slicing*, NS) polega na wirtualizacji architektury sieciowej zapewniając przy tym ustaloną jakość sieci dla wybranej frakcji ruchu, sektora gospodarki czy klienta. Warstwowanie sieci może wręcz również posłużyć

do stworzenia sieci wirtualnych o wybranych parametrach (np. specjalna wirtualna sieć dla lekarzy i sektora ochrony zdrowia). Cała sieć może być zatem podzielona na warstwy usługowe, które są stworzone po to, by zaoferować specjalną jakość i parametry dla wybranego sektora lub zastosowania. Przykładowo jedna warstwa sieci może być wykorzystana do świadczenia usług dla autonomicznych pojazdów, druga warstwa dla komunikacji krytycznej, trzecia dla konsumentów łączyjących się z Internetem w domu. Wykorzystanie techniki warstwowania skutkuje gwarancją zapewnienia jakości sieci na całej długości komunikacji (ang. *end-to-end*) oraz bardziej optymalnym wykorzystaniem zasobów sieciowych.

NS (nazywane również „plasterkowaniem”¹³) tworzy zatem wiele równoległych, odizolowanych od siebie sieci i oferuje bardzo dużo różnych funkcjonalności. Dzięki NS można podzielić zasoby obliczeniowe oraz odizolować część ruchu sieciowego, tworząc dopasowane rozwiązania na potrzeby aplikacji, usług i urządzeń (tzw. *verticals*)¹⁴. Na jednej wspólnej infrastrukturze sprzętowej będzie mogło istnieć wiele sieci wirtualnych, których prędkość oraz przepustowość będą dostosowane do konkretnego użycia – na przykład komunikacja samochodu autonomicznego z otoczeniem (tzw. *vehicle-to-everything*, V2X) wymaga minimalnych opóźnień, ale niekoniecznie wysokiej przepustowości. NS zoptymalizuje więc wykorzystanie infrastruktury sieci oraz jej zasobów, co pociągnie za sobą oszczędność energii oraz kosztów¹⁵.

W początkowej fazie rozwoju sieci 5G zakłada się powstanie warstw dla komunikacji w scenariuszu eMBB, tj. konsumentów. W przyszłości zostanie wprowadzona osobna warstwa sieci dla Internetu Rzeczy w przemyśle czy innych zastosowaniach wymagających bardzo wysokiej niezawodności usług. Warstwowanie sieci może być dostępne dla usług na żądanie, co pozwala zaoferować mikrouługi na bazie sieci 5G adresując specyficzne przypadki użycia. Warstwowanie zapewnia przy tym wysokie bezpieczeństwo i poufność komunikacji dzięki odizolowaniu poszczególnych elementów sieci.

Schemat warstwowania sieci 5G



Źródło: opracowanie własne na podstawie ITU News.

(4) Mikro-, piko- i femtokomórki

Docelowo wiele stacji bazowych, stanowiących element architektury 5G, będzie mieć mniejszą moc od tych wykorzystywanych dzisiaj, a sieć, aby sprawnie działać, będzie potrzebowała ich o wiele więcej. Urządzenia podłączone do sieci 5G będą korzystać nie tylko z obecnych częstotliwości, np. 2100 MHz, ale również z częstotliwości fal radiowych nawet 26 GHz (tzw. fale milimetrowe), które są dużo krótsze od fal wykorzystywanych przez sieć 3G czy 4G. Wyższe częstotliwości mają znacznie słabszy zasięg, a także napotykają trudności w przenikaniu przez np. ściany budynków. Obecnie wykorzystywane w sieciach mobilnych makrokomórki pokrywają obszar do kilkunastu kilometrów. Maksymalny zasięg mikrokomórki, która będzie stanowić element sieci 5G to około jeden kilometr (w przypadku wielu „przeszkód” zasięg skraca się do kilkuset metrów). Z kolei femtokomórki oferują jedynie zasięg obejmujący około 10 m. Potrzeba budowy wielu nowych stacji bazowych nie wpłynie jednak w sposób znaczący na krajobraz, gdyż mikro-, piko- i femtokomórki są o wiele mniejsze od obecnych

przebieżników. Szacuje się, że dla docelowego pełnego wdrożenia sieci 5G, wykorzystującej również częstotliwości 26 GHz, potrzebna będzie od 10 do 100 razy większa liczba nadajników¹⁶. Jednakże w pierwszej fazie budowy sieci 5G wykorzystane będą obecne częstotliwości (nastąpi migracja z 3G, 4G LTE do 5G) 3400-3800 MHz oraz tzw. pasmo 700 MHz, co nie przełoży się na znacząco większą liczbę nadajników.

(5) Architektura brzegowa

Mimo, że sieć radiową 5G cechują niskie opóźnienia (4 ms dla eMBB i 1 ms dla URLLC) to całkowite opóźnienia w komunikacji, z wykorzystaniem tradycyjnych serwerów, nadal mogą być zbyt duże dla różnych przypadków wykorzystania sieci, takich jak autonomiczne pojazdy czy rozrywka VR/AR. Wynika to z faktu, że przetwarzanie informacji najczęściej odbywa się daleko od użytkownika, w dedykowanych serwerowniach. By sieć komórkowa 5G mogła obsłużyć takie przypadki potrzebne jest przetwarzanie danych zlokalizowane jak najbliżej użytkownika celem minimalizacji opóźnień związanych z transmisją

danych przez sieć. Właśnie w tym celu została stworzona przez ETSI (Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych) koncepcja *Multi-access Edge Computing*, zwana poprzednio *Mobile Edge Computing* (MEC). MEC to koncepcja architektury sieci, która umożliwi przetwarzanie w chmurze na obrzeżach sieci radiowej. Podstawową ideą stojącą za MEC jest chęć skrócenia odległości w komunikacji poprzez uruchamianie aplikacji i wykonywanie związanych z nimi obliczeń bliżej użytkownika sieci komórkowej. MEC zmniejsza też obciążenie sieci szkieletowej i dzięki temu aplikacje osiągają lepsze wyniki. Technologia MEC jest przeznaczona do wdrożenia w komórkowych stacjach bazowych lub innych węzłach brzegowych i umożliwia elastyczne i szybkie wdrażanie nowych aplikacji i usług dla użytkowników. MEC pozwala również operatorom komórkowym na otwarcie swojej sieci radiowej dla autoryzowanych stron trzecich, takich jak twórcy aplikacji i dostawcy treści poprzez specjalny interfejs (API). MEC, w porównaniu do chmury obliczeniowej, cechuje bliskość i lokalność obliczeń, niższe opóźnienia oraz wiedza o kontekście sieciowym i lokalizacji¹⁷.

(6) Wirtualizacja elementów sieciowych i odseparowanie sprzętu od oprogramowania (NFV, SDN)

Jednymi z najważniejszych technologii wspierającymi rozwój sieci 5G są te pozwalające na oddzielenie realizacji sprzętu sieciowego od oprogramowania, wirtualizację funkcjonalności sieciowych (ang. *Network Functions Virtualization*, NFV) oraz wykorzystanie sieci konfigurowanych programowo (ang. *Software-defined Networking*, SDN). Wraz z mgłą obliczeniową (ang. *fog computing*, FC) oraz Cloud-RAN (C-RAN) pozwalają zwiększyć wydajność, skalowalność oraz możliwości sieci 5G, obniżając przy tym koszty wdrożenia sieci, szczególnie w obszarach gęsto zaludnionych.

Zastosowanie NFV pozwala na oddzielenie funkcjonalności sieciowych od sprzętu i wirtualizację funkcji sieciowych oraz umożliwia stworzenie wirtualnych sieci w sposób programowalny. NFV pozwala na realizację fizycznych elementów sieci

(ang. *Physical Network Functions*, PNF) poprzez wirtualne funkcje sieciowe (ang. *Virtual Network Functions*, VNF). Takie podejście sprawia, że funkcje sieciowe mogą być realizowane za pomocą standardowych serwerów dostępnych u większości dostawców IT, zamiast wykorzystywać do tego celu wyspecjalizowane i dedykowane urządzenia. NFV pozwala również na realizację wielu funkcji sieciowych na jednym urządzeniu co znacząco obniża koszty i zwiększa skalowalność sieci telekomunikacyjnych. NFV wraz z MEC mogą pozwolić na przeniesienie znacznej części zaawansowanego sterowania i inteligencji systemowej ze stacji radiowych do lokalnych serwerów, co spowoduje, że konstrukcje anten będą prostsze i przez to tańsze, co urzeczywistni realizację Cloud-RAN.

SDN jako sieć konfigurowana programowo umożliwia wydzielenie warstwy sterowania od warstwy przekazywania danych. Decyzje o sterowaniu ruchem w sieci podejmuje kontroler SDN będący częścią warstwy sterowania. Wykorzystanie architektury SDN zmniejsza liczbę operacji sterujących, upraszcza je i umożliwia lepszą organizację zasobów i usług. Można przy tym przyjąć, że SDN stanowi uzupełnienie budowy sieci 5G, zaś NFV jest jedną z podstawowych technologii użytych w sieciach 5G.

Trzy najważniejsze atrybuty sieci 5G – szybki transfer danych, minimalne opóźnienia oraz obsługa ogromnej liczby urządzeń podłączonych do sieci – pozwolą na pojawienie się przelomowych rozwiązań mających wpływ na życie codzienne obywateli, modele biznesowe oraz funkcjonowanie przemysłu.



JAK 5G WPŁYNIE NA PRZEDSIĘBIORCÓW I KONSUMENTÓW?

Przełom związany z wdrożeniem sieci 5G nie wydarzy się z dnia na dzień. Zmiany, które będziemy obserwować będą miały raczej charakter stopniowy. Pierwsze wdrożenia sieci 5G oferowane są głównie konsumentom, realizując założenia usługowe dla tzw. kategorii eMBB.

Wiele usług jest jednak w fazie projektów lub w fazie pilotażowej, szczególnie w przemyśle. Na rynku dopiero zaczynają pojawiać się urządzenia zdolne do obsługi sieci piątej generacji. Z czasem jednak zmiany będą widoczne, zarówno dla przedsiębiorstw, konsumentów, jak i gospodarki jako całości. Poniżej przedstawione zostały cztery sektory, w ramach których przewiduje się, że wdrożenie 5G stanowić będzie w kolejnych latach kluczowy element transformacyjny^{vii} – mobilność i transport, inteligentne miasta, rolnictwo oraz media i rozrywka.



MOBILNOŚĆ I TRANSPORT

Oferowana obecnie przepustowość sieci 4G jest zbyt niska, aby efektywnie wdrożyć autonomiczne samochody¹⁸. Według szacunków jeden pojazd autonomiczny będzie generował ponad 4 TB danych każdego dnia. Potrzeba ich przetworzenia generuje konieczność zwiększenia przepływności transmisji danych oraz pojemności sieci oraz uruchomienia przetwarzania danych na skraju sieci. Transport przyszłości będzie wiązał się z dwoma głównymi typami wymiany danych cyfrowych – komunikacją sieciową (za pomocą której pojazd będzie porozumiewał się z szeroko rozumianą infrastrukturą transportową z wykorzystaniem sieci teleinformatycznej) oraz komunikacją

bezpośrednią (odbierając w ten sposób wszelkie ostrzeżenia i analizując aktualną sytuację drogową w oparciu o wbudowane systemy). Technologia oraz standard 5G będą kluczowe dla rozwoju obu typów komunikacji, wymagających przetworzenia ogromnych ilości danych oraz minimalnych opóźnień. Będą one stopniowo zastępować już istniejących na rynku systemy komunikacji pojazdów autonomicznych z otoczeniem takie jak np. protokół Wi-Fi 802.11p (Europa) czy Intelligent Transportation Systems oparte na LTE (USA)¹⁹. 5G nie tylko umożliwi niezawodność połączenia sieciowego oraz zmniejszy opóźnienia, ale także zapewni nowe funkcjonalności dla użytkowników związane z optymalizacją czasu i drogi przejazdu²⁰. Przyczyni się również do znacznego zwiększenia bezpieczeństwa pojazdów autonomicznych oraz samochodów tradycyjnych, które będą mogły być wyposażone w inteligentne systemy bezpieczeństwa. Biorąc pod uwagę opóźnienia w sieci 5G, wynoszące maksymalnie do 0,01 sekundy (w porównaniu do reakcji człowieka prowadzącego samochód, która wynosi ok. 0,5 sekundy), ma ona potencjał do poprawy ogólnego poziomu bezpieczeństwa na drogach. Przykładowo gwałtownie hamujący pojazd, który „zauważył” pieszego wchodzącego na drogę, może z minimalnym opóźnieniem wystać informację do pojazdów znajdujących się za nim, aby te mogły również niemalże jednocześnie rozpocząć hamowanie. Oprócz korzyści związanych z bezpieczeństwem, autonomiczne pojazdy przyczynią się do zwiększenia oszczędności poprzez: mniejsze zużycie paliwa, możliwość zachowania krótszych odstępów od innych samochodów oraz optymalizację czasu przejazdu²¹. Należy przy tym zaznaczyć, że perspektywa wdrożenia autonomicznych pojazdów na masową skalę w Polsce jest perspektywą 2030+ i można sądzić, że ich masowe wykorzystanie przypadnie na początki rozwoju sieci 6G.

vii Wymienione sektory są jedynie przykładowe i nie wyczerpują zastosowań, które możliwe będą dzięki sieci 5G. Inne często analizowane pod kątem przełomowości sieci 5G sektory to np.: zdrowie, Przemysł 4.0, administracja publiczna i e-państwo, logistyka, handel, energetyka.



INTELIĞENTNE MIASTA

Poprawa usług publicznych oraz jakości życia mieszkańców poprzez automatyzację procesów oraz wszechobecny Internet Rzeczy to obietnica miast przyszłości. Wiele aglomeracji już dzisiaj podjęło ku temu pierwsze kroki, jednak są to zazwyczaj pojedyncze inicjatywy i projekty, którym brakuje zintegrowanego podejścia.

Według danych ONZ do 2050 r. w miastach będzie mieszkać 68% populacji²². Aby sprostać temu wyzwaniu, innowacje oraz dalszy postęp technologiczny są niezbędne. O ile sieć 5G nie jest oczywiście jedynym koniecznym warunkiem dla dalszego rozwoju inteligentnych miast, o tyle będzie ona rewolucyjna dla wdrażania kolejnych rozwiązań oraz dla prawidłowego funkcjonowania podłączonych do sieci setek tysięcy urządzeń i czujników. Inteligentne miasto to takie, które będzie reagoowało w czasie rzeczywistym na otaczające warunki, pobierając dane od mieszkańców, pojazdów, budynków oraz infrastruktury. Wykorzystując dane z czujników monitorujących na przykład natężenie ruchu, możliwe będzie wykrycie najbardziej newralgicznych punktów w godzinach szczytu oraz podjęcie kroków mających na celu optymalizację tego problemu (np. zmiana ustawień sygnalizacji świetlnej o konkretnych porach lub wydzielanie dodatkowych pasów drogi, kiedy natężenie jest większe z jednej bądź drugiej strony)²³. 5G zrewolucjonizuje również sieci energetyczne dzięki obecności czujników monitorujących zużycie prądu. Analiza danych w czasie rzeczywistym pozwoli na dostosowanie produkcji energii do jej faktycznego zużycia, prowadząc tym samym do znacznych oszczędności. Podobna optymalizacja będzie dotyczyła miejskich inteligentnych systemów oświetlenia, które będą się włączały tylko wtedy, gdy będzie taka potrzeba²⁴. Inne cechy inteligentnych miast to: monitorowanie wolnych miejsc parkingowych, analiza czystości powietrza oraz wody, optymalizacje związane z wywozem odpadów, niezwłoczne reagowanie na awarie, wdrażanie monitoringu i zabezpieczeń

mających na celu podniesieniu ogólnego poziomu bezpieczeństwa mieszkańców i zmniejszenie przestępczości. Wszystkie wymienione powyżej zastosowania wymagają przetworzenia ogromnych ilości danych i podłączenia do sieci milionów urządzeń, co nie będzie możliwe bez znacznego zwiększenia pojemności sieci oraz szybkości transmisji danych. Należy przy tym zaznaczyć, że wiele z opisanych rozwiązań pozwala zrealizować już sieć NB-IoT oraz LTE-M, gdzie ta ostatnia ma być wykorzystywana w polskiej energetyce²⁵. Nie mniej jednak pełne wdrożenie sieci 5G, a szczególnie funkcjonalności mMTC pozwoli zwiększyć znacząco pojemność sieci w zakresie liczby podłączonych urządzeń oraz zmniejszy opóźnienia w interfejsie radiowym.



ROLNICTWO

Analiza danych w czasie rzeczywistym to jedna z cech sieci nowej generacji, która zrewolucjonizuje sektor rolniczy. Monitorowanie parametrów i możliwość natychmiastowego reagowania przyczynią się do znacznego wzrostu wydajności, spadku kosztów oraz minimalizacji strat. Dane pozyskiwane z czujników będą bardzo precyzyjnie pokazywały miejsca, gdzie gleba wymaga dodatkowego nawodnienia bądź zastosowania nawozu. Dzięki komputerowym systemom wizyjnym, wykorzystującym również technologię sztucznej inteligencji, możliwa stanie się analiza danych wizualnych i ocena np. stanu zdrowia zwierząt. Dzięki 5G rozwiną się także zastosowania poza samym gospodarstwem. Możliwość umieszczenia setek urządzeń i czujników na małym obszarze przyczyni się do wprowadzenia innowacji w całym łańcuchu dostaw pomiędzy rolnikiem a konsumentem. Obejmą one takie kwestie jak np.: identyfikowanie zakażeń bakteryjnych; kierowanie dostaw tam, gdzie jest na nie największy popyt czy monitorowanie temperatury w chłodniach i natychmiastowe reagowanie na pojawiające się anomalie. Innowacje w tym sektorze wydają się tym bardziej konieczne, że wciąż wzrastającej liczbie ludności towarzyszą rosące potrzeby żywieniowe. Dodatkowo sektor ten charakteryzuje się niskimi

marzami oraz dużym ryzykiem działalności, dlatego poprawa wydajności i precyzji mają zasadnicze znaczenie²⁶. Rolnictwo wciąż jednak pozostaje jedną z najmniej zaawansowanych gałęzi gospodarek pod kątem rozwoju cyfrowego, a tylko niewiele gospodarstw wdraża nowoczesne rozwiązania. Koniecznym jest więc usuwanie barier w popularyzacji technologii, zapewnienie dostępu do stabilnego i szybkiego łącza na obszarach wiejskich, a także wzrost świadomości co do korzyści, jakie mogą nieść innowacje dla wzrostu wydajności i optymalizacji kosztów działalności rolniczej.



MEDIA I ROZRYWKA

Sektor mediów i rozrywki będzie jednym z największych beneficjentów sieci 5G. Postęp technologiczny od zawsze obecny był w branży medialnej i rozrywkowej, a wysoka przepustowość sieci 5G i minimalne opóźnienia uwolnią kolejną falę innowacji. Społeczeństwo w coraz większym stopniu korzysta z rozrywki w trybie na żądanie na urządzeniach mobilnych (np. z filmów), do którego niezbędna jest wysoka jakość transmisji strumieniowej (wg danych jest to również jedno z głównych kryteriów związanych z poczuciem zadowolenia konsumenta z dostawcy sieci). Obecnie transmisja strumieniowa wciąż napotyka dużo wyzwań, wiele połączeń nie radzi sobie z obsługą formatów o wyższej rozdzielczości, a filmy często zacinają się („buforują”) w trakcie odtwarzania. 5G wpłynie również na rozwój trójwymiarowych hologramów, transmisji 3D, usług wideo na platformach społecznościowych, wideo 360-stopni oraz rozszerzonej rzeczywistości²⁷. 5G oczywiście wpłynie także na Hollywood i przemysł filmowy. Studia filmowe już teraz pracują nad rozwiązaniami mającymi umieścić widza w samym środku akcji filmu, wykorzystując technologię wirtualnej rzeczywistości. Aby działała ona sprawnie i nie powodowała dyskomfortu u użytkownika, niezbędne są nieodczuwalne opóźnienia (które u niektórych mogą wywoływać zawroty głowy i nudności)²⁸. Obecnie sieci

nie są w stanie sprostać wymaganiom tych aplikacji, jednak oczekuje się, że 5G wraz z przetwarzaniem w chmurze oraz technologią *edge computing* nadadzą impuls dalszemu rozwojowi tej branży wprowadzając użytkowników oraz rynek na kolejny poziom rozrywki.

PODSUMOWANIE

Inwestycja w budowę sieci 5G jest konieczna zarówno z punktu widzenia konkurencyjności polskiej gospodarki jak i dostępu polskich obywateli, niezależnie czy w dużych ośrodkach miejskich czy na terenach wiejskich, do usług cyfrowych nowej generacji. Bezpośrednio przełoży się ona także na pozyskiwanie zaawansowanych technologicznie inwestycji oraz wzrost liczby miejsc pracy. Trzy najważniejsze atrybuty sieci 5G – wysoka przepustowość sieci, minimalne opóźnienia oraz obsługa ogromnej liczby urządzeń podłączonych do sieci – pozwolą na pojawienie się przełomowych rozwiązań mających wpływ na życie codzienne obywateli, modele biznesowe oraz funkcjonowanie przemysłu. Jak wskazuje Komisja Europejska sieć 5G będzie jednym z najważniejszych elementów składowych gospodarki cyfrowej w kolejnej dekadzie. System wytwórczy będzie dążył w kierunku rozproszonej organizacji produkcji obejmując połączone do sieci towary oraz procesy. Szacuje się, że globalne przychody związane z rozwojem usług opartych na 5G wyniosą do 225 mld EUR w 2025 r. Biorąc pod uwagę wyzwania, przed jakimi stoi współczesny świat, takie jak starzenie się społeczeństwa, zmiany klimatu oraz zrównoważony rozwój, wprowadzenie technologii mogących chociaż częściowo odpowiadać na te problemy, wydaje się oczywistym wyborem.

PRZYPISY

- 1 Ericsson Mobility Report, Ericsson, November 2019, [online:] <https://www.ericsson.com/4acd7e/assets/local/mobility-report/documents/2019/emr-november-2019.pdf>.
- 2 Gupta P., Agrasen M., *Evolution of Mobile Generations: 1G to 5G*, "International Journal for Technological Research in Engineering", Volume 1, Issue 3, November 2013.
- 3 *Generacje Telefonii Komórkowej*, Telepern, [online:] <http://www.telepern.pl>.
- 4 Gupta P., Agrasen M., *Evolution of Mobile Generations: 1G to 5G*, op. cit.
- 5 *The Evolution to 3G Mobile – Status Report*, ITU, [online:] <https://www.itu.int/itu-news/issue/2003/06/thirdgeneration.html>.
- 6 Urbanek A., *UMTS – Nowe Możliwości Sieci*, Computer World, 2000, [online:] <https://www.computerworld.pl/news/UMTS-nowe-mozliwosci-sieci,277471.html>.
- 7 Gupta P., Agrasen M., *Evolution of Mobile Generations: 1G to 5G*, op. cit.
- 8 Poonam Beniwal N., *The Scope of 4G Technology: A Review*, "International Journal of Technical Research", 2016, [online:] <https://www.omgroup.edu.in/downloads/files/n57c52e9922d56.pdf>.
- 9 *Przewodnik po 5G*, Ministerstwo Cyfryzacji, 2019, [online:] <https://www.gov.pl/web/5g/przewodnik-po-5g>.
- 10 Tamże.
- 11 *What is Massive MIMO Technology*, 5G.CO.UK, [online:] <https://5g.co.uk/guides/what-is-massive-mimo-technology/>.
- 12 *5G: Sieci Telekomunikacyjne Nowej Generacji*, Ministerstwo Cyfryzacji, [online:] <https://www.gov.pl/web/5g/inteligentne-nadajniki>.
- 13 *Oplacalność Network Slicing*, Ericsson, [online:] <https://media.ericsson.pl/aktualnosci/pr/359457/analiza-ericsson-oplaczalnosc-network-slicing>.
- 14 *Strategia 5G dla Polski*, Ministerstwo Cyfryzacji, [online:] <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/strategia-5g-dla-polski>.
- 15 *What is Network Slicing*, 5G.CO.UK, op. cit.
- 16 *Stacje Bazowe*, Ministerstwo Cyfryzacji, [online:] <https://www.gov.pl/web/5g/stacje-bazowe>.
- 17 *Multi-access Edge Computing (MEC)*, ETSI, [online:] <https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing>.
- 18 Khosravi B., *Autonomous Cars Won't Work – Until We Have 5G*, Forbes, [online:] <https://www.forbes.com/sites/bi-jankhosravi/2018/03/25/autonomous-cars-wont-work-until-we-have-5g/#e80eb37437e0>.
- 19 Keatney, *5G: a key requirement for autonomous driving—really?* <https://www.kearney.com/communications-media-technology/article/?/a/5g-a-key-requirement-for-autonomous-driving-really->.
- 20 *Development in the Mobility Technology Ecosystem – How Can 5G help?* McKinsey & Company, 2019, [online:] <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/development-in-the-mobility-technology-ecosystem-how-can-5g-help>.
- 21 *Autonomiczne Pojazdy*, Ministerstwo Cyfryzacji, [online:] <https://www.gov.pl/web/5g/autonomiczne-pojazdy>.
- 22 Dorval J., *How 5G Can Make Smart Cities Even Smarter*, CISCO, 2019, [online:] <https://blogs.cisco.com/sp/how-5g-can-make-smart-cities-even-smarter>.
- 23 Moore M., *5G and Smart cities: Everything you Need to Know*, TechRadar, 2019, [online:] <https://www.techradar.com/news/5g-and-smart-cities-everything-you-need-to-know>.
- 24 *Inteligentne systemy energetyczne*, Ministerstwo Cyfryzacji, [online:] <https://www.gov.pl/web/5g/inteligentne-systemy-energetyczne>.
- 25 *Wymagania w zakresie łączności radiowej dla sektora energii w dobie transformacji cyfrowej*, Opracowanie zespołowe pod kier. dr. inż. Sławomira Kuklińskiego z Instytutu Telekomunikacji, Instytut Telekomunikacji, Politechnika Warszawska, 2019, [online:] <http://smart-grids.pl/index.php/technologie/2912-ogloszono-raport-wskazujacy-wymagania-laczności-radio-wej-dla-sektora-energii>.
- 26 *5G Use Cases: Sensor Networks for Farming and Agriculture*, Carritech, [online:] <http://www.carritech.com/news/5g-use-cases-sensor-networks-farming-agriculture/>.
- 27 *What do Consumers Expect from 5G Entertainment?*, IBM, 2019, [online:] <https://www.ibm.org/publish/what-do-consumers-expect-from-5g-entertainment/4689.article>.
- 28 Katibeh M., *Lights, Camera, 5G: Transforming the Entertainment Industry with 5G*, Forbes, 2019, [online:] <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/11/27/lights-camera-5g-transforming-the-entertainment-industry-with-5g/#40151810467e>.

STAN STANDARYZACJI I WDRAŻANIA SIECI 5G NA ŚWIECIE

Do końca 2019 r. nie został jeszcze w pełni formalnie zakończony proces standaryzacji sieci 5G. W związku z tym dostawcy sprzętu nie oferują jeszcze operatorom sieci komórkowych wszystkich funkcjonalności. Obecnie wdrażane komercyjne sieci 5G buduje się głównie na bazie istniejących już sieci 4G\LTE, dokonując m.in. aktualizacji oprogramowania i zakupu funkcjonalności od dotychczasowych dostawców obecnych już w sieci operatora. Sieć 5G wykorzystuje zatem ten sam szkielet sieci co sieć 4G\LTE – a taki typ wdrożenia nazywany jest NSA (*non-standalone*). Śledząc proces standaryzacji można wskazać, że już od roku 2020 powinny być możliwe wdrożenia niezależnych sieci 5G w tzw. trybie SA (*standalone*), gdzie wykorzystany zostanie nowy szkielet sieci przeznaczony do 5G.

W zakresie usług sieci 5G na koniec roku 2019 dominowały rozwiązania z zakresu eMBB (tzw. rozszerzonego dostępu do internetu) nakierowanego na konsumenta końcowego i do końca 2022 r. powinny zostać zamknięte standardy z kategorii usługowych URLLC (m.in. Przemysł 4.0, autonomiczne samochody) oraz mMTC (m.in. *smart city*) co przełoży się na pełne spektrum możliwości sieci 5G.

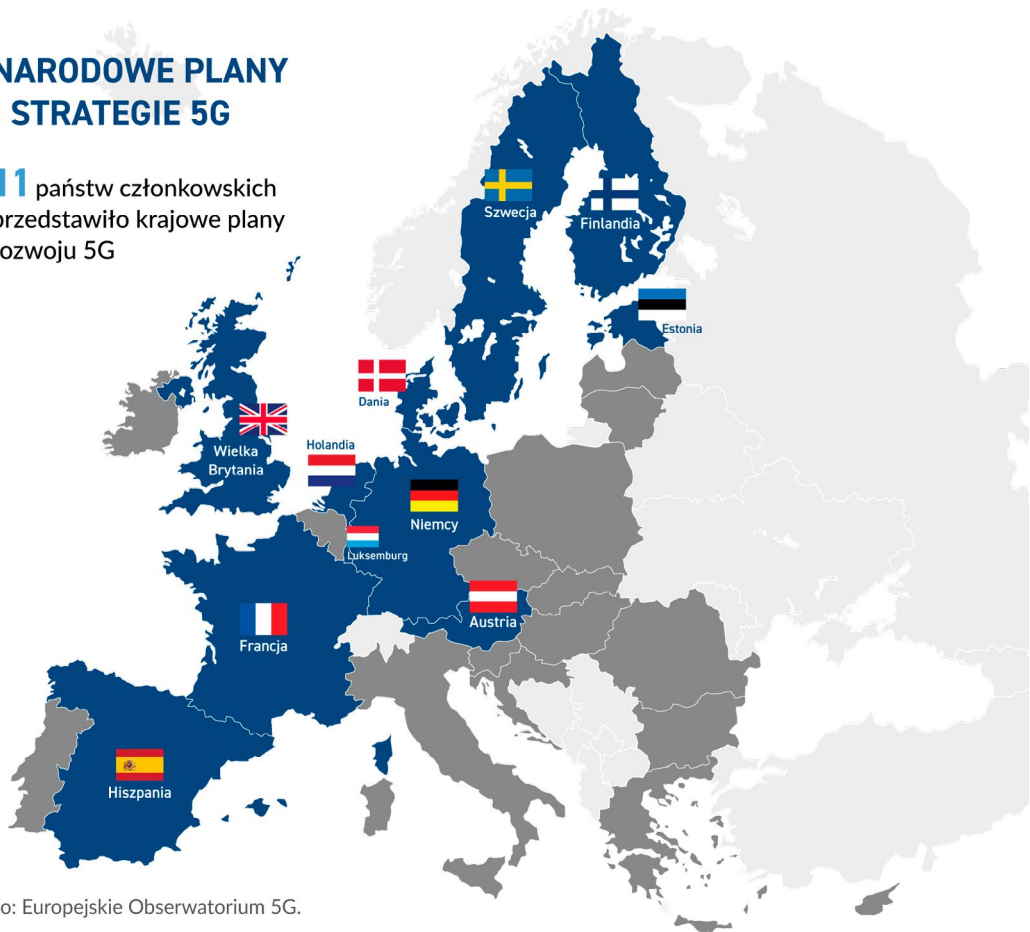
Już wdrożone sieci 5G bazują na 15. wydaniu standardu 3GPP, a pełna specyfikacja sieci 5G obejmuje wydania 15.-17. Harmonogram prac 3GPP, przewiduje zamknięcie wydania 17. na przełomie roku 2021/22¹.

STAN WDROŻENIA SIECI 5G W EUROPIE

Operatorzy w Europie od 2017 r. współpracują z producentami sieci 5G i firmami reprezentującymi wiodące sektory gospodarki celem przetestowania możliwości i zweryfikowania możliwości sieci 5G. Biznes od kilku lat testuje sieci 5G współpracując przypadki użycia interesujące z punktu

NARODOWE PLANY I STRATEGIE 5G

11 państw członkowskich przedstawiło krajowe plany rozwoju 5G



Źródło: Europejskie Obserwatorium 5G.

Finlandia, Irlandia, Hiszpania, Niemcy, Rumunia, Węgry, Włochy i Wielka Brytania, można już korzystać z usług 5G. Sieci 5G w tych krajach udostępnia minimum jeden operator sieci komórkowej. W takich krajach jak Finlandia, Niemcy, Rumunia, Włochy czy Wielka Brytania dostęp do sieci 5G oferuje co najmniej dwóch operatorów sieci komórkowych.

STAN WDROŻEŃ SIECI 5G NA ŚWIECIE

Nie tylko w Europie mają miejsce testy i wdrożenia sieci 5G. Przykładowo katarski operator Ooredoo ogłosił dostępną dla klientów sieć 5G w maju 2018 r. W Stanach Zjednoczonych czterej główni operatorzy uruchomili sieci 5G. W październiku 2018 r. Verizon Wireless (VZW) jako pierwszy uruchomił usługi w czterech miastach koncentrując się na konsumentach i szybszym dostępie do Internetu w domu.

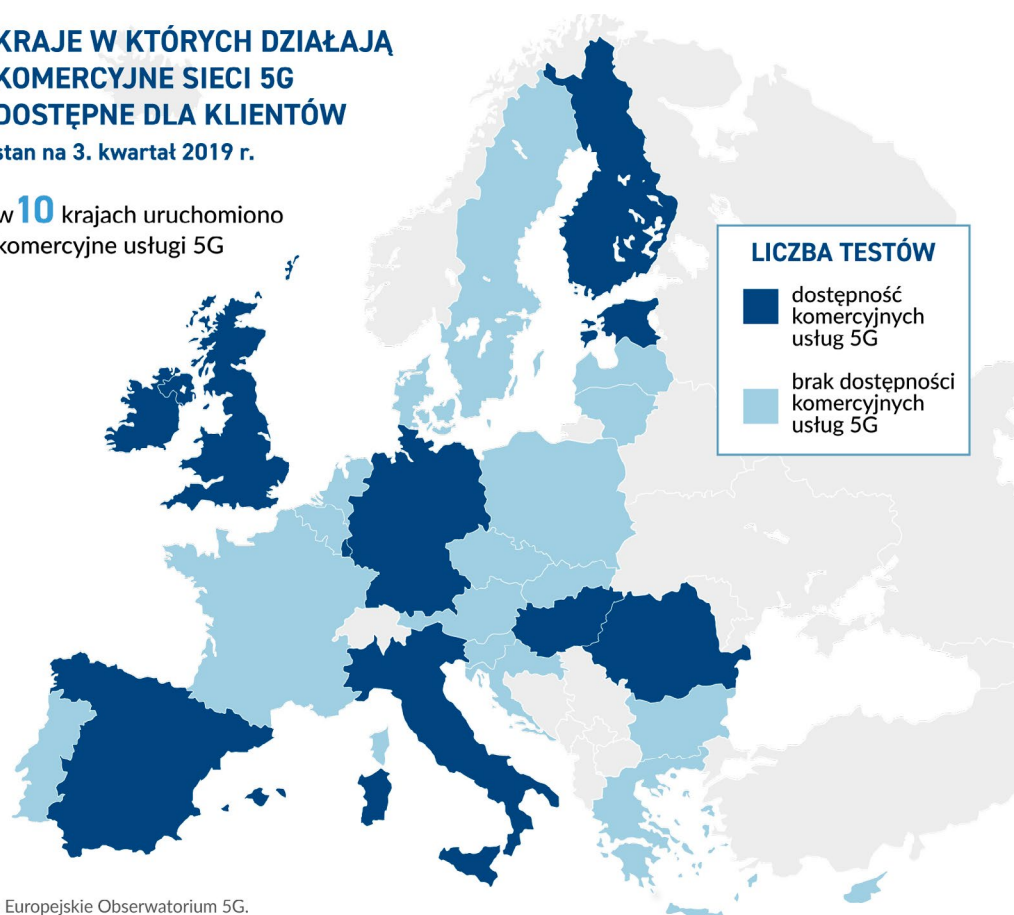
Obecne jednak wdrożenie sieci 5G w Stanach Zjednoczonych odbyło się z wykorzystaniem wysokich częstotliwości co sprawiło, że na ten moment sieć nie jest masowo dostępna dla konsumentów. Komisja FCC pracuje nad uwolnieniem kolejnych pasm dla sieci 5G, a sieć ogólnonarodową stara się obecnie zapewnić T-Mobile USA na bazie tzw. pasma APT 700 MHz.

Jednym z pionierów wdrożenia sieci 5G jest Korea Południowa. W grudniu 2018 r. swoje sieci 5G uruchomili wszyscy czołowi operatorzy w tym kraju, początkowo oferując usługi klientom korporacyjnym. Od kwietnia 2019 r. sieć 5G jest też dostępna dla konsumentów. W kraju tym prowadzonych jest też szereg testów np. specjalnych sieci 5G w szpitalach³.

KRAJE W KTÓRYCH DZIAŁAJĄ KOMERCYJNE SIECI 5G DOSTĘPNE DLA KLIENTÓW

stan na 3. kwartał 2019 r.

w **10** krajach uruchomiono
komercyjne usługi 5G



Źródło: Europejskie Obserwatorium 5G.

Sieci 5G uruchomiono również w Australii (pierwszym operatorem była Telstra w 2018 r., a następnie sieć 5G uruchomił operator Optus w styczniu 2019 r.), Bahrajnie (operator Viva w lutym 2019 r.), Kuwejcie (Visa, Zain i Ooredoo w czerwcu 2019), Katarze (Ooredoo w maju 2018 r. i Vodafone w sierpniu 2018 r.), Arabii Saudyjskiej (STC i Zain w czerwcu 2019 r.) czy Zjednoczonych Emiratach Arabskich (Etisalat we wrześniu 2018 r., Du w czerwcu 2019 r.).

Z kolei w Chinach wszyscy trzej operatorzy (China Mobile, China Telecom, China Unicom) uruchomili usługi 1 listopada 2019 r. W Japonii operatorzy sieci komórkowych uruchomili usługi 5G w marcu 2020 r.

Stan wdrożenia sieci 5G dobrze podsumowuje ostatni raport GSA⁴ (Global mobile Suppliers Association) – stowarzyszenie założone przez

dostawców infrastruktury służącej do budowy sieci telefonii komórkowej w celu promocji rozwiązań związanych z telefonią komórkową jako platformy dla budowy telefonii 3G, 4G oraz 5G. Według GSA na koniec stycznia 2020 r.:

- 356 operatorów w 121 krajach ogłosiło, że inwestuje w 5G;
- 77 operatorów ogłosiło, że wdrożyło w swoich sieciach technologię 5G zgodną z 3GPP, jednak nie wszyscy zdążyli ją zaoferować swoim klientom;
- 62 operatorów w 34 krajach uruchomiło komercyjnie jedną lub więcej usług 5G zgodnych z 3GPP, z czego 52 operatorów oferuje usługi mobilne na smartfony, a 35 oferuje dostęp do Internetu z domu.

STAN DOSTĘPNOŚCI URZĄDZEŃ PRACUJĄCYCH W SIECI 5G

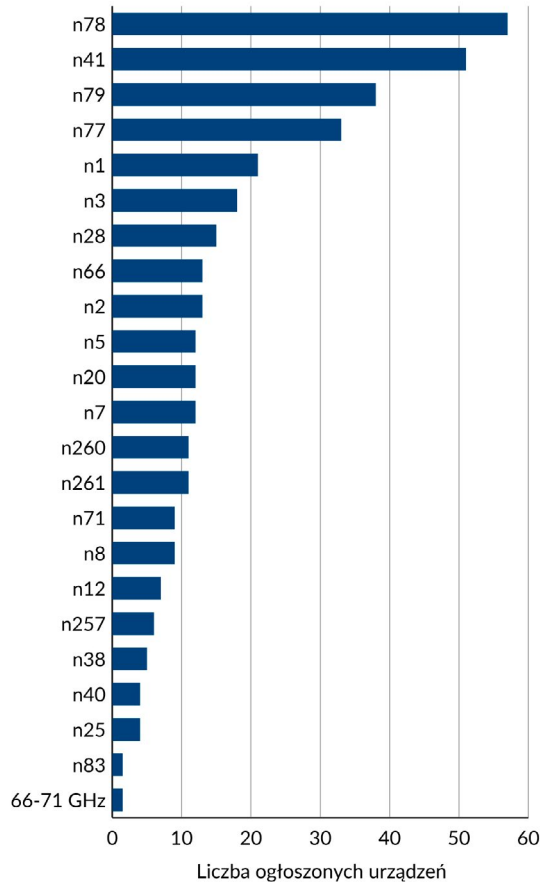
Według ostatniego raportu stowarzyszenia GSA⁵ do stycznia 2020 r. ponad 70 dostawców ogłosiło łącznie 208 urządzeń 5G, z czego przynajmniej 60 z nich jest już dostępnych. Z ogłoszonej liczby 208 urządzeń, telefony stanowią 29,8%, urządzenia do instalacji w domu lub na zewnątrz w postaci routera stanowią 33,2%, ponadto 16% moduły, 13,5% stanowią inne urządzenia, a hotspoty to 6,7%.

Ponad dwie trzecie z ogłoszonych urządzeń używa pasma poniżej 6 GHz, a jedna trzecia obsługuje pasmo milimetrowe. Ponad 27% urządzeń wspiera równocześnie pasmo milimetrowe i pasmo poniżej 6 GHz. Z kolei 80% z dostępnych komercyjnych urządzeń wykorzystuje pasmo poniżej 6 GHz.

Najbardziej popularnymi pasmami wykorzystywanymi przez ogłoszone urządzenia są pasma:

- n78 (TDD 3300 – 3800 MHz),
- n41 (TDD 2496 – 2690 MHz),
- n79 (TDD 4400 – 5000 MHz),
- n77 (TDD 3300 – 4200 MHz),
- n1 (FDD 2100 MHz),
- n3 (FDD 1800 MHz).

Wsparcie pasm przez urządzenia jakie zostały ogłoszone przez dostawców do końca stycznia 2020 r.



Źródło: GSA.

PRZYPISY

1 Baker M., Chandramouli D., Ghosh A., Mäder A., *5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology Beyond 3GPP Release 15*, 2019, [online:] https://www.researchgate.net/publication/335669248_5G_Evolution_A_View_on_5G_Cellular_Technology_Beyond_3GPP_Release_15.

2 Europejskie Obserwatorium Sieci 5G, [online:] <https://5gobservatory.eu/>.

3 *Quarterly Report 6, Up to December 2019*, Europejskie Obserwatorium 5G, 2019, [online:] <http://5gobservatory.eu/observatory-overview/observatory-reports/>.

4 *Evolution from LTE to 5G: global market status February 2020*, GSA, 2020, [online:] <https://gsacom.com/paper/lte-to-5g-market-status-feb-2020/>.

5 *5G device ecosystem report: January 2020*, GSA, 2020, [online:] <https://gsacom.com/paper/5g-device-ecosystem-report-february-2020/>.



NAJWIĘKSI GRACZE NA RYNKU SIECI 5G

W porównaniu z siecią 4G, piąta generacja technologii mobilnej stanowi olbrzymi krok naprzód nie tylko z perspektywy odbiorców usług opartych na 5G, ale także producentów tworzących rozwiązania umożliwiające jej wdrożenie na masową skalę. W ramach niniejszego rozdziału przedstawiono czterech globalnych liderów w zakresie rozwoju i komercyjnego wdrażania technologii wykorzystywanych w sieciach 5G, tj. Ericsson, Huawei Technologies, Nokia oraz Samsung Electronics. Uwzględnione przedsiębiorstwa zostały wybrane według następujących kryteriów:

- są liderami w sektorze sprzętowej infrastruktury 5G,
- zajmują wiodące pozycje na rynku globalnym w ramach wdrożeń komercyjnych oraz pilotażowych,
- cechują się silną obecnością na rynku europejskim lub Ameryki Północnej,
- są liderami innowacji i wyznaczania standardów.

Biorąc pod uwagę powyższe kryteria, nie przedstawiono w ramach niniejszego rozdziału innych producentów sieci 5G, takich jak japoński NEC lub Fujitsu, czy też małych producentów rozwiązań 4G, takich jak izraelski Mavenir lub AltioStar, rozwijających sieć radiową na bazie standardu Open RAN.

ERICSSON

Ericsson jest jednym z największych przedsiębiorstw, które konkurują na rynku technologii 5G. Strategia biznesowa tego producenta jest zorientowana na zwiększaniu globalnej pozycji na rynku. Aktualnie przedsiębiorstwo posiada oddziały w 113 krajach na całym świecie – od Albanii po Zimbabwe¹. Zgodnie z danymi Ericssona na początku 2020 r. firma posiadała 81 podpisanych komercyjnych kontraktów 5G na pięciu kontynentach, z których 35 zostało ogłoszonych publicznie, w tym 14 w Europie, jednocześnie producent

ze Szwecji obsługiwał ogółem 25 uruchomionych sieci 5G². Spośród ponad 95 000 pracowników Ericsson¹ około 35 000 jest zatrudnionych w Europie, gdzie przedsiębiorstwo prowadzi 21 ośrodków badawczo-rozwojowych. Dwa z nich, zatrudniające ponad 3000 osób, ulokowane są w Łodzi oraz w Warszawie i stanowią owoc wykupienia w roku 2017 firmy Ericpol z jej oddziałami w Polsce³. Związki Ericssona z rynkiem polskim sięgają jeszcze roku 1901⁴, a w połowie 2019 r. przedsiębiorstwo ogłosiło ulokowanie produkcji urządzeń 5G w Polsce⁵.

Oferta 5G firmy Ericsson koncentruje się na rozwiązaniach dostępowych i transportowych sieci⁶. Obejmuje wiodące rozwiązania radiowe pracujące w pasmach wysokich i średnich częstotliwości, a także rozwiązanie ze współdzieleniem częstotliwości. To ostatnie, wyprodukowane przez szwedzkie przedsiębiorstwo pod nazwą Ericsson Radio System, może okazać się sposobem na płynne przejście z technologii 4G na 5G⁷ oraz odegrać ważną rolę z punktu widzenia wzajemnej kompatybilności standardów sieciowych⁸. W połączeniu z rozwiązaniami z zakresu zagęszczania sieci (ang. *network-densifier*) będzie mieć zasadnicze znaczenie na etapie uruchamiania pierwszych systemów „5G ready” oraz 5G *standalone*.

Wartość inwestycji B+R szwedzkiego przedsiębiorstwa w 2018 r. wyniosła 38,9 miliarda koron szwedzkich (SEK) [3 673,4 mld EUR]. W zakresie działalności B+R Ericsson złożył ogółem 1 494 wnioski patentowe, z czego, zgodnie ze stanem na koniec 2019 r., w 768 przypadkach udzielono patentu. Taki wynik plasuje przedsiębiorstwo na szóstym miejscu pod względem liczby złożonych wniosków patentowych związanych z technologią 5G. Uwzględniając jednak nie tyle liczbę, co istotność patentów, szwedzkie przedsiębiorstwo jest liderem w sektorze innowacji 5G. Zgodnie z danymi przytaczanymi przez analityków Bird & Bird Ericsson zajmuje pierwsze miejsce

z 15,8% udziału w ogólnej liczbie patentów o kluczowym znaczeniu (ang. *Standard-Essential Patents*, SEP), co stanowi o 1,7% więcej od Samsunga i prawie 5% więcej od Nokii i Huawei⁹. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że przywoływane w rozdziale dane ilościowe oraz jakościowe dotyczące patentów technologicznych, obarczone są szeregiem problemów metodologicznych. Z jednej strony sama liczba patentów nie odzwierciedla ich znaczenia, co najbardziej widoczne jest na przykładzie praktyki inicjowania masowej liczby zgłoszeń patentowych w celu podniesienia wskaźników, które po upływie pierwszego okresu ochrony są porzucane, a ich ochrona nieprzedłużana¹⁰. Z kolei w kontekście patentów o kluczowym znaczeniu (SEP) znaczny element oceny jakościowej zależy od formy i zakresu danych dostarczanych przez samych producentów do instytucji standaryzujących.

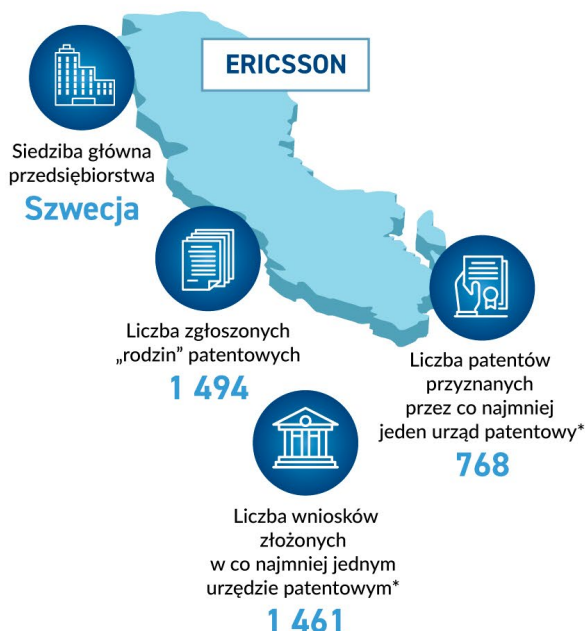
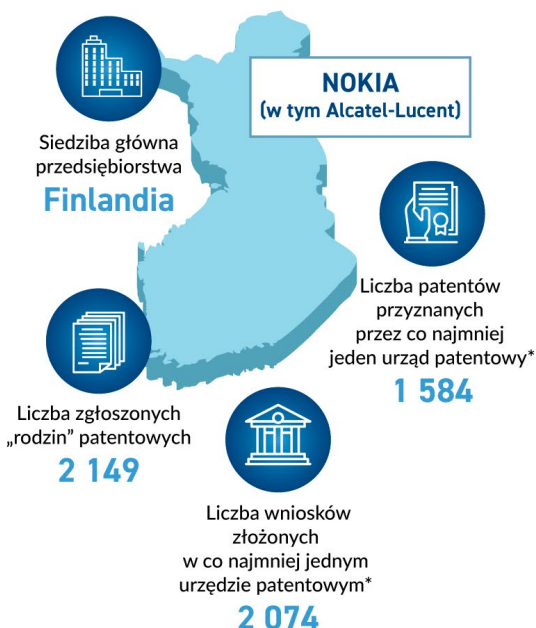
HUAWEI Technologies

Chińskie przedsiębiorstwo, założone w 1987 r. w Shenzhen, jest jednym z czołowych graczy na rynku technologii 5G. Obecna dziś w 170 krajach firma Huawei weszła na rynek europejski w 2000 r. Przedsiębiorstwo posiada silną pozycję w Azji, zaś w ostatnich latach zwiększa także swoją obecność na rynku europejskim. Europejski oddział Huawei zatrudnia około 13 300 pracowników w 25 krajach, zaś ogólnoświatowe zatrudnienie w chińskiej korporacji plasuje się na poziomie 194 000.

Huawei zaprezentował swoją ofertę 5G stosunkowo wcześnie, bo już w 2018 r. na targach Mobile World Congress w Barcelonie. Urządzenia dla stałego dostępu bezprzewodowego i sprzęt dla radiowej sieci dostępowej stanowią jej kluczowy element. Oferta 5G przedsiębiorstwa koncentruje się w znacznej mierze na paśmie częstotliwości średnich, tj. 3,4-3,8 GHz. Wynika to z popytu na rynku macierzystym, na którym aktualnie wprowadza łączność w standardzie 5G¹¹.

¹ Na koniec 2018 r. łączna liczba pracowników zatrudnionych w Ericssonie wyniosła 95 359.

ZGŁOSZONE ORAZ UDZIELONE PATENTY ZWIĄZANE Z 5G - STAN NA STYCZEŃ 2020 ROKU



* Urzędzie Patentów i Znaków Towarowych Stanów Zjednoczonych (USPTO), w Europejskim Urzędzie Patentowym (EPO) lub w ramach układu o współpracy patentowej (PCT)

Huawei Technologies obecnie prezentuje się jako numer jeden w zakresie podpisanych globalnie kontraktów komercyjnych dla sieci 5G. Zgodnie ze stanem przedstawionym przez Huawei, na dzień 21 lutego 2020 r. ich liczba wynosi 91, w tym 47 z usługodawcami europejskimi¹². Firma nie podaje publicznie listy wszystkich swoich klientów sieci 5G, jednak potwierdzono, że w ich gronie znaleźli się m.in. operatorzy z Bahrajnu, Kambodży, Kataru, Zjednoczonych Emiratów Arabskich. W kontekście Europy Huawei podaje, że podpisał komercyjne kontrakty na obecność w 20 sieciach 5G, w tym u operatorów ze Szwajcarii, Niemiec, Anglii, Włoch, Holandii, Hiszpanii czy Finlandii¹³.

Jedną z mocnych stron chińskiego przedsiębiorstwa są znaczące inwestycje w badania i rozwój. Na przestrzeni minionych trzech lat firma Huawei wydała na ten cel 267 miliardów juanów chińskich (CNY)ⁱⁱ [35,09 mld EUR], w tym ponad 13 mld euro w roku

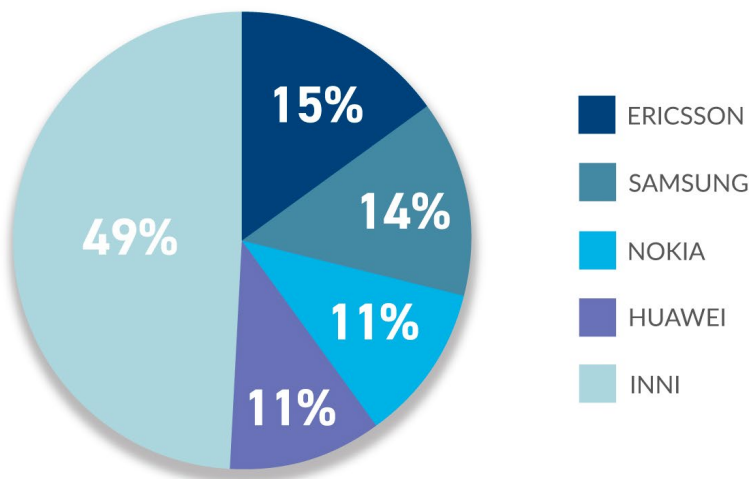
2018. Jej dział B+R zatrudnia blisko 80 000 osób w 50 obiektach badawczo-rozwojowychⁱⁱⁱ, z których 23 są zlokalizowane w Europie. Nacisk na B+R daje firmie czołową pozycję w rankingu pod względem złożonej liczby „rodzin” patentów związanych z 5G, jednak w ujęciu jakościowym firma spada na czwarte miejsce za bezpośrednią konkurencją.

NOKIA

Fińskie przedsiębiorstwo jest najstarszym ze wszystkich czterech uwzględnionych w analizie. Zostało powołane w Tampere w roku 1865 i od tamtej pory zasięg działalności firmy objął aż 118 krajów. Rynkiem macierzystym dla Nokii jest Europa, jednak aktualnie największy zysk przedsiębiorstwa pochodzi z Ameryki Północnej¹⁴, gdzie Nokia rozszerzyła w ostatnich latach swoją działalność dzięki przejęciu m.in. Bell Labs (poprzez Alcatel-Lucent).



UDZIAŁ W OGÓLNEJ LICZBIE PATENTÓW ZWIĄZANYCH Z 5G WEDŁUG WSKAŹNIKA ISTOTNOŚCI (ang. *essentiality rate*)



Źródło: opracowanie własne na podstawie badań Bird & Bird.

ii Z obliczeń wyłączone wydatki B+R firmy Huawei w roku 2019, ponieważ sprawozdanie roczne za ten rok jeszcze nie zostało opublikowane.

iii 36 kooperacyjnych centrów innowacji oraz 14 ośrodków B+R Huawei.

Firma posiada 66 komercyjnych umów na budowę sieci 5G, 19 funkcjonujących sieci oraz ponad 100 porozumień w zakresie współpracy. Nokia wdraża rozwiązania dla piątej generacji m.in. w Wielkiej Brytanii, Arabii Saudyjskiej, Nowej Zelandii czy USA¹⁵.

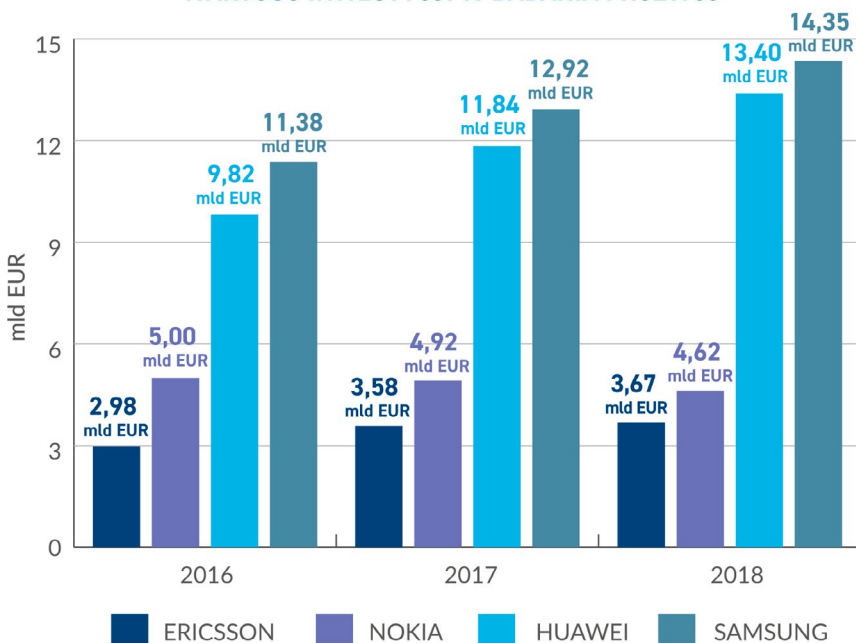
Fundament oferty Nokii dla 5G stanowią rozwiązania dla sieci szkieletowych oraz RAN i warstwy przesyłowej. Dedykowanym rozwiązaniem dla piątej generacji sieci mobilnych stanowi 5G Future X. System ten bazuje na flagowych dla fińskiej firmy krzemowych chipsetach ReefShark i ma zapewniać odpowiedni zasięg sieci. Jednocześnie Future X dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji zmniejszy rozmiar anten MIMO w celu optymalizacji działania sieci, poprawiając tym samym parametry użytkownika tak zbudowanej architektury¹⁶. Firmowe rozwiązanie RAN z zakresu chmury, jakim jest AirScale, jest technologicznie elastyczne, gdyż łączy w sobie rozwiązania lokalne i realizowane w chmurze co umożliwia skalowanie przepustowości sieci¹⁷. Takie podejście jest niezwykle przydatne w środowisku Internetu Rzeczy. Użycie

nagradzanych kompaktowych ogniw AirScale zapewnia zasięg zarówno wewnątrz budynków, jak i na wolnym powietrzu.

Po dwóch latach wzrostów wydatków B+R w 2016 i 2017, w 2018 r. przedsiębiorstwo wydało o 6,02% mniej (zob. *Wartość inwestycji w badania i rozwój w roku 2016, 2017 oraz 2018*). Na dzień dzisiejszy (luty 2020 r.) fiński gigant telekomunikacyjny w dalszym ciągu nie opublikował dokumentu podsumowującego rok 2019. Niewiele wyjawiono też na temat zeszłorocznych innowacji. Niezależnie od tego Nokia zanotowała 66 podpisanych komercyjnych kontraktów 5G i obsługuje ogółem 19 uruchomionych sieci 5G¹⁸.

W wyniku fuzji z Alcatel-Lucent w roku 2017 firma ma aktualnie na swoim koncie 2 149 złożonych „rodzin” patentowych związanych z 5G, w tym 1 584 udzielonych. W ujęciu ilościowym przekłada się to na czwarte miejsce przedsiębiorstwa w rankingu dostawców technologii 5G. Biorąc pod uwagę elementy jakościowe Finowie także plasują się na 3.-4. miejscu.

WARTOŚĆ INWESTYCJI W BADANIA I ROZWÓJ



Waluty krajowe wyrażone w EUR zostały przeliczone w oparciu o kurs z dnia 21 lutego 2020 r.

SAMSUNG Electronics

Spółka została powołana w 1938 r. w południowokoreańskim Daegu. Globalna strategia firmy realizowana w ostatnich dekadach przełożyła się na fakt posiadania oddziałów w 74 krajach. Dokładna liczba komercyjnych kontraktów 5G przedsiębiorstwa nie jest znana, niemniej należy ono do kluczowych graczy na rynku azjatyckim i odgrywa ważną rolę w rozwoju rozwiązań sieciowych 5G w krajach takich jak Korea Południowa¹⁹, Stany Zjednoczone²⁰ i Kanada²¹. Firma podaje, że jej głównymi klientami są Południowo Koreański KT, SK Telecom, LGU+, Amerykański AT&T, Sprint, Verizon oraz japoński KDDI. Wykonano przy tym ponad 20 testów i demonstracji sieci 5G. Samsung rozpoczął badania nad technologią 5G w 2012 r. Oferta 5G firmy z Korei Południowej obejmuje oryginalne półprzewodniki, sprzęt RAN, FWA, a także urządzenia 5G, w tym elektronikę użytkową np. smartfony 5G. Głównym źródłem komercyjnego sukcesu firmy są chipsety będąco masowo wykorzystywane w smartfonach, również innych dostawców. Pomimo wiodącej roli w zakresie wdrażania 5G na rynkach USA oraz Korei Południowej, to w kontekście globalnego rynku Samsung aktualnie nie jest

liderem w zakresie dostarczania sprzętu dedykowanego dla sieci telekomunikacyjnych, w tym piątej generacji sieci mobilnych.

Samsung jest liderem pod względem wielkości wydatków na badania i rozwój, głównie dzięki badaniom i rozwojowi chipsetów w smartfonach. Dotychczasowy poziom inwestycji w nowe technologie południowokoreańskiej firmy rósł z roku na rok. Ostatnie opublikowane sprawozdanie (za trzeci kwartał 2019 r.) wykazuje, że do września 2019 r. Samsung zdążył wydać równowartość 81% swojego budżetu B+R z roku 2018, a łączne wydatki na B+R w 2019 r. prawdopodobnie przekroczyły te z 2018 r. Innowacyjność Samsunga plasuje przedsiębiorstwo na drugim miejscu pod względem liczby złożonych „rodzin” patentowych związanych z technologią 5G. Warto również podkreślić, że do końca 2019 r. Samsung odnotował najwięcej udzielonych patentów, a jednocześnie w badaniu uwzględniającym jakość przedkładanych zgłoszeń uplasował się na drugim miejscu zaraz za Ericssonem²². Samsung może się też poszczycić liczną bazą B+R. W 37 ośrodkach badawczo-rozwojowych przedsiębiorstwa, z których 21 mieści się za granicą (w tym jeden w Warszawie) zatrudnionych jest 39 870 pracowników.

Istotny wkład wybranych dostawców w rozwój technologii 5G

Dostawca sprzętu	Wkład	Produkcja urządzeń końcowych
Huawei Technologies	rozwiązanie <i>end-to-end</i> z zakresu stałego dostępu bezprzewodowego, obsługujące pasmo podstawowe urządzeń	tak
Ericsson	rozwiązanie <i>end-to-end</i> ; rozwiązanie funkcjonalne wewnątrz budynków i na wolnym powietrzu; współdzielenie częstotliwości przez 4G i 5G	nie
Nokia	rozwiązanie <i>end-to-end</i> ; rozwiązanie z zakresu chmury; chipsety ReefShark dla rozwiązań sieciowych	nie
Samsung	rozwiązanie <i>end-to-end</i> z zakresu stałego dostępu bezprzewodowego, obsługujące pasmo podstawowe urządzeń; sprzęt RAN pracujący w paśmie milimetrymym	tak

Źródło: Komisja Europejska, *EU 5G Observatory Quarterly Report 6*, 2020.

PRZYPISY

- 1 Ericsson offices worldwide, ERICSSON, [online:] <https://www.ericsson.com/en/about-us/company-facts/ericsson-worldwide>.
- 2 81 commercial 5G agreements or contracts with unique operators, ERICSSON, [online:] <https://www.ericsson.com/en/5g/5g-networks/5g-contracts>.
- 3 Jadczyk A., *Plany Ericsson w Polsce po zakończeniu fuzji z Ercipol*, iTWIZ, 2017, [online:] <https://itwiz.pl/plany-ericsson-w-polsce-po-zakonczeniu-fuzji-ericpol/>.
- 4 Poland, ERICSSON, [online:] <https://www.ericsson.com/en/about-us/history/places/europe/poland>.
- 5 Ericsson lokuje produkcję urządzeń 5G w Polsce, ICT Market Experts, 2019, [online:] <https://ictmarketexperts.com/aktualnosci/ericsson-lokuje-produkcje-urzadzen-5g-w-polsce>.
- 6 A smooth transition to 5G, ERICSSON, [online:] <https://www.ericsson.com/en/networks/offerings/5g/5g-radio-system>.
- 7 5G Observatory Quarterly Report 6 Up to December 2019, Komisja Europejska, [online:] http://5gobservatory.eu/wp-content/uploads/2020/01/90013-5G-Observatory-Quarterly-report6_v16-01-2020.pdf.
- 8 Albrycht I., Świątkowska J., *Przyszłość 5G czyli Quo Vadis, Europo?*, Instytut Kościuszki, 2019.
- 9 Determining which companies are leading the 5G race, Bird & Bird, 2019, [online:] <https://www.twobirds.com/~media/pdfs/news/articles/2019/determining-which-companies-are-leading-the-5g-race.pdf?la=en&hash=8ABA5A7173EEE8FFA612E070C0EA4B4F53CC50DE>.
- 10 China Claims More Patents Than Any Country—Most Are Worthless, Bloomberg, 2018, [online:] <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-09-26/china-claims-more-patents-than-any-country-most-are-worthless>.
- 11 Townsend W., *Who is 'Really' Leading in Mobile 5G, Part 4: Infrastructure Equipment Providers*, Forbes, 2019, [online:] <https://www.forbes.com/sites/moorinsights/2019/07/19/who-is-really-leading-in-mobile-5g-part-4-infrastructure-equipment-providers>.
- 12 Huawei claims over 90 contracts for 5G, leading Ericsson, Nikkei Asian Review, 2020, [online:] <https://asia.nikkei.com/Business/China-tech/Huawei-claims-over-90-contracts-for-5G-leading-Ericsson>.
- 13 Factbox: Deals by major suppliers in the race for 5G, Reuters, 2020, [online:] <https://www.reuters.com/article/us-telecoms-5g-orders-factbox/factbox-deals-by-major-suppliers-in-the-race-for-5g-idUSKBN1ZC1N9>.
- 14 Nokia Annual Report on Form 20-F 2018, NOKIA, 2019, s. 34, [online:] https://www.nokia.com/system/files/2019-05/ec1042891_nokia_20f18.pdf.
- 15 Nokia Corporation Financial Report for Q4 and Full Year 2019, Nokia, 2020, [online:] <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2020/02/06/nokia-corporation-financial-report-for-q4-and-full-year-2019/>.
- 16 ReefShark. *The most empowered 5G network*, NOKIA, [online:] <https://www.nokia.com/networks/technologies/reefshark>.
- 17 Going all in – how cloud RAN supports innovative ultra-low latency services, NOKIA, 2019, [online:] <https://www.nokia.com/blog/going-all-how-cloud-ran-supports-innovative-ultra-low-latency-services>.
- 18 Financial and operational highlights in Q4 2019, NOKIA, 2019 [online:] https://www.nokia.com/system/files/2020-02/nokia_results_2019_q4.pdf.
- 19 Samsung Electronics and SK Telecom Advance in Bringing Korea Closer to 5G Standalone Commercialization, SAMSUNG, 2019, [online:] <https://news.samsung.com/global/samsung-electronics-and-sk-telecom-advance-in-bringing-korea-closer-to-5g-standalone-commercialization>.
- 20 Verizon Selects Samsung for 5G Commercial Launch, SAMSUNG, 2018, [online:] <https://news.samsung.com/global/verizon-selects-samsung-for-5g-commercial-launch>.
- 21 Samsung Selected as 4G LTE-A & 5G Network Solution Provider by Videotron in Canada, SAMSUNG, 2019, [online:] <https://news.samsung.com/global/samsung-selected-as-4g-lte-a-and-5g-network-solution-provider-by-videotron-in-canada>.
- 22 Determining which companies are leading the 5G race, Bird & Bird, 2019, [online:] <https://www.twobirds.com/en/news/articles/2019/global/pattern-team-examine-difficulties-in-leadership-of-companies-in-5g-patent>.

WDRAŻANIE SIECI 5G W POLSCE

Podstawą wytyczającą kalendarz wdrażania sieci 5G w Polsce jest *Narodowy Plan Szerokopasmowy (NPS)*, którego aktualizację Rada Ministrów przyjęła 10 marca 2020 r., a także opublikowana do konsultacji publicznych w styczniu 2018 r. *Strategia 5G dla Polski*. Akty te czerpią w znacznej mierze z szeregu dokumentów wydanych przez Komisję Europejską (KE) wyznaczając paralelne cele, ramy czasowe oraz zestaw narzędzi dla wdrożenia sieci piątej generacji. Warto nadmienić, że samo wydanie odpowiednich strategii na poziomie krajowym, zawierających plan wdrożenia sieci 5G, jest wymogiem KE zawartym m.in. w *Sieć 5G dla Europy: plan działania*¹ oraz *Connectivity for a Competitive Digital Single Market: Towards a European Gigabit Society*². Zarówno *Strategia 5G dla Polski* jak i *Narodowy Plan Szerokopasmowy* przyjmują dwa główne cele wyznaczone przez KE:

1. Zapewnienie do 2020 r. łączności 5G jako w pełni rozwiniętej usługi komercyjnej w co najmniej jednym głównym mieście.
2. Niezakłócony i bezpieczny dostęp do sieci 5G na wszystkich obszarach miejskich i na wszystkich głównych szlakach komunikacyjnych do 2025 r.³.

Na podstawie powyższych celów, jak i planów wyznaczonych przez MC, można wyróżnić główne kamienie milowe rozwoju polskiej sieci 5G, zawarte w dokumentach krajowych i unijnych (zob. ilustr. *Kamienie milowe wdrażania sieci 5G w Polsce*).

WDROŻENIA TESTOWE SIECI 5G ORAZ PROJEKTY BADAWCZE

Orange Polska we wrześniu 2018 r. został pierwszym operatorem w Polsce przeprowadzającym testy sieci piątej generacji w warunkach miejskich. Badania, które miały miejsce w Gliwicach przy użyciu technologii Huawei, pozwoliły ocenić wpływ

KAMIENIE MIŁOWE WDRAŻANIA SIECI 5G W POLSCE

2018

- opublikowanie do konsultacji *Strategii 5G dla Polski*

2020

- aktualizacja *Narodowego Planu Szerokopasmowego*
- rozdysponowanie zakresów pasma 3,4-3,8 GHz
- uruchomienie komercyjnej sieci 5G w minimum jednym dużym mieście
- rozpoczęcie budowy i rozwój w pełni funkcjonalnej sieci 5G

2022

- rozdysponowanie zakresów pasma 700 MHz

2025

- zapewnienie niezakłóconego dostępu do sieci 5G wszystkim obszarom miejskim i głównym szlakom transportu lądowego



zwartych zabudowań na częstotliwość 3,4-3,6 GHz i bloki szerokości 100-160 MHz. Francuskie przedsiębiorstwo, wykorzystując podczas testów częstotliwości 3,4-3,6 GHz, w środowisku silnie zurbanizowanym osiągnęło prędkość przepływu danych 1,5 Gb/s⁴. Testy przy wykorzystaniu tego samego zakresu odbyły się również w Kołobrzegu⁵. Pierwsze próby operatora w 2019 r. rozpoczęły się w lutym w Zakopanem na częstotliwości 26-28 GHz. Dzięki urządzeniom zgodnym ze standaryzacją 3GPP, dostarczonym przez Ericssona i działającym w trybie *non-standalone*, sprawdzano możliwości świadczenia usług m.in. w zastosowaniu stacjonarnym (ang. *fixed wireless access*)⁶. Dalsza intensyfikacja badań nastąpiła we wrześniu, gdy Orange ponownie we współpracy z firmą Ericsson uruchomiło dziewięć stacji na warszawskiej Ochocie i Powiślu w kanale 80 MHz i paśmie 3,4-3,6 GHz. Wszystkie stacje bazowe podłączone są do sieci światłowodowej operatora łączem optycznym o przepustowości 10 Gb/s (dziesięciokrotnie szybszym niż w sieci 4G), co umożliwi pobieranie danych z prędkością do 1 Gb/s⁷. Kolejnym miejskim poligonem testowym dla Orange został Lublin, gdzie w październiku przy współpracy z Nokią uruchomiono 10 stacji bazowych na tej samej częstotliwości i paśmie co w Warszawie⁸. Również w Lublinie w lutym 2020 r. Orange rozpoczęło testy radiolinii, która jest alternatywą dla połączenia światłowodowego w trudnym terenie. Radiolinia łączy stacje bazowe oddalone o 2,6 km działając w kanale szerokości 250 MHz i paśmie 80 GHz⁹.

T-Mobile Polska rozpoczął swoje testy w Warszawie w grudniu 2018 r. uruchamiając centrum #5G_LAB. Próbę zainaugurowano przy użyciu 4 nadajników Huawei¹⁰ (stopniowo zwiększając ich liczbę do 15), które do końca lutego 2020 r. nadawały w paśmie 3,5 GHz i bloku 100 MHz¹¹. Jesień 2019 r. była dla T-Mobile równie intensywna. W październiku, w ramach inkubatora hub:raum, operator uruchomił instalację 5G zbudowaną z wykorzystaniem pikokomórek wyprodukowanych przez Nokię i komponentów rdzenia z rozwiązaniami od Cisco i Ericssona. Sieć, która działa jedynie wewnątrz budynku, ma posłużyć startupom w rozwoju innowacyjnych

projektów wykorzystujących technologię *edge computing*, która umożliwi dostarczenie do urządzeń końcowych znacznej mocy obliczeniowej z zachowaniem minimalnych opóźnień w transmisji¹². Do lutego 2020 r., T-Mobile udało się rozwinąć w Warszawie sieć 800 stacji bazowych, co stanowi połowę z planowanych do czerwca 2020 r. 1600 stacji ulokowanych w pięciu polskich miastach. Zgodnie z komunikatem operatora: „Warszawa, Kraków, Wrocław, Łódź oraz Katowice – to pierwsze miasta, w których klienci będą mogli skorzystać z rozwijanej przez T-Mobile sieci 5G”¹³.

Play (P4) w 2019 r. dołączył do grona operatorów eksperymentujących z siecią 5G, rozpoczynając badania w Toruniu w paśmie 3,5-3,6 GHz i bloku 100 MHz. Korzystając z technologii Huawei osiągnięto prędkość transferu danych na poziomie 1 Gb/s. Play w Toruniu testował również pasmo 26 GHz oraz 3,5 GHz w Grójcu¹⁴, z kolei w Sokołowie Podlaskim przy współpracy z Ericssonem eksperymentowano z technologią Massive MIMO¹⁵. Pod koniec czerwca, we współpracy z UKE, Politechniką Łódzką, Ericssonem oraz Łódzką Specjalną Strefą Ekonomiczną, Play podpisał porozumienie o przystąpieniu do pilotażowego programu S5-Akcelerator, którego celem jest wsparcie akceleracji innowacyjnych rozwiązań wykorzystujących technologię 5G¹⁶. Również latem 2019 r. firma zainaugurowała współpracę z klubem sportowym Legia Warszawa oraz Ericssonem, w celu wprowadzenia sieci piątej generacji w obrębie stadionu i uczynienia z niego „jednego z pierwszych obiektów sportowych wyposażonych w 5G”¹⁷. Dzięki modernizacji infrastruktury Play wraz z początkiem 2020 r. ogłosił uruchomienie usług sieci 5G w Trójmieście. Stało się to możliwe dzięki modyfikacji istniejących 100 stacji bazowych. Według komunikatu prasowego „uruchomienie 5G jeszcze przed zbliżającą się aukcją częstotliwości jest możliwe dzięki dodaniu do stacji bazowych specjalistycznych podzespołów i instalacji innowacyjnego oprogramowania na istniejącej infrastrukturze działającej w paśmie 2100 MHz”¹⁸. Reklamując swoje usługi pod szyldem 5G READY Play de facto proponuje

konsumentom wzmocnioną technologię LTE, tj. LTE-A, a o gotowości do wprowadzenia sieci 5G mają świadczyć wykorzystywane routery Huawei 5G CPE Pro2. Ponadto P4 zapowiada, że do końca lutego uruchomi komercyjne usługi sieci 5G READY w 16 miastach (4 metropoliach) dzięki sieci 500 stacji bazowych. Kampania operatora spotkała się z ostrą krytyką ze strony Orange, które podkreśliło, że korzystanie z technologii MIMO 4x4, agregacji pasm i modulacji 256QAM nie można określić jako rozwiązania 5G, które na świecie są przyjmowane za rozwiązania czwartej generacji jako LTE-A¹⁹.

Plus (Polkomtel) włączył się do rywalizacji o zagospodarowanie usług sieci 5G najpóźniej. Polkomtel do listopada 2019 r. nie wystosował żadnego wniosku do UKE o pozwolenie na testy. Pozwala to domniemywać, że operator przeprowadzał badania wewnątrz budynków, gdyż te nie wymagają pozwolenia UKE²⁰. Niniejsze przypuszczenie potwierdza publikacja komunikatu prasowego, w którym operator ogłosił, że w grudniu 2019 r. zakończył testy i przygotowuje się do wdrożenia pierwszych w Polsce usług komercyjnych sieci 5G. Plus rozpoczął już budowę sieci 5G na częstotliwości 2600 MHz, która obsługuje tryb 4x4 MIMO oraz modulację 256QAM, a więc rozwiązania stosowane już wcześniej w technologii LTE-A. Stacje bazowe będą wyposażane w nowoczesny sprzęt sieciowy dostarczony przez firmy Nokia i Ericsson. Dzięki temu w pierwszym kwartale 2020 r. operator planuje umożliwić dostęp do sieci w 7 miastach (Warszawa, Gdańsk, Katowice, Łódź, Poznań, Szczecin i Wrocław) przy wykorzystaniu 100 stacji bazowych.

Exatel, polska spółka telekomunikacyjna, jeszcze w 2017 r. wykonała w centrum handlowym Blue City w Warszawie demonstrację prototypowej sieci 5G w ramach projektu B+R Rapid 5G wykorzystującego pasmo 60 GHz²¹. Dodatkowo odpowiednio od 2018 oraz 2019 r., przy wsparciu finansowym z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), firma prowadzi projekty badawcze SDNBox oraz SDNcore, tworząc programowalne urządzenie

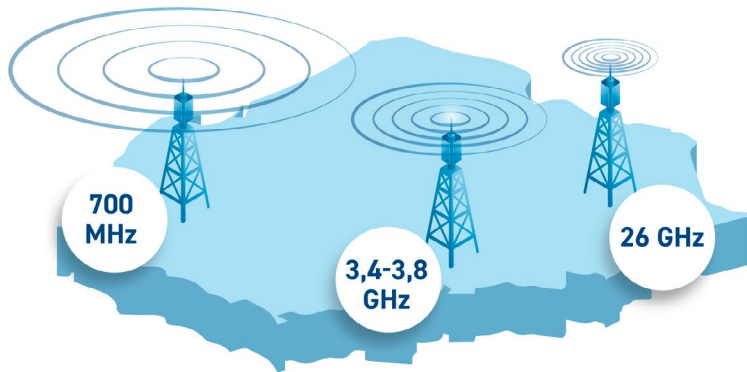
sieciowe oraz programowalną platformę agregującą ruch sieciowy. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że w przeciwieństwie do wielu krajów UE, w Polsce nie powstały do tej pory żadne dedykowane programy badawcze ani rozwojowe w zakresie testów i pilotaży sieci 5G, mające na celu również popularyzację jej wykorzystania:

- rząd Wielkiej Brytanii przeznaczył 200 mln funtów (ponad 1 mld zł) na testy i pilotaże nowych zastosowań sieci 5G, by pobudzić rozwój gospodarczy kraju²²;
- rząd Niemiec tylko w październiku 2019 r. udostępnił 26 mln euro, aby wesprzeć trzy badawcze projekty z zakresu wykorzystania 5G w sektorze medycznym, na kampusach uniwersyteckich czy w miastach²³;
- rząd Czech zorganizował konkurs dla miast, z których każde mogło otrzymać 2 mln koron czeskich na sprawdzenie i testy sieci 5G²⁴.

DALSZY ROZWÓJ SIECI 5G – UDOSTĘPNIANIE CZĘSTOTLIWOŚCI I GŁÓWNE WYZWANIA

Bez wątpienia 2020 r. będzie przełomowy dla sieci piątej generacji w Polsce. Według danych UKE do marca 2020 r. wydano ponad 1600 pozwoleń radiowych dla sieci 5G w pomostowej technologii LTE-A, działającej aktualnie na częstotliwościach 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz²⁵. Osiągnięcie celu pośredniego Ministerstwa Cyfryzacji i Komisji Europejskiej, który zakłada komercyjne wdrożenie sieci 5G na terenie Łodzi, wydaje się niezagrożone (przynajmniej w zakresie częstotliwości 3,4-3,8 GHz). Opisane dotychczas doświadczenia operatorów i plany rozwoju wydają się to potwierdzać oraz pozwalają zakładać, że do końca roku największe polskie miasta będą miały dostęp do usług sieci piątej generacji o częstotliwości 3,4-3,8 GHz lub w zakresie sieci LTE-A ze zwiększoną przepustowością transmisji, stanowiącą pewnego rodzaju pomost pomiędzy siecią czwartej i piątej generacji.

PODSTAWOWE CZĘSTOTLIWOŚCI PRZEZNACZONE DLA SIECI 5G



700 MHz – Duże pokrycie terenu oraz mniejsza przepustowość. Dzięki możliwości pokrycia dużego obszaru jest idealna do zapewnienia ogólnokrajowego zasięgu, przy jednocześnie najniższych kosztach budowy infrastruktury w porównaniu do innych częstotliwości.



3,4-3,8 GHz – Średnie pokrycie oraz duża przepustowość. Przeznaczona do komercyjnego użytku na terenie dużych aglomeracji oraz na głównych szlakach transportowych. Pasma najatrakcyjniejsze komercyjnie dla operatorów.



26 GHz – Mały obszar pokrycia i bardzo wysoka przepustowość, pozwalająca na jednoczesne połączenie wielu urządzeń. Odpowiednia do zastosowania w miejscach będących dużymi skupiskami ludzi na ograniczonej powierzchni, jak: dworce, lotniska, stadiony, galerie handlowe itp.

W konsultowanej przez MC *Strategii 5G dla Polski* wyznaczono Łódź jako miasto pilotażowe sieci piątej generacji ze względu na spełnianie przez to miasto szeregu kryteriów jak m.in.:

- stopień wdrożenia usług *smart city*;
- stopień urbanizacji oraz lokalizację w okolicy autostrad i ważnego węzła komunikacyjnego;
- zapas możliwego natężenia pola elektromagnetycznego;
- rozwinięty sektor przemysłowy oraz zaplecze biznesowo-usługowe;
- potencjał naukowy, zwłaszcza w dziedzinie telekomunikacji;
- obecność podmiotów gospodarczych rozwijających standardy i nowe technologie sieci 5G²⁶.

Należy podkreślić, że pomimo wskazania Łodzi jako metropolii pilotażowej, wybór innego miasta przez operatorów nie jest wykluczony. Ze względu na opóźnienia związane ze zwalnianiem pasma 700 MHz przez wschodnich sąsiadów, MC chce dać operatorom większą elastyczność tworząc listę dużych miast do wyboru²⁷. Jednak aby rozwój komercyjnej sieci 5G doszedł do skutku państwo musi otworzyć dostęp do określonych częstotliwości. Zgodnie z zapisami *Strategii 5G dla Polski* i wymaganiami KE, do funkcjonowania sieci piątej generacji w ramach Jednolitego Rynku Cyfrowego UE wyznaczone są częstotliwości: 700 MHz; 3,4-3,8 GHz oraz 26 GHz¹.

¹ Należy przy tym dodać, że sieci 5G technicznie mogą też działać na innych częstotliwościach, co potwierdzają działające także w Polsce wdrożenia pilotażowe.

Druga dywidenda cyfrowa – zmiana przeznaczenia pasma 700 MHz

W przyjętych planach Ministerstwa Cyfryzacji jako pierwsze rozdysponowane miało zostać pasmo 700 MHz, które jak warto zaznaczyć, na mocy zmian w prawie telekomunikacyjnym jest w dyspozycji MC, w odróżnieniu od pasma 3,4-3,8 GHz, którym dysponuje UKE²⁸. Jednak biorąc pod uwagę opisane poniżej problemy techniczne, a także prośbę Polski do KE o odroczenie terminu udostępnienia pasma do 2022 r. należy założyć, że będzie to ostatnie z trzech pasm dla 5G, które zostanie udostępnione operatorom telekomunikacyjnym.

Sam proces rozdysponowania pasma będzie rodził wiele wyzwań, spośród których jednym z najpilniejszych jest zwolnienie zajmowanego obecnie przez Nziemną Telewizję Cyfrową (NTC) zakresu 470-790 MHz. Nie będzie to pierwsze „okrojenie” zakresu UHF (fale decymetrowe) w przedziale 470-862 MHz przyznanego wcześniej NTC. W związku z tzw. pierwszą dywidendą cyfrową, związaną z budową sieci

4G, w państwach UE zmniejszono już wspomniany zakres do granicy 790 MHz. W związku z tym proces zwalniania częstotliwości od 694 MHz do 790 MHz (pasma 700 MHz) analogicznie zyskał miano „drugiej dywidendy cyfrowej”, która na mocy Decyzji Parlamentu Europejskiego i Rady ma się zakończyć udostępnieniem pasma 700 MHz „do 30 czerwca 2020 r. lub w uzasadnionych przypadkach najpóźniej do 30 czerwca 2022 r.”²⁹ W kontekście Polski jednym z „uzasadnionych przypadków” dopuszczającym możliwość przesunięcia daty udostępnienia częstotliwości jest „nierozwiązany problem dotyczący koordynacji transgranicznej skutkujące szkodliwymi zakłóceniami”³⁰. W związku z brakiem porozumienia z Federacją Rosyjską, która nie podjęła ze stroną polską efektywnego dialogu, jak i z nieogłoszeniem daty zwolnienia pasma 700 MHz przez Ukrainę i Białoruś (pomimo zawarcia z tymi państwami umów), 28 grudnia 2018 r. Polska wystąpiła do KE z informacją o konieczności odroczenia terminu do 30 czerwca 2022 r.³¹ Według doniesień prasowych UKE udało się ostatecznie dojść do porozumienia z Rosją, która ma zwolnić pasmo w połowie 2022 r.³² Sam proces zwolnienia

Cechy czterech rezerwacji dostępnych na aukcji UKE

	rezerwacja A	rezerwacja B	rezerwacja C	rezerwacja D
zakres częstotliwości	3480-3560 MHz	3560-3640 MHz	3640-3720 MHz	3720-3800 MHz
cena wywoławcza	450 mln zł	450 mln zł	450 mln zł	450 mln zł
ważność rezerwacji upływa z końcem:	czerwiec 2035	czerwiec 2035	czerwiec 2035	czerwiec 2035
liczba wyłączonych podzakresów	581	82	0	0
liczba podzakresów udostępnionych z opóźnieniem	491	947	12 076	12 771
uwagi			Podzakresy od 3640 do 3360 MHz dostępne od 2021 r., wiele podzakresów dostępnych od 2022 i 2023 r.	Podzakresy od 3740 do 3760 MHz dostępne od 2021 r., wiele podzakresów dostępnych od 2023 r.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych UKE.

częstotliwości to nie tylko wyzwania negocjacyjne. Według początkowych szacunków polskiego operatora infrastruktury radiowo-telewizyjnej Emitel koszty „drugiej dywidendy”, związane z przystosowaniem NTC do zmodyfikowanego pasma, miały wynieść około 80 mln zł³³, jednak obecnie operator szacuje koszty na minimum 200 mln zł³⁴.

Rozdział częstotliwości pasma 3,4-3,8 GHz oraz 26 GHz

Zgodnie z komunikatem UKE 9 grudnia 2019 r. ruszyło postępowanie konsultacyjne ws. rozdysponowania częstotliwości pod budowę sieci 5G w paśmie 3,4-3,8 GHz. W dniu 6 marca 2020 r. ruszyła aukcja. Zgodnie z zapisami w dokumentacji aukcyjnej przewidziano podział pasma 3480-3800 MHz na cztery rezerwacje o bloku 80 MHz (podzielone na 16 podzakresów po 5 MHz), różniące się liczbą wyłączonych podzakresów i udostępnionych z opóźnieniem. Szczegóły aukcji zaprezentowano w tabeli *Cechy czterech rezerwacji dostępnych na aukcji UKE*. Obecnie proponowana cena wywoławcza na poziomie 450 mln zł gwarantuje minimalny wpływ do budżetu na poziomie 1,8 mld zł³⁵, z kolei według szacunków opartych na analogii do aukcji częstotliwości dla sieci 4G, wpływy mogą wynieść nawet pomiędzy 3,5-5 mld zł³⁶. Zaoferowane pasmo 3,4-3,8 GHz ma jednak wady, takie jak wyłączenia podzakresów na różnych obszarach kraju, w związku z obecnym zajęciem fragmentów tego pasma przez różne podmioty. Do czasu ogłoszenia aukcji nie nastąpiło uporządkowanie pasma dla operatorów i nie dokonano wywłaszczenia operatorów

telekomunikacyjnych obecnie wykorzystujących wybrane podzakresy, mimo powstania niezależnej ekspertyzy w tym zakresie na zlecenie UKE³⁷.

Aukcja przyjmie charakter równoczesny, wielorundowy i rosnący, co oznacza, że wszystkie bloki częstotliwości będą dostępne jednocześnie, przewidzianych jest wiele rund, a ceny bloków rosną po każdej z nich. Warunki uczestnictwa określone przez UKE, które są niezbędne do kwalifikacji do etapu właściwego aukcji, obejmują m.in. udokumentowanie w ofercie wstępnej inwestycji o kwocie minimum mld zł, a także posiadanie przez uczestnika rezerwacji częstotliwości z pasm 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz lub 2600 MHz, obejmujących obszar całego kraju. Biorąc pod uwagę całą listę warunków, a także szereg specyficznych czynników wykluczających wskazanych bezpośrednio przez UKE w dokumentacji aukcyjnej³⁸, warunki udziału w aukcji spełnia jedynie czterech, działających na polskim rynku operatorów telekomunikacyjnych – Orange, Play, Plus oraz T-Mobile. Według obecnych założeń UKE przedstawionych w procesie konsultacyjnym, zwycięzcy aukcji zostaną zobligowani do rozwoju infrastruktury sieci i budowy:

- co najmniej 10 stacji bazowych na terenie 1 miasta wojewódzkiego wybranego spośród miast wskazanych przez Urząd w terminie 4 miesięcy od udostępnienia częstotliwości objętej rezerwacji;
- co najmniej 300 stacji bazowych na terenie kraju, co najmniej 10 stacji bazowych na obszarze co najmniej 20 gmin wybranych z listy

Porównanie norm PEM po aktualizacji w 2020 r.

zakres częstotliwości pola	rok wprowadzenia normy	dopuszczalna składowa elektryczna E (V/m)	dopuszczalna składowa magnetyczna H (A/m)	dopuszczalna gęstość mocy S (W/m ²)
300 MHz – 300 GHz	1984	7	–	0,1
2 GHz – 300 GHz	2020	61	0,16	10

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 17 grudnia 2019 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku.

wskazanych (z zastrzeżeniem konieczności wyboru 9 miast wojewódzkich) do końca 2023 r.;

- co najmniej 700 stacji bazowych na terenie kraju, co najmniej 10 stacji bazowych na obszarze co najmniej 30 gmin wybranych z listy wskazanych (z zastrzeżeniem konieczności wyboru 16 miast wojewódzkich) do końca 2025 r.³⁹

Zobowiązania te zostały opracowane w taki sposób, by po ich spełnieniu sieć w zakresie częstotliwości 3,4-3,8 GHz funkcjonowała we wszystkich gminach powyżej 80 tys. mieszkańców⁴⁰. Jednocześnie są one na tyle niskie, że przy takiej liczbie stacji bazowych zasięg sieci obejmie jedynie ścisłe centra miejscowości. W pierwotnych założeniach ogłoszenia o rozpoczęciu aukcji z 6 marca 2020 r. wyznaczono termin zakończenia składania ofert wstępnych na 23 kwietnia⁴¹. Jednakże w związku z ograniczeniami spowodowanymi pandemią koronawirusa 16 kwietnia Prezes UKE zdecydował się zamrozić aukcję powołując się na ustawę o zwalczaniu COVID-19. W związku z tym postępowanie aukcyjne zostało zawieszono od dnia wprowadzenia ustawy tj. 31 marca 2020 r. do odwołania stanu epidemii w Polsce. Tym samym proces składania ofert wstępnych będzie kontynuowany po wycofaniu stanu epidemii, a operatorzy będą mieli nieco ponad trzy tygodnie z pozostałego czasu na złożenie ofert⁴².

Ostatnim z pasm przeznaczonych do działalności sieci 5G jest pasmo 26 GHz. Komisja Europejska w maju 2019 r. przyjęła Decyzję o harmonizacji częstotliwości 23,25-27,5 GHz, zgodnie z którą państwa członkowskie mogą uwalniać ww. częstotliwości i ustalać techniczne warunki wykorzystania pasma do końca 2020 r., zgodnie z Europejskim Kodeksem Łączności Elektronicznej⁴³. Według danych UKE w Polsce obecnie 51 podmiotów posiada 735 pozwoleń i rezerwacji w tym zakresie, które wygasają w połowie 2022 oraz 2023 r. Z pasma aktywnie korzystają podmioty cywilne, jak i wojskowe, gdyż MON posiada częstotliwość od 26,6 GHz do 27,5 GHz⁴⁴. W rozpatrywanym poniżej modelu rozwoju polskiej infrastruktury zakłada się, że zagospodarowanie pasma 26 GHz

mogłoby się odbywać poprzez wprowadzenie przepisów, które pozwalałyby na budowę infrastruktury dostępowej w trakcie budowy budynków, w których będzie duże zagęszczenie ludzi. Z kolei właściciele istniejących już nieruchomości, spełniających warunki stosowania częstotliwości z zakresu 26 GHz, byłiby zobligowani do instalacji infrastruktury, która byłaby dostępna dla wszystkich zainteresowanych operatorów⁴⁵.

ZMIANY PRAWNE NIEZBĘDNE DLA FUNKCJONOWANIA SIECI

Kolejne wyzwania, jakie stoją przed wdrożeniem sieci piątej generacji, mają w znacznym stopniu naturę prawną i wymagają przystosowania aktów legislacyjnych do nowej rzeczywistości. Normy dopuszczalnego poziomu pola elektromagnetycznego, które zostały dostosowane do poziomu UE dopiero z początkiem roku 2020 stanowiły duży problem dla operatorów sieci. Poprzednie polskie normy PEM były wyznaczone w 1984 r. i opierały się na standardach Związku Radzieckiego, czyli w czasach, gdy nie działała jeszcze sieć telefonii mobilnej. Ich niezwykła restrykcyjność spowolniła m.in. rozwój sieci 4G⁴⁶.

Specyfika sieci 5G wymaga gęstej siatki małych nadajników w środowisku zurbanizowanym (częstotliwość 3,4-3,6 GHz lub 26 GHz), więc „aby pokryć zasięgiem 5G obszary miejskie, firmy telekomunikacyjne będą musiały zainstalować tysiące małych anten na budynkach, znakach drogowych czy słupach energetycznych”⁴⁷. Wykorzystanie infrastruktury publicznej piętrzy z kolei wyzwania prawne, gdyż każdorazowo operator musi otrzymać zgodę władz samorządowych lub podmiotów administrujących danym obiektem. W związku z tym rząd wykonał krok w celu ułatwienia budowy instalacji telekomunikacyjnych znosząc na mocy ustawy o wspieraniu rozwoju usług i sieci telekomunikacyjnych obowiązek otrzymania pozwolenia budowlanego, zmieniając je na konieczność zgłoszenia inwestycji oraz znosząc opłatę za dostęp do infrastruktury pionowej⁴⁸. Zarazem jednak pod koniec 2019 r. Ministerstwo



Środowiska umieściło stacje bazowe telefonii komórkowej na liście przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, co zdecydowanie utrudni budowę sieci 5G⁴⁹ według organizacji PIIT i KiGEIT. Ponadto w fazie konsultacji i opiniowania pozostaje Rozporządzenie Ministra Cyfryzacji w sprawie minimalnych środków technicznych i organizacyjnych oraz metod, jakie przedsiębiorcy telekomunikacyjni są obowiązani stosować w celu zapewnienia bezpieczeństwa lub integralności sieci lub usług. Dokument ten po wejściu w życie będzie nakładał na operatorów telekomunikacyjnych świadczących usługi sieci 5G dodatkowe wymogi odnośnie m.in. identyfikacji oraz prewencji zagrożeń, a także audytu bezpieczeństwa⁵⁰.

ROZWÓJ INFRASTRUKTURY DLA SIECI 5G

Koszty budowy infrastruktury i wdrożenia sieci piątej generacji oszacowano w przygotowanym przez Ministerstwo Cyfryzacji *Narodowym*

Planie Szerokopasmowym na 11,35 do 20,3 mld zł⁵¹. W dokumencie tym wyróżniono trzy główne modele, jakie może przyjąć rozwój infrastruktury dla sieci 5G w Polsce: organiczny, współdzielenia i scentralizowany. Model organiczny zakłada scenariusz, w którym operatorzy budują sieć niezależnie od siebie i korzystają z udostępnionej częstotliwości dowolnie na potrzeby swoich usług. Realizacja tej koncepcji spowoduje z jednej strony szybką sprzedaż pasm i szybkie, jednorazowe wpływy do budżetu państwa, a z drugiej zwolnienie tempa inwestycji operatorów (ze względu na poniesione wydatki) i wolniejsze wdrażanie sieci w obszarach słabiej zaludnionych. Model ten realizowany jest obecnie w USA, chociaż według GSMA pojawiają się głosy ze strony amerykańskich operatorów o korzyściach obniżenia kosztów przy budowie wspólnej infrastruktury w centrach dużych miast⁵². Model współdzielenia przewiduje współpracę operatorów przy budowie infrastruktury lub nawet jej współdzielenie przy

jednoczesnym konkurowaniu na poziomie ofert i pakietów. Poszukując przykładów w innych państwach można wskazać tutaj m.in. na Hiszpanię, gdzie w celu szybszego i tańszego wdrożenia sieci współpracę zawiązało Vodafone i Orange dzieląc się infrastrukturą⁵³. Podobny model oparty na pełnej konkurencji sektora prywatnego uwzględniający jednak przy tym współdzielenie sieci w terenach słabo zurbanizowanych i wiejskich został przyjęty przez Wielką Brytanię⁵⁴. Z kolei model scentralizowany zakłada istnienie jednego, nadrzędnego operatora, który zarządza siecią oraz udostępnia ją podmiotom zainteresowanym świadczeniem za jej pomocą usług⁵⁵. Najbliżej tego modelu funkcjonuje system w Korei Południowej, gdzie rząd zaplanował budowę infrastruktury 5G w oparciu o stworzone w tym celu konsorcjum operatorów telekomunikacyjnych oraz instytucji publicznych⁵⁶. Jednak w przypadku Korei Południowej nie jest współdzielone jedno pasmo, a budowa sieci 5G została sprowadzona do budowy jednej infrastruktury w zakresie np. masztów telekomunikacyjnych.

W tym kontekście jako rozwiązanie hybrydowe określić można koncepcję zaproponowaną przez #Polskie5G, zakładającą model scentralizowany na paśmie 700 MHz. W listopadzie 2019 r. Polski Fundusz Rozwoju, Exatel oraz przedstawiciele wszystkich operatorów telekomunikacyjnych (początkowo Orange, Polkomtel i T-Mobile, następnie także Play) podpisali w Ministerstwie Cyfryzacji memorandum ws. analizy modelu biznesowego współpracy w ramach inicjatywy #Polskie5G. Zgodnie z założeniami memorandum model ten zakłada powołanie spółki celowej „Polskie 5G” z większościowym udziałem spółki skarbu państwa (SSP) (posiadającej 100% udziałów państwa i Świadectwo Bezpieczeństwa Przemysłowego – docelowo Exatel⁵⁷) oraz mniejszościowym udziałem operatorów sieci mobilnej, którzy posiadają infrastrukturę telekomunikacyjną (warunek ten spełniają 4 operatorzy – sygnatariusze memorandum). Państwo poprzez SSP wnioskoby aportem do spółki „Polskie 5G” pasmo 700 MHz, a operatorzy objęliby udziały

poprzez wkład w postaci aportu własnej infrastruktury telekomunikacyjnej, wieloletnich dzierżaw infrastruktury (stacje bazowe, maszty, łącza światłowodowe) lub środków finansowych⁵⁸. W takim scenariuszu spółka #Polskie5G miałyby stać się hurtowym operatorem ogólnopolskiej sieci 5G w paśmie 700 MHz⁵⁹.

Rozwój tak opisanego modelu wciąż nie jest przesądzony i stanowi wyzwanie, m.in. ze względu na fakt, iż nikt wcześniej w Unii Europejskiej nie stosował takiego modelu. Jak wynika z odpowiedzi Ministra Cyfryzacji na interpelację poselską, na dzień 17 stycznia 2020 r. analiza biznesowa wciąż nie wpłynęła do Ministra ani Premiera⁶⁰. Zgodnie z informacjami Ministerstwa Cyfryzacji do końca marca 2020 r. ma powstać wstępna koncepcja biznesowa⁶¹.

PODSUMOWANIE

Dynamika krajowych działań w zakresie wdrożenia sieci 5G w Polsce skupia się dotychczas na wypełnieniu minimalnych wymagań stawianych przez Unię Europejską. Pierwszym z nich jest wdrożenie komercyjnej sieci 5G w wybranym mieście do roku 2020 – wszystko wskazuje, że w wypadku Polski, będzie nim Łódź. Dzięki ogłoszonej w pierwszej połowie marca 2020 r. aukcji jest także szansa, że częstotliwości z tzw. zakresu C (3,4-3,8 GHz) zostaną udostępnione ogólnopolskim operatorom w drugiej połowie 2020 r.


Jednocześnie patrząc na szereg państw europejskich, warto wskazać, iż bardziej proaktywna rola państwa, wychodząca poza spełnianie podstawowych wymogów UE, znacznie wspiera wdrożenie sieci 5G. Do takich działań należą fundusze celowe na projekty B+R, inwestycje publiczne we wdrożenia pilotażowe czy nawet kampanie społeczne dotyczące wpływu masowej implementacji sieci 5G na rozwój gospodarczy. Ostatecznie nowoczesne sieci 5G są równie ważne dla gospodarki co szlaki komunikacyjne czy infrastruktura lotnicza i kolejowa, stanowiąc swego rodzaju cyfrowe autostrady, które decydować będą o konkurencyjności gospodarek XXI wieku.

PRZYPISY

- 1 5G for Europe: An Action Plan, Komisja Europejska, 2016 r., s. 4.
- 2 Łączność dla konkurencyjnego jednolitego rynku cyfrowego: w kierunku europejskiego społeczeństwa gigabitowego, Komisja Europejska, 2016, s. 16-17.
- 3 Narodowy Plan Szerokopasmowy, Ministerstwo Cyfryzacji, 2020, s. 36.
- 4 Śliz M., *Orange Polska i Huawei testują 5G. Po raz pierwszy w warunkach miejskich*, Orange, 2018, [online]: <https://biuroprasowe.orange.pl/informacje-prasowe/orange-polska-i-huawei-testuja-5g-po-raz-pierwszy-w-warunkach-miejskich/>.
- 5 Jaślan M., *Polskie testy 5G: priorytet technologii nad biznesem*, TELKO.in, 2019, [online]: <https://www.telko.in/polskie-testy-5g-priorytet-technologii-nad-biznesem,1>.
- 6 Orange przeprowadził wspólnie z Ericsson testy 5G w Zakopanem, Orange, 2019, [online]: <https://biuroprasowe.orange.pl/informacje-prasowe/orange-przeprowadzil-wspolnie-z-ericsson-testy-5g-w-zakopanem-firmy-wykorzystaly-prototypowe-urzedzenia-i-nowe-czestotliwosci/>.
- 7 Pąg K., *Orange Polska i Ericsson uruchomili w Warszawie testową sieć 5G. Pozwala ściągać dane z szybkością blisko 900 Mb/s*, Ericsson, 2019, [online]: <https://media.ericsson.pl/aktualnosci/pr/461248/orange-polska-i-ericsson-uruchomili-w-warszawie-testowa-siec-5g-pozwal>.
- 8 *Orange przeprowadził wspólnie z Ericsson testy 5G w Zakopanem. Firmy wykorzystaly prototypowe urzędzenia i nowe częstotliwości*, Orange, 2019, [online]: <https://biuroprasowe.orange.pl/informacje-prasowe/rozpoczelismy-testy-5g-w-lublinie-orange-polska-i-nokia-uruchomily-w-miescie-siec-10-stacji-bazowych/>.
- 9 Domański P., *Testujemy radiolinie do 5G. Może się przydać*, Orange, 2020, [online]: <https://biuroprasowe.orange.pl/blog/testujemy-radiolinie-do-5g-moze-sie-przydac/>.
- 10 Chajdak J., *#5G_LAB – T-Mobile pokazuje przyszłość dzięki 5G*, T-Mobile, 2018, [online]: https://firma.t-mobile.pl/pl/dla-mediow/informacje-prasowe/-/5g_lab_-_t-mobile_pokazuje_przyszlosc_dzieki_5g/aid/6076d2992b871dc0bf4b7a73501739d7/tagid/59f1854bce4aa3e567db31b94cda73d7.
- 11 Jaślan M., *Polskie testy 5G: priorytet technologii nad biznesem*, op. cit.
- 12 Chajdak J., *T-Mobile uruchomił eksperymentalną instalację 5G w Krakowie*, T-Mobile, 2019, [online]: https://firma.t-mobile.pl/pl/dla-mediow/informacje-prasowe/-/t-mobile_uruchomil_eksperymentalna_instalacje_5g_w_krakowie/aid/aa9a0458b35f7bd72320b0ef6f796a3e.
- 13 Tkaczyk M., *5G bez nonsensów od T-Mobile – 800 stacji bazowych już gotowych, kolejnych 800 dostępnych w pierwszej połowie 2020 r.*, T-Mobile, 2020, [online]: https://firma.t-mobile.pl/pl/dla-mediow/informacje-prasowe/-/5g_bez_nonsensow_od_t-mobile_-_800_stacji_bazowych_juz_gotowych_kolejnych_800_dostepnych_w_pierwszej_polowie_2020_r/aid/346efa81af66bc51cfb2792f78c694ac.
- 14 Jaślan M., *Polskie testy 5G: priorytet technologii nad biznesem*, op. cit.
- 15 Pąg K., *Ericsson i Play uruchamiają 5G w Sokolowie Podlaskim*, Ericsson, 2019, [online]: <https://media.ericsson.pl/aktualnosci/pr/482604/ericsson-i-play-uruchamiaja-5g-w-sokolowie-podlaskim>.
- 16 Jaślan M., *Polskie testy 5G: priorytet technologii nad biznesem*, op. cit.
- 17 *Sieć 4G i specjalne strefy 5G na stadionie Legii. Ericsson, PLAY i Legia Warszawa uruchamiają wspólny projekt*, Play, 2019, [online]: <https://biuroprasowe.play.pl/aktualnosci/470706/siec-4g-i-specjalne-strefy-5g-na-stadionie-legii-ericsson-play-i-legia>.
- 18 *PLAY uruchamia 5G w pierwszej polskiej metropolii*, Play, 2019, [online]: <https://biuroprasowe.play.pl/aktualnosci/477185/play-uruchamia-5g-w-pierwszej-polskiej-metropolii>.
- 19 Jabczyński W., *Ściema roku jest nieśmiertelna, czyli czekoladopodobne „5G Ready”*, Orange, 2019, [online]: <https://biuroprasowe.orange.pl/blog/sciema-roku-jest-niesmiertelna-czyli-czekoladopodobne-5g-ready/>.
- 20 Jaślan M., *Polskie testy 5G: priorytet technologii nad biznesem*, op. cit.
- 21 Jaślan M., *Exatel przetestował prototyp 5G*, TELKO.in, 2017, [online]: <https://www.telko.in/exatel-przetestowal-prototyp-5g>.
- 22 Wagstaff J., *New £65 million package for 5G trials*, UK 5G, 2020, [online:] <https://uk5g.org/5g-updates/read-articles/new-65-million-package-5g-trials/>.

- 23 Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure provides funding of 26 million euros to three 5G research projects, Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, 2019, [online:] <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Press-Release/2019/080-scheuer-funding-5g-research.html>.
- 24 Winners announced of smart cities competition to test 5G technology, Ministry of Industry and Trade, 2019, [online:] <https://www.mpo.cz/en/guidepost/for-the-media/press-releases/winners-announced-of-smart-cities-competition-to-test-5g-technology--251502/>.
- 25 UKE, [online:] <https://uke.gov.pl>.
- 26 Strategia 5G dla Polski, Ministerstwo Cyfryzacji, 2018, s. 13-15.
- 27 Zatoński M., Orange testuje sieć nowej generacji w Lublinie. Tymczasem resort cyfryzacji daje operatorom wybór miejsca, gdzie wdrożyć ją komercyjnie, „Puls Biznesu”, 2019, [online:] <https://www.pb.pl/przybywa-polskich-testow-5g-973871>.
- 28 UKE bez narzędzi do rozdysponowania pasma 700 MHz. Senat przyjął poprawki dotyczące wdrożenia 5G w Polsce, Telepolis, 2019, [online:] <https://www.telepolis.pl/wiadomosci/wydarzenia/uke-700-mhz-senat-siec-5g-w-polsce>.
- 29 Krajowy plan działań zmiany przeznaczenia pasma 700 MHz w Polsce, Ministerstwo Cyfryzacji, 2019, s. 5.
- 30 Tamże, s. 6.
- 31 Tamże, s. 1-8.
- 32 5G: jest porozumienie z Rosją w sprawie pasma 700 MHz, Telepolis, 2019, [online:] <https://www.telepolis.pl/wiadomosci/prawo-finanse-statystyki/5g-porozumienie-z-rosjaw-sprawie-700-mhz>.
- 33 Tamże.
- 34 Bochyńska N., Andrzej Kozłowski: Jednoczesny refarming i zmiana standardu nadawania to dobra wiadomość dla widzów, Wirtualne Media, 2020, [online:] <https://www.wirtualnemedia.pl/arttykul/andrzej-kozlowski-jednoczesny-refarming-i-zmiana-standardu-nadawania-to-dobra-wiadomosc-dla-widzow>.
- 35 Stysiak M., Konsultacje aukcji na cztery rezerwacje częstotliwości z pasma 3,6 GHz, UKE, 2019, [online:] <https://bip.uke.gov.pl/konsultacje-i-wyniki-konsultacji/konsultacje-aukcji-na-cztery-rezerwacje-czestotliwosci-z-pasma-3-6-ghz,993.html>.
- 36 Carle B., Manero C., Pujol F., Remis S., 5G Observatory. Quarterly Report 6, European 5G Observatory, 2020 r., s.73-74.
- 37 Dec Ł., UKE zacznie porządkować pasmo 3,4-3,8 GHz, TELKO.in, 2015, [online:] <https://www.telko.in/uke-zacznie-porzadkowac-pasmo-34-38-ghz>.
- 38 Dokumentacja aukcyjna na cztery rezerwacje częstotliwości z pasma 3,6 GHz, UKE, Warszawa, 2020, s.12.
- 39 Oferta wstępna w aukcji na cztery rezerwacje częstotliwości z pasma 3,6 GHz, Załącznik nr 2 do dokumentacji aukcyjnej, UKE 2020 r., s.1.
- 40 Rusza postępowanie konsultacyjne w sprawie aukcji 5G, UKE, 2019, [online:] <https://uke.gov.pl/akt/rusza-postepowanie-konsultacyjne-w-sprawie-aukcji-5g,269.html>.
- 41 Dec Ł., Startuje Polska akcja 5G!, TELKO.in, 2020, [online:] <https://www.telko.in/startuja-polska-aukcja-5g>.
- 42 Dec Ł., Kaczmarek S., UKE zamraża aukcję 5G, 2020, [online:] <https://www.telko.in/uke-zawiesza-termin-skladania-wstepnych-ofert-w-aukcji-czestotliwosci-5g>.
- 43 European Commission to harmonise the last pioneer frequency band needed for 5G deployment, Komisja Europejska, 2019, [online:] <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-commission-harmonise-last-pioneer-frequency-band-needed-5g-deployment>.
- 44 Częstotliwość dla 5G. Konsultacje założeń zagospodarowania widma radiowego, UKE, 2018, [online:] <https://bip.uke.gov.pl/konsultacjej-wyniki-konsultacji/czestotliwosci-dla-5g-konsultacje-zalozen-zagospodarowania-widma-radiowego,333.html>.
- 45 Exatel, [online:] <https://exatel.pl>.
- 46 Gawlicki P., Grabowski T., Jagiełło J., Palermo V., Suchorzewska A., Raport sieci 5G w Polsce – szanse i wyzwania, Accenture, 2019, [online:] https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Redesign-Assets/DotCom/Documents/Local/2/Accenture-Report-Web-5G-Poland-Chances-Challenges.pdf#zoom=50.
- 47 Tamże, s. 35.
- 48 Tamże, s. 36.

- 49 Czyleko Ł., *Kwalifikacja stacji bazowej telefonii komórkowej (instalacji radiokomunikacyjnej) jako przedsięwzięcia mogącego znacząco oddziaływać na środowisko*, LC Consulting, 2019, [online:] <https://www.czyleko.pl/kwalifikacja-stacji-bazowej-telefonii-komorkowej-instalacji-radiokomunikacyjnej-jako-przedswiezecia-mogacego-znaczaco-oddzialywac-na-srodowisko/>.
- 50 *Rozporządzenie Ministra Cyfryzacji w sprawie minimalnych środków technicznych i organizacyjnych oraz metod, jakie przedsiębiorcy telekomunikacyjni są obowiązani stosować w celu zapewnienia bezpieczeństwa lub integralności sieci lub usług*, Ministerstwo Cyfryzacji, 2020.
- 51 *Narodowy Plan Szerokopasmowy do 2025 roku*, Ministerstwo Cyfryzacji, 2018, s. 30.
- 52 George D., Hatt T., Iacopino P., D. Nichiforov-Chuang, J. Robinson, *The 5G era in the US*, GSMA, 2018, s. 34-35.
- 53 Kinney S., *Vodafone, Orange sharing fixed and mobile infrastructure in Spain*, RCRWireless News, 2019, [online:] <https://www.rcrwireless.com/20190430/network-infrastructure/operators-network-sharing-5g>.
- 54 *Ofcom welcomes mobile firms' agreement to build a 'shared rural network'*, Ofcom, 2019, [online:] <https://www.ofcom.org.uk/about-ofcom/latest/media/media-releases/2019/shared-rural-network>; *£ 1 billion deal set to solve poor mobile coverage*, GOV.UK, 2019, [online:] <https://www.gov.uk/government/news/1-billion-deal-set-to-solve-poor-mobile-coverage>.
- 55 Świącicki I., *Model wdrożenia i eksploatacji sieci 5G w Polsce. Uwarunkowania i problemy*, Polski Instytut Ekonomiczny, Policy Paper 5/2019, s. 13-14.
- 56 Cho Jin-Yung, *South Korean Telecom Companies to Share 5G Facilities and Equipment*, "Business Korea", 2018, [online:] <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=21584>.
- 57 *wSieci: O strategicznej roli Exatela dla państwa*, TELKO.in, 2016, [online:] <https://www.telko.in/w-sieci-o-strategicznej-rolie-exatela-dla-panstwa>.
- 58 Kolanko M., *Powstać ma spółka #Polskie5G. Podpisano memorandum*, „Rzeczpospolita”, 2019, [online:] <https://cyfrowa.rp.pl/telekomunikacja/38683-powstac-ma-spolka-polskie5g-podpisano-memorandum>.
- 59 *Polskie 5G nabiera kształtów*, Ministerstwo Cyfryzacji, 2019, [online:] <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/polskie-5g-nabiera-ksztaltow>.
- 60 *Minimal Requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)*, ITU-R, 2017, [online:] https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2410-2017-PDF-E.pdf.
- 61 Albrycht I., Świątkowska J., *Przyszłość 5G czyli Quo Vadis, Europo?*, brief programowy Instytutu Kościuszki, 2019, [online:] https://ik.org.pl/wp-content/uploads/ik_brief_programowy_5g-1.pdf.



PRZEGLĄD KLUCZOWYCH DZIAŁAŃ UE W ZAKRESIE ROZWOJU ORAZ ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA SIECI 5G

5G po wprowadzeniu na szeroką skalę stanie się filarem cyfrowego rynku i społeczeństwa, a zarazem katalizatorem cyfryzacji szeregu sektorów, takich jak przemysł, ochrona zdrowia, transport czy bankowość. W tym kontekście wdrożenie 5G rodzi także obawy dotyczące bezpieczeństwa, również narodowego. Wobec nader licznych połączeń między sieciami, dowolna krytyczna podatność sieci w jednym państwie może potencjalnie wpłynąć na zasadnicze aspekty bezpieczeństwa na innych rynkach. Wdrożenie 5G na szeroką skalę niewątpliwie przyniesie szereg pozytywnych skutków gospodarczych i społecznych, ale postawi także decydentów przed wielowymiarowymi wyzwaniami (technicznymi, prawnymi czy politycznymi), związanymi z rozwojem i zabezpieczeniem funkcjonowania nowych sieci.

W obliczu ogromnej wagi i znaczenia geopolitycznego¹ sieci 5G państwa zaczęły podejmować szereg samodzielnych działań nakierowanych m.in. na zapewnienie bezpieczeństwa sieci. Najdalej idące, a jednocześnie najbardziej kontrowersyjne kroki podjęły Stany Zjednoczone, zakazując dekretem prezydenckim korzystania z urządzeń telekomunikacyjnych wyprodukowanych przez firmy uznane za zagrożenie dla bezpieczeństwa narodowego². Działania te skupione są w szczególności na producentach z Chin, w związku ze wskazaniem tego kraju w ramach narodowej strategii bezpieczeństwa USA jako „strategicznego konkurenta”³. Jednocześnie należy zauważyć, że mimo kluczowej roli amerykańskich producentów chipów oraz komponentów warstwy software w rozwiązaniach sieci 5G, USA nie posiada żadnego producenta dla 5G poziomu sieci radiowej, natomiast istnieje

szereg pochodzących z Chin. Wiele krajów podjęło mniej jednoznaczne działania, stosując, tak jak Wielka Brytania, model hybrydowej kontroli oparty na zarządzaniu ryzykiem technologicznym oraz biznesowym na poziomie operatorów sieci. Unia Europejska jako świadomy wyzwań ponadnarodowy uczestnik tej geopolitycznej rozgrywki, także zdecydowała się zaadresować bezpieczeństwo sieci 5G. W ramach niniejszego rozdziału zarysowano kluczowe działania UE w zakresie rozwoju i zapewnienia bezpieczeństwa sieci 5G.

WSPARCIE SKOORDYNOWANYCH PRAC BADAWCZO-ROZWOJOWYCH NAD TECHNOLOGIAMI 5G

Zważywszy na zapowiedzianą rewolucję technologiczną związaną z 5G, UE – z racji siły potencjału ekonomicznego uosabianego przez wspólny rynek – w ramach pierwszych swoich działań skoncentrowała wysiłki na wsparciu badań i rozwoju 5G w obrębie wspólnoty, w celu zajęcia jednej z centralnych ról w kształtowaniu nowych standardów ogólnosiwiatowych.

Rozwój i uruchomienie komercyjnych usług 5G wymaga poważnych nakładów finansowych. W tej sytuacji Komisja Europejska już w 2013 r. powołała do życia inicjatywę celową partnerstwa publiczno-prywatnego 5G – PPP. Przeznaczone na nią 700 milionów euro funduszy publicznych w ramach programu ramowego Horyzont 2020 uzupełnione zostało o około 700 milionów euro środków prywatnych. W oparciu o współpracę przedstawicieli biznesu, ośrodków badawczych oraz administracji unijnej, celem tego programu jest wzmocnienie europejskiego przemysłu, aby z sukcesem rywalizował na rynkach światowych, tworząc platformy do testowych i eksperymentalnych zastosowań 5G w realnej gospodarce. Jako cel PPP wskazano rynkowe udostępnienie wypracowanych w projekcie technologii w państwach UE do roku 2020. W ramach samego programu Horyzont 2020 uruchomiono:

- trzy projekty korytarzy: 5G CARMEN, 5G CroCo, 5G MOBIX;
- w latach 2017-2019 11 transgranicznych cyfrowych korytarzy na potrzeby testów 5G w UE celem wsparcia autonomicznego i inteligentnego transportu;
- 1 lipca 2018 r. trzy projekty w postaci 5G EVE, 5G VINNI, 5G GENESIS. Każdy z projektów otrzymał od 15 do 20 milionów euro grantu celem przetestowania i wdrożenia usług świadczonych na bazie sieci 5G;
- w czerwcu 2019 r. szereg projektów celem przetestowania zaawansowanych usług na bazie sieci 5G w turystyce, rolnictwie, zdrowiu czy transporcie (5G Drones, 5G GROWTH, 5G HEART, 5G SOLUTIONS, 5G TOURS, 5G SMART, 5G VICTORI);
- w listopadzie 2019 r. osiem projektów celem długoterminowego rozwoju usług na bazie sieci 5G (ARIADNE, 5G-CLARITY, 5G-COMplete, INSPIRE-5Gplus, LOCUS, Mon5G, TERAway i 5G ZORRO)⁴.

Oprócz badań i rozwoju w ramach grantów uzyskanych w programie Horyzont 2020, w Europie trwają również pilotaże m.in. w zakresie przejazdów autonomicznych ciężarówek w kolumnie między miastami, operacji i telemedycyny, automatycznego sterowania statkami w porcie przy ich dokowaniu, automatycznego zasiewania pól przez autonomiczne pojazdy rolne czy automatycznego spryskiwania wybranych roślin przez drony.

O ile współfinansowane prace badawczo-rozwojowe są w stanie dać impuls do budowy silniejszej, bardziej konkurencyjnej i innowacyjnej telekomunikacji w Europie, to jednak nie wystarczą one do zapewnienia pozycji lidera na arenie międzynarodowej. W tym kontekście najwyższej na agendzie działań unijnych usytuowano koordynację narodowych wysiłków i budowę ogólnoeuropejskiej koncepcji tak, aby uniknąć tworzenia się w różnych państwach członkowskich niekompatybilnych standardów. Brak harmonizacji skutkowałaby

znacznym ryzykiem fragmentacji w zakresie dostępności pasm, ciągłości usług na granicach (co powodowałoby na przykład kłopoty z pojazdami połączonymi do sieci) i wdrażania odmiennych standardów technologicznych. To z kolei, z perspektywy rozwoju Jednolitego Rynku Cyfrowego, zidentyfikowano jako czynnik mogący uniemożliwić masowe i optymalne wykorzystanie potencjału innowacji związanych z 5G w UE. Przy piątej generacji sieci mobilnych Unia planuje także uniknąć powtarzania wcześniejszych błędów, zwłaszcza popełnionych podczas wdrażania sieci 4G. Za przykład posłużyć może opóźnione uruchomienie 4G, przypisywane częściowo brakowi koordynacji między krajami, które skutkowało pozostaniem z tyłu za innymi częściami świata – w 2013 r. jedynie 25% ludności UE posiadała dostęp do sieci 4G/LTE versus ponad 90% mieszkańców USA⁵.

Dlatego też Komisja Europejska opublikowała w 2016 r. *Sieć 5G dla Europy: plan działania*⁶, jako część szerszych starań, by osiągnąć pełny potencjał rozwoju tej sieci i wypracować odpowiedni poziom współpracy między krajami członkowskimi. Kluczowe elementy planu określono w następujący sposób:

- synchronizacja programów i priorytetów w zakresie skoordynowanego rozmieszczenia sieci 5G we wszystkich państwach członkowskich UE, mająca na celu wczesne wprowadzenie sieci (do 2018 r.) i komercyjne wdrożenie na szeroką skalę (najpóźniej do końca 2020 r.);
- wstępne udostępnienie pasm widma na potrzeby sieci 5G przed Światową Konferencją Radiokomunikacyjną w 2019 r. (WRC-19) i jak najszybsze uzupełnienie ich dodatkowymi pasmami. Ponadto dążenie do realizacji zalecanego podejścia dotyczącego zatwierdzenia określonych pasm widma powyżej 6 GHz;
- wsparcie wczesnego rozmieszczenia sieci w dużych obszarach miejskich oraz wzdłuż głównych szlaków transportowych;

- propagowanie ogólnoeuropejskich wielostronnych testów z udziałem zainteresowanych stron jako katalizatora, przekształcającego innowacje technologiczne w gotowe rozwiązania biznesowe;
- wsparcie uruchomienia funduszu typu *venture*, zarządzanego przez operatorów sektorowych, mającego wspierać innowacje oparte na sieci 5G;
- współpraca głównych podmiotów w UE w pracach na rzecz propagowania globalnych norm⁷.

Stworzenie harmonogramu kolejnych kluczowych kroków oraz ich rezultatów, które zarówno państwa członkowskie, jak i partnerzy branżowi byli zobligowani realizować, stanowiło istotne ogniwo pomagające formować wspólną wizję dla całej Unii.

Parlament Europejski w rezolucji z połowy 2017 r. zatytułowanej *Łączność internetowa na rzecz wzrostu gospodarczego, konkurencyjności i spójności: europejskie społeczeństwo gigabitowe i 5G*⁸, przyjął z uznaniem plan Komisji, a podkreślając pozytywne skutki omawianej technologii we wszystkich sektorach gospodarki, wezwał do przyjęcia ambitnej strategii finansowania, rozwoju środowiska regulacyjnego przyjaznego dla inwestorów oraz przyspieszenia starań w kwestii standaryzacji na poziomie unijnym. W wyniku tych inicjatyw do grudnia 2019 r. rozpoczęto, jak wskazuje Europejskie Obserwatorium 5G, 181 próbnych wdrożeń 5G, uruchamiając sieć w 138 miastach. Co do wdrożeń na wyższym etapie gotowości rynkowej, według ETNO, branżowego stowarzyszenia telekomunikacji w Europie, 20 sieci 5G działało w 9 państwach europejskich w roku 2019, a kolejnych 80 można się spodziewać do końca 2020 r.⁹ Składną pomimo celu, jakim było ustalenie przed końcem 2017 r. narodowego programu rozwoju 5G przez każde państwo członkowskie, zaledwie w 11 z nich odpowiednie plany powstały do końca 2019 r.

CELE ETAPÓW PLANU DZIAŁAŃ KOMISJI EUROPEJSKIEJ W ZAKRESIE 5G



2025

objęcie dostępem do 5G każdego obszaru miejskiego i głównych naziemnych szlaków komunikacyjnych



2020

start komercyjnych usług 5G w co najmniej jednym dużym mieście każdego państwa członkowskiego



KONIEC 2019

ustanowienie wstępnych standardów światowych sieci 5G



2018

wczesny start 5G na wybranych obszarach i próby zastosowań komercyjnych



KONIEC 2017

sformułowanie krajowych planów wdrożenia 5G



KONIEC 2016

określenie pierwszych zakresów fal

BEZPIECZEŃSTWO SIECI 5G

Przełomu technicznego, który stanowi 5G, nie sposób oddzielić od rosnących potrzeb zapewnienia coraz wyższego bezpieczeństwa, wynikających nie tyle z konieczności powstania zupełnie nowej infrastruktury, co z wpływu nowej generacji sieci mobilnej na niemal wszystkie branże, w tym najbardziej kluczowe. Priorytetem UE były najpierw badania i współpraca w zakresie rozwoju 5G, a następnie stopniowo ich miejsce zajmowały działania mające zapewnić większe bezpieczeństwo, a ściślej rzecz biorąc jego cyfrowy wymiar. Punkt zwrotny stanowił rok 2019.

W marcu 2019 r. w wielu krajach UE rozgorzała debata publiczna, dotycząca bezpieczeństwa łańcucha dostaw dla infrastruktury 5G, której jednym z kluczowych katalizatorów stał się przybierający na sile konflikt interesów strategicznych USA oraz Chin w zakresie nowych technologii. Jednym z powodów dyskusji była podnoszona przez Stany Zjednoczone nieufność względem dostawców sprzętu 5G pochodzących z Chin, mających jakoby zbyt zażyłe relacje z rządami własnych krajów. Przez stronę amerykańską podnoszone były szczególnie obawy w zakresie potencjalnej możliwości instalacji tzw. umyślnych *backdoorów* („tylnych furtek”) przy okazji montowania nowej infrastruktury sieciowej, dzięki którym potencjalnie możliwe byłoby przekazywanie rządowi dostępu do uzyskanych danych.

W takim oto kontekście Parlament Europejski 12 marca 2019 r. przyjął rezolucję w sprawie zagrożeń dla bezpieczeństwa wynikających z rosnącej obecności technologicznej Chin w UE oraz możliwości podjęcia na szczeblu UE działań mających zmniejszyć te zagrożenia¹⁰. Parlamentarzyści wezwali Komisję, by wydała wytyczne w celu zwalczania problemu cyberzagrożeń i podatności przy pozyskiwaniu sprzętu 5G. Wezwano także państwa członkowskie, by uczyniły z bezpieczeństwa obowiązkowy element w procedurach zamówień publicznych dotyczących infrastruktury 5G. Europarlamentarzyści podkreślili zarazem, jak istotne jest zacieśnienie współpracy między

państwami, także w zakresie wymiany informacji. Zwrócono się do krajów członkowskich o przekazywanie wszelkich informacji dotyczących wykrytych w ich sieciach *backdoorów*, bądź podatności oraz zaapelowano do Komisji Europejskiej o upoważnienie Europejskiej Agencji ds. Bezpieczeństwa Sieci i Informacji (ENISA, obecnie zwana też Agencją Unii Europejskiej ds. Cyberbezpieczeństwa) do prac nad systemem certyfikacji, zapewniającym spełnianie najwyższych standardów bezpieczeństwa w trakcie implementacji sieci 5G w UE.

Cyberbezpieczeństwo ma newralgiczne znaczenie dla suwerenności technologicznej Unii, a równocześnie służy uspokojeniu obaw związanych z coraz większą obecnością sprzętu z krajów trzecich w sieciach unijnych. Stworzenie przez członków UE strategicznego i globalnego podejścia do kwestii cyberbezpieczeństwa sieci 5G wydawało się zatem nieuniknione. Europejskie rządy wyraziły poparcie dla wspólnego podejścia do bezpieczeństwa sieci 5G podczas szczytu Rady Europejskiej w dniach 21–22 marca 2019 r.¹¹ Nie tracąc tempa, Komisja Europejska poszła ich śladem i 26 marca 2019 r. przedstawiła zestaw zaleceń dotyczących cyberbezpieczeństwa sieci 5G¹². Wskazówki Komisji, łączące działania konieczne do podjęcia na szczeblu krajowym i unijnym, zawierają kwestie zarówno prawne, jak i polityczne oraz wyznaczają szczegółowo określone terminy osiągnięcia ustalonych celów.

Na poziomie narodowym zaapelowano do odpowiednich władz państw członkowskich o przeprowadzenie do 30 czerwca 2019 r. krajowych ocen ryzyka w obszarze infrastruktury sieci 5G, na podstawie których miały one zaktualizować istniejące wymogi bezpieczeństwa oraz metody zarządzania ryzykiem stosowane wobec sieci 5G. Komisja zaznaczyła, że zagrożenia takie mogą zaistnieć w związku z „(i) czynnikami technicznymi, takimi jak szczególne parametry techniczne sieci 5G, oraz (ii) innymi czynnikami, takimi jak ramy prawne i ramy polityki, którym mogą podlegać dostawcy sprzętu informacyjno-komunikacyjnego w państwach trzecich”¹³. Aby zapewnić

bezpieczeństwo kluczowych elementów sieci państwa członkowskie zachęceno również do stosowania innych środków zapobiegawczych zmierzających do ograniczenia potencjalnych zagrożeń dla cyberbezpieczeństwa, w tym zaostrożonych rygorów w stosunku do dostawców i operatorów.

Jako cel wysiłków unijnych wskazano wzrost poziomu współdziałania państw członkowskich. W ramach Grupy Współpracy NIS powstał specjalny obszar zadań poświęcony cyberbezpieczeństwu sieci 5G, co umożliwiło właściwym władzom krajowym wymianę informacji, określenie najlepszych praktyk i ujednoczenie wiedzy o typach istniejącego ryzyka związanego z sieciami 5G. Wszystkie te składowe opracowano z myślą o przygotowaniu ogólnounijnego przeglądu ryzyk dotyczących

infrastruktury cyfrowej (zwłaszcza sieci 5G), który to państwa członkowskie miały przeprowadzić przy wsparciu Komisji i wraz z agencją ENISA do jesieni 2019 r. W kolejnym kroku zaplanowano uzgodnienie wspólnotowej palety środków zaradczych ujętych w zestaw konkretnych narzędzi.

Skoordynowaną unijną ocenę ryzyka związanego z bezpieczeństwem cyfrowym sieci 5G¹⁴ ukończono na podstawie sprawozdań krajowych i opublikowano 9 października 2019 r. Raport wskazuje, że wprowadzenie sieci 5G zwiększa ogólną powierzchnię ataku oraz liczbę potencjalnych słabych punktów systemów teleinformatycznych. W związku z tym wdrażanie sieci mobilnej piątej generacji oznacza nowe wyzwania na dwóch kluczowych poziomach. Po pierwsze (1)

CHRONOLOGIA DZIAŁAŃ UNII EUROPEJSKIEJ W ZAKRESIE ZABEZPIECZANIA SIECI 5G



technologicznym, po drugie (2) łańcucha dostaw, a więc udziału dostawców zewnętrznych w budowie i utrzymaniu nowych sieci:

1. Fizyczna infrastruktura 5G (hardware) uzupełniany jest w znacznej mierze przez nieodporny element oprogramowania (software), co w powiązaniu z mniej scentralizowaną architekturą może narażać system na większe niebezpieczeństwo. Dodatkowo potencjalne podatności będą miały szerszy wpływ i zasięg niż w tradycyjnych systemach komputerowych. Ze względu na fakt, iż sieć 5G stanowić będzie podstawę łańcucha dostaw w wielu kluczowych sektorach, jej integralność i dostępność stanie się nie tylko istotnym wyzwaniem w zakresie bezpieczeństwa poszczególnych użytkowników, ale też elementem bezpieczeństwa narodowego.
2. Ogółem 5G zwiększy zależność operatorów sieci mobilnych w łańcuchu dostaw 5G od dostawców zewnętrznych oraz znaczenie tych drugich. Zbyt silne powiązanie z pojedynczym dostawcą zwiększałoby ryzyko w przypadku awarii oraz pogarszałoby skutki korzystania ze słabych punktów i z podatności przez wrogie podmioty.

W raporcie wskazano także kwestie bezpieczeństwa narodowego podkreślając, że kraje członkowskie postrzegają zagrożenie ze strony podmiotów wspieranych przez państwa jako niezwykle istotne. W raporcie podkreślono odmienny charakter 5G względem sieci mobilnych poprzednich generacji, wskazując jednocześnie, że niektóre wymogi bezpieczeństwa, mające zastosowanie do wcześniejszych generacji sieci komórkowych, pozostają w mocy w odniesieniu do kolejnych.

Trzecia i zasadnicza faza planu ustalonego w zaleceniach KE to przedstawienie zestawu narzędzi UE w zakresie cyberbezpieczeństwa 5G, co nastąpiło 29 stycznia 2020 r.¹⁵ Zawiera on zbiór kluczowych środków strategicznych i technicznych do rozważenia przez państwa członkowskie

oraz Komisję Europejską, przygotowanych na podstawie unijnej skoordynowanej oceny ryzyka. Dodatkowo dokument proponuje plany przeciwdziałania ryzyku w dziewięciu obszarach sieci 5G.

Środki strategiczne zmierzają do zwiększenia uprawnień regulacyjnych i nadzorczych władz krajowych oraz unijnych w zakresie zamówień i budowy sieci. Zawierają także narzędzia służące wyeliminowaniu słabości nietechnicznych zidentyfikowanych przez państwa członkowskie w skoordynowanej ocenie ryzyka (zwłaszcza szansa ingerencji ze strony państw spoza UE lub nadmiernej zależności od jednego dostawcy).

Środki techniczne koncentrują się na zwiększeniu bezpieczeństwa technologii, procesów, osób i komponentów dla zabezpieczenia urządzeń i sieci 5G.

Działania wspierające obejmują wysiłki w dziedzinie norm 5G, wzmocnienie zdolności w zakresie badań i audytu, poprawę koordynacji w przypadku incydentów oraz zapewnienie pełnego uwzględnienia zagrożeń związanych z cyberbezpieczeństwem w projektach 5G finansowanych przez UE. Działania te mogą torować drogę innym środkom strategicznym i technicznym, wspomagać i wzmacniać ich skuteczność.

Plany ograniczenia ryzyka wychodzą naprzeciw konkretnemu, określonemu ryzyku i składają się z połączenia działań strategicznych, technicznych oraz wspierających. Odzwierciedlają znaczenie odpowiedniej kombinacji środków w celu zapewnienia ich pełnej efektywności i egzekwowalności.

¹⁵ Do dziewięciu obszarów ryzyka zaliczono: niewłaściwą konfigurację sieci, brak kontroli dostępu, niską jakość produktów, zależność od pojedynczego dostawcy, zakulisowe działania państwowe poprzez łańcuch dostaw 5G, wykorzystanie sieci 5G na rzecz przestępczości zorganizowanej, poważne zaburzenie usług infrastruktury krytycznej, przerwanie dostaw elektryczności na wielką skalę oraz wykorzystanie Internetu Rzeczy.

Środki strategiczne	Środki techniczne
<ul style="list-style-type: none"> wzmocnienie roli władz krajowych; wykonywanie audytów operatorów i wymagania informacji; ocena profilu ryzyka dostawców i stosowanie restrykcji wobec dostawców uznanych za ryzykownych – w tym niezbędnych wykluczeń dla skutecznego zmniejszenia ryzyka – przy zasobach kluczowych; kontrola użycia trzeciej linii wsparcia dostawców usług zarządzanych (ang. Managed Service Provider, MSP) i dostawców sprzętu; zapewnianie różnorodności dostawców poszczególnych operatorów sieci komórkowych (ang. Mobile Virtual Network Operator, MNO) przez właściwe strategie dywersyfikujące; zwiększanie odporności na poziomie krajowym; identyfikacja zasobów kluczowych i sprzyjanie różnorodnemu i zrównoważonemu ekosystemowi 5G w UE; podtrzymywanie i budowanie różnorodności oraz zdolności UE w zakresie przyszłych technologii sieciowych. 	<ul style="list-style-type: none"> zapewnianie korzystania z podstawowych wymogów bezpieczeństwa (bezpiecznego projektu i architektury sieci); zapewnianie i ocena implementacji środków bezpieczeństwa w istniejących standardach 5G; zapewnianie rygorystycznej kontroli dostępu; zwiększanie bezpieczeństwa wirtualnych funkcji sieciowych; zapewnienie bezpiecznego zarządzania sieciami 5G, ich bezpiecznego działania i monitorowania; podnoszenie poziomu bezpieczeństwa fizycznego; wzmacnianie integralności oprogramowania, zarządzania aktualizacjami i poprawkami; wprowadzanie wyższych norm bezpieczeństwa w procesach dostawców, przez ścisłe specyfikacje zamówień; używanie certyfikacji unijnej wobec komponentów sieci 5G, sprzętu konsumenckiego lub procesów dostawców; używanie certyfikacji unijnej przy innych produktach i usługach cyfrowych, niezwiązanych z 5G (urządzenia połączone, chmura obliczeniowa).
Działania wspierające	
<ul style="list-style-type: none"> formułowanie bądź weryfikacja wytycznych i najlepszych praktyk bezpieczeństwa sieciowego; wzmacnianie zdolności w zakresie testów i audytów na szczeblu krajowym; wspieranie i kształtowanie standaryzacji sieci 5G; rozwijanie zaleceń w kwestii stosowania środków bezpieczeństwa w istniejących standardach 5G; zapewnianie stosowania standardowych środków bezpieczeństwa technicznego i organizacyjnego przy pomocy odpowiedniego ogólnounijnego systemu certyfikacji; wymiana najlepszych praktyk implementacji środków strategicznych, szczególnie z krajowych ram oceny profilu ryzyka dostawców; poprawa koordynacji reagowania na incydenty i zarządzania kryzysowego; przewodzenie audytów współzależności między sieciami 5G a innymi usługami o kluczowym znaczeniu; usprawnianie mechanizmów współdziałania, koordynacji i wymiany informacji; zapewnianie brania pod uwagę zagrożeń cyberbezpieczeństwa w projektach wdrożeniowych 5G finansowanych ze środków publicznych. 	

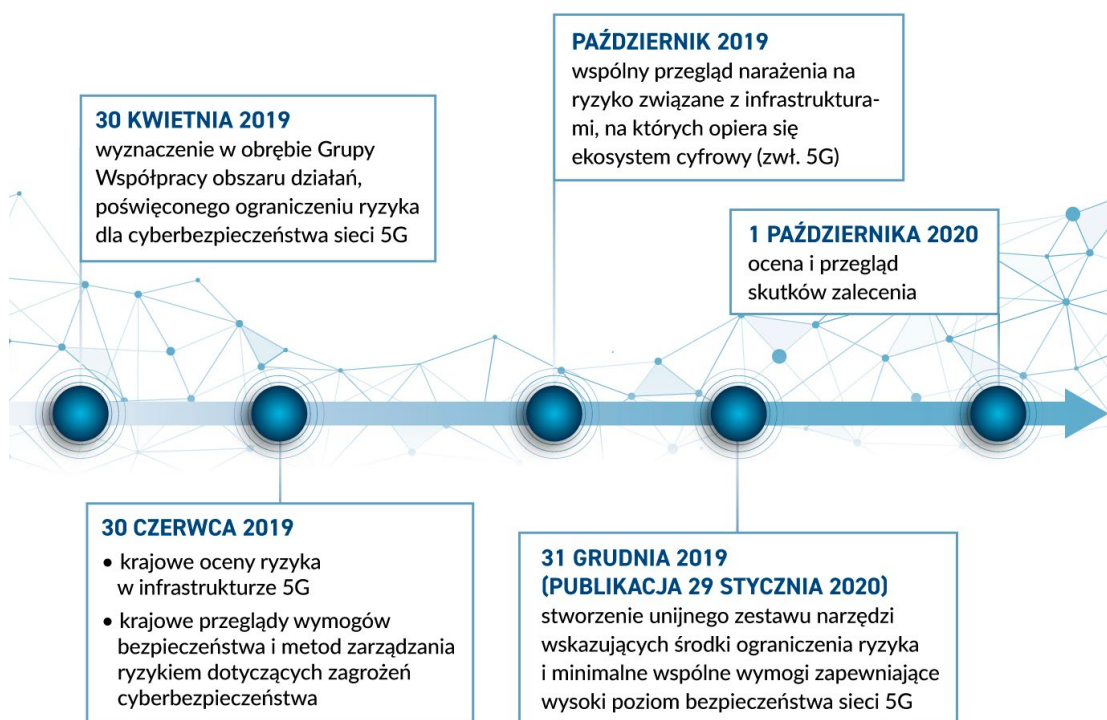
Źródło: Grupa Współpracy Dyrektywy NIS, *Cybersecurity of 5G networks – EU Toolbox of risk mitigating measures*, 2020.

W podsumowaniu zestawu środków i działań autorzy akcentują najważniejsze zalecenia zarówno dla państw, jak i dla współpracy rządów i Komisji Europejskiej. Odpowiednie władze krajowe są po pierwsze zachęcane do opracowania i zastosowania środków ograniczających ryzyko, zwłaszcza takich, które wzmocnią wymogi bezpieczeństwa dotyczące operatorów sieci komórkowych. W dodatku powinny one dokonać wnikliwej oceny ryzyka w zakresie dostawców i wprowadzić właściwe ograniczenia wobec tych, którzy zakwalifikowani zostaną jako grupa wysokiego ryzyka. Autorzy proponują nawet, w razie konieczności, wprowadzenie wykluczenia, dla skutecznego ograniczenia ryzyka przy zasobach kluczowych, takich jak np. elektrownie atomowe czy bazy wojskowe. Zwracają się również do państw wspólnoty z wnioskiem o upewnienie się, że operatorzy przyjmą strategię dywersyfikacji dostawców, aby minimalizować zależność od pojedynczego

dostawcy. W sferze działań podejmowanych wspólnie przez Komisję Europejską oraz państwa członkowskie raport skupia się na zachowaniu różnorodnego i zrównoważonego łańcucha dostaw urządzeń 5G z użyciem już istniejących narzędzi oraz instrumentów (zob. *Środki techniczne, Środki strategiczne, Działania wspierające*) oraz przeznaczeniem liczniejszych programów unijnych i większego finansowania na potrzeby zdolności 5G i post-5G. Wzmocnienie współpracy państw członkowskich w procesie tworzenia unijnego systemu certyfikacji dla propagowania bezpiecznych produktów i procesów także pojawia się jako jeden z priorytetów.

Sugestie zawarte w zestawie narzędzi, chociaż niewiążące, reprezentują efekt wspólnych prac przedstawicieli państw członkowskich, agencji ENISA i KE. Ta ostatnia wystosowała komunikat¹⁶,

CHRONOLOGIA REZULTATÓW ZALECENIA KOMISJI EUROPEJSKIEJ W KWESTII CYBERBEZPIECZEŃSTWA SIECI 5G



w którym wzywa państwa członkowskie do podjęcia pierwszych konkretnych i wymiernych działań na rzecz implementacji kluczowych środków opisanych w zestawie do 30 kwietnia 2020 r. oraz do złożenia w tym zakresie sprawozdań przed 30 czerwca 2020 r.

W czasach kiedy rewolucja cyfrowa zajmuje centralne miejsce w europejskiej i światowej debacie publicznej, Unia Europejska – jak pokazuje jej

historia dotycząca 5G – odnalazła swoje miejsce oraz wyznaczyła wszechstronną i wspólną strategię, aby bronić swoich interesów, równoważąc z jednej strony nagłą potrzebę szybkiego wdrażania nowych technologii, a z drugiej konieczność uniknięcia zagrożeń bezpieczeństwa. Podejmując wyzwanie zapewnienia suwerenności technologicznej, nowa Komisja Europejska stawia ambitne cele w obszarze polityki cyfryzacji i cyberbezpieczeństwa na kolejne pięć lat.

INNE NARZĘDZIA I INSTRUMENTY UNIJNE CHRONIĄCE SIECI 5G

Unijne ramy telekomunikacyjne wskazują, że to państwa członkowskie są zobowiązane zapewnić integralność i bezpieczeństwo publicznych sieci łączności oraz dopilnować, aby publiczne sieci lub usługi łączności uwzględniały odpowiednie środki, w celu zarządzania ryzykiem. W ramach tych przewidziano również uprawnienia właściwych krajowych organów regulacyjnych do wydawania wiążących instrukcji i zapewniania ich przestrzegania, szczególnie w odniesieniu do operatorów telekomunikacyjnych.

Europejski kodeks łączności elektronicznej od 21 grudnia 2020 r. rozszerzy zakres przepisów dotyczących bezpieczeństwa zawartych w obecnych ramach i wprowadzi definicje dotyczące bezpieczeństwa sieci i usług oraz incydentów związanych z bezpieczeństwem. Oprócz tego w kodeksie przewidziano, że środki bezpieczeństwa powinny uwzględniać wszystkie istotne aspekty niektórych elementów w obszarach takich jak bezpieczeństwo sieci i urządzeń, postępowanie z incydentami związanymi z bezpieczeństwem, zarządzanie ciągłością działania, monitorowanie, audyt i testowanie, a także zgodność z normami międzynarodowymi.

Dyrektywa w sprawie bezpieczeństwa sieci i informacji wymaga, aby operatorzy usług kluczowych w konkretnych dziedzinach (energia, finanse, opieka zdrowotna, transport, dostawcy usług cyfrowych itd.) stosowali odpowiednie środki bezpieczeństwa i zgłaszali poważne incydenty właściwemu organowi krajowemu. Dyrektywa przewiduje również koordynację między państwami członkowskimi w przypadku incydentów transgranicznych mających wpływ na operatorów. W ramach samej dyrektywy operatorzy telekomunikacyjni nie zostali wskazani jako sektor kluczowy, jednocześnie wybrane kraje członkowskie – np. Estonia, Włochy – rozszerzyły krajowe katalogi usług kluczowych uwzględniając w nich operatorów sieci mobilnych. Zgodnie z programem prac Komisji przegląd dyrektywy zapowiedziano przed końcem 2020 r.

Akt o cyberbezpieczeństwie, który wszedł w życie w czerwcu 2019 r., tworzy ramy dla europejskich systemów certyfikacji cyberbezpieczeństwa produktów, procesów i usług. Po uruchomieniu systemy te, obejmując całą Unię, umożliwią producentom wykazanie, że uwzględnili określone zabezpieczenia na wczesnych etapach projektowania produktów, zaś użytkownikom umożliwią ustalenie poziomu pewności zabezpieczeń. Ramy te pozwolą rozwijać systemy certyfikacji w zakresie cyberbezpieczeństwa odpowiadające potrzebom użytkowników 5G.

Mechanizm monitorowania bezpośrednich inwestycji zagranicznych wspiera wymianę informacji dotyczących inwestycji pochodzących spoza UE, w kontekście ich wpływu na bezpieczeństwo lub porządek publiczny. Obejmuje inwestycje w kluczowych sektorach i technologiach (w tym danych i komunikacji) ze strony przedsiębiorstw o niejasnej strukturze własnościowej i powiązanych z obcymi rządami, a także inwestycje wpływające na unijne programy i projekty.

Źródło: Komisja Europejska.

PRZYPISY

- 1 Albrycht I., Świątkowska J., *Przyszłość 5G czyli Quo Vadis, Europo?*, brief programowy Instytutu Kościuszki, 2019, [online:] https://ik.org.pl/wp-content/uploads/ik_brief_programowy_5g-1.pdf.
- 2 Trump D., *Securing the Information and Communications Technology and Services Supply Chain* [Executive Order 13873], 2019, [online:] <https://www.federalregister.gov/documents/2019/05/17/2019-10538/securing-the-information-and-communications-technology-and-services-supply-chain>.
- 3 *Trump labels China a strategic 'competitor'*, "Financial Times", [online:] <https://www.ft.com/content/215cf8fa-e3cb-11e7-8b99-0191e45377ec>.
- 4 *5G Observatory Quarterly Report 6, Up to December 2019*, Europejskie Obserwatorium 5G, 2019, [online:] <http://5gobservatory.eu/observatory-overview/observatory-reports/>.
- 5 *Europa czwartej generacji? Trzy czwarte Europejczyków nie mają dostępu do sieci 4G!*, Komisja Europejska, 2013, [online:] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/IP_13_742.
- 6 *Sieć 5G dla Europy: plan działania*, Komisja Europejska, 2016, [online:] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0588>.
- 7 Tamże.
- 8 *Sprawozdanie w sprawie łączności internetowej na rzecz wzrostu gospodarczego, konkurencyjności i spójności: europejskie społeczeństwo gigabitowe i 5G*, Parlament Europejski, 2017, [online:] https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0184_PL.html.
- 9 *EU connectivity is becoming faster and more intelligent, but more investment is needed*, ETNO, 2020, [online:] <https://etno.eu/news/all-news/657:state-of-digi-2020-pr.html>.
- 10 *Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 12 marca 2019 r. w sprawie zagrożeń dla bezpieczeństwa wynikających z rosnącej obecności technologicznej Chin w UE oraz możliwości podjęcia na szczeblu UE działań mających zmniejszyć te zagrożenia*, Parlament Europejski, 2019, [online:] http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0156_PL.html.
- 11 *Posiedzenie Rady Europejskiej (21 i 22 marca 2019 r.) – Konkluzje*, Rada Europejska, 2019, [online:] <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-1-2019-INIT/pl/pdf>.
- 12 *ZALECENIE KOMISJI (UE) 2019/534 z dnia 26 marca 2019 r. Cyberbezpieczeństwo sieci 5G*, Komisja Europejska, 2019, [online:] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32019H0534>.
- 13 Tamże.
- 14 *Państwa członkowskie publikują sprawozdanie dotyczące unijnej skoordynowanej oceny ryzyka związanego z bezpieczeństwem sieci 5G*, Komisja Europejska, 2019, [online:] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/IP_19_6049.
- 15 *Cybersecurity of 5G networks - EU Toolbox of risk mitigating measures*, Komisja Europejska, 2020, [online:] <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/cybersecurity-5g-networks-eu-toolbox-risk-mitigating-measures>.
- 16 *Bezpieczne wprowadzanie sieci 5G w UE – wdrażanie unijnego zestawu narzędzi* [komunikat, COM 2020/50/final], Komisja Europejska, 2020, [online:] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52020DC0050>.

REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE SIECI 5G I OBSZARU CYBERBEZPIECZEŃSTWA W WYBRANYCH KRAJACH EUROPEJSKICH

WSTĘP

Raport Europejskiego Obserwatorium 5G z czwartego kwartału 2019 r. wskazuje, że największą liczbę testów 5G w Europie przeprowadziły Włochy, Francja, Niemcy, Zjednoczone Królestwo oraz Hiszpania¹. Bazując na powyższym kryterium, wymienione państwa wybrane zostały jako grupa badawcza do przeprowadzenia analizy prawno-porównawczej, której rezultaty zostały zaprezentowane w dalszej części artykułu. Aby uwzględnić inne zaawansowane prawodawczo kraje UE, które jednocześnie cechują się odmiennymi względem „wielkiej piątki” modelami regulacji kwestii związanych 5G, do grupy dodane zostały także Finlandia i Szwecja. Oba kraje mają również znaczenie strategiczne dla UE ze względu na fakt, że są głównymi europejskimi dostawcami technologii potrzebnej do wdrożenia 5G¹.

Niniejszy rozdział ma przybliżyć odmienne podejścia regulacyjne w odniesieniu do sieci 5G oraz rynku telekomunikacyjnego obecnego we wskazanych państwach europejskich. Krótka analiza porównawcza przyjętych rozwiązań legislacyjnych pozwoli na określenie stanowiska wybranych krajów UE w odniesieniu do takich zagadnień jak poziom liberalizacji rynku telekomunikacyjnego, miejsce 5G w ramach strategii rozwoju gospodarczego czy roli piątej generacji technologii mobilnych w systemie bezpieczeństwa narodowego.

¹ Badanie przeprowadzono przed opuszczeniem Unii przez Zjednoczone Królestwo w styczniu 2020 r.

WŁOCHY

Regulacja rynku telekomunikacyjnego we Włoszech, szczególnie w zakresie wdrożenia sieci 5G, stanowi element szerszego systemu bezpieczeństwa sieci oraz systemów informatycznych i w takim też kontekście rozwijane są krajowe ramy prawne tego zagadnienia. Włochy, na tle innych analizowanych krajów, podjęły najdalej idące kroki w zakresie umożliwiania bezpośredniego wpływu administracji państwowej na kształt wdrażania technologii 5G w sieciach telekomunikacyjnych.

Funkcjonowaniu sieci 5G we Włoszech nadano rygor jakiego poddano operatorów usług kluczowych zgodnie z krajową implementacją unijnych standardów zawartych w dyrektywie NIS – dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1148 z dnia 6 lipca 2016 r. w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu bezpieczeństwa sieci i systemów informatycznych na terytorium Unii. Normy dyrektywy NIS znajdują zastosowanie w odniesieniu do podmiotów działających w obszarach uznanych za kluczowe i wyliczonych przez unijnego prawodawcę w przedmiotowo zamkniętym katalogu. Przykładowo za kluczowy uznany został m.in. sektor energetyczny, transportowy, bankowy, infrastruktury rynków finansowych oraz infrastruktury cyfrowej. Włoski ustawodawca, poza transpozycją dyrektywy NIS do wewnętrznego porządku prawnego, postanowił poszerzyć katalog o inne niewymienione w dyrektywie przypadki. Zgodnie z art. 1 pkt. 1 dekretu 105/2019ⁱⁱ Perimetro di Sicurezza Nazionale Cibernetica większe restrykcje co do środków bezpieczeństwa obejmą podmioty (publiczne i prywatne) z siedzibą na terenie Włoch, działające w obszarach, od których zależy wykonywanie zasadniczych funkcji państwa lub te usługi, których świadczenie jest niezbędne dla utrzymania działalności obywatelskiej,

ii Mimo faktu, że dekret zgodnie z art. 77 włoskiej konstytucji jest prowizorycznym aktem prawnym wydawanym przez egzekutywę i wymagającym późniejszej ratyfikacji (konwersji) przez parlament, w przypadku dekretu 105/2019 będzie mowa o ustawodawcy, ponieważ konwersja nastąpiła 13 listopada 2019 r.

społecznej lub gospodarczej o zasadniczym znaczeniu dla funkcjonowania państwa. Rozwijając postanowienia dyrektywy NIS ustawodawca uznał dostawców infrastruktury telekomunikacyjnej za operatorów usług kluczowych, co potwierdza dekret nr 22 z 25 marca 2019 r., który rozszerza prawo ingerencji rządu o usługi szerokopasmowej komunikacji elektronicznej. Ponadto zalicza je do czynności o znaczeniu strategicznym².

W praktyce podmioty, które zostają objęte większym rygiem bezpieczeństwa zostają automatycznie ujęte w specjalnym dekrete Prezesa Rady Ministrów, który tworzy ogólne ramy cyberbezpieczeństwa na poziomie krajowym oparte na kryterium zarządzania ryzykiem. W toku nowelizacji dekretu ustanowiony ma zostać także zespół szczegółowych środków, który ma zapewnić adekwatny poziom cyberbezpieczeństwa w ramach nadzorowanych podmiotów. Dotyczyć będą one m.in. struktury zarządzania bezpieczeństwem, ochrony danych, szkolenia pracowników etc. Należy podkreślić, że tak opisane rozwiązania prawne przyznają władzy wykonawczej kompetencje dyskrecyjne, polegające na możliwości podejmowania samodzielnych ocen i decyzji w zakresie tego kto powinien być objęty bardziej restrykcyjnymi regulacjami bezpieczeństwa. Porównując takie rozwiązanie z transpozycją dyrektywy NIS np. w Polsce, wskazać można szereg różnic, w szczególności zaś brak operatorów telekomunikacyjnych w wykazie operatorów usług kluczowych w polskich regulacjach prawnych. Ponadto zgodnie z rozporządzeniem nr 1806 z 21 września 2018 r. wykaz sektorów kluczowych, w przeciwieństwie do włoskiego rozwiązania, ma charakter zamknięty i detaliczny³.

Inspekcje i kontrole nad umieszczonymi w dekrete podmiotami publicznymi są we Włoszech przeprowadzane przez gabinet Prezesa Rady Ministrów, natomiast nad podmiotami prywatnymi przez Ministerstwo ds. Rozwoju Gospodarczego. Obydwa organy mają kompetencje do wydawania zaleceń i w przypadku niezastosowania się do ich treści mogą nałożyć wysoką karę administracyjną w postaci grzywny od 200 tys. do 1,8 mln euro.

Niedawno utworzone Narodowe Centrum Ewaluacji i Weryfikacji (wł. Centro di Valutazione e Certificazione Nazionale, CVCN) jest organem nadzorczym Ministerstwa ds. Rozwoju Gospodarczego w tym zakresie. Wszystkie podmioty wymienione w dekrecie, a także Centralne Jednostki Zakupujące dla Zamówień Publicznych, które zamierzają dokonać zakupu urządzeń ICT muszą zgłosić CVCN listę wszystkich podzespołów i architektury software danej struktury ICT załączając analizę ryzyka związanego z planowanym użytkowaniem. W terminie 45 dni od zgłoszenia CVCN może wydać pozwolenie na zakup lub też zarządzić dodatkowe weryfikacje, warunki i testy w związku z zaistniałym ryzykiem⁴. W przypadku zamówień publicznych zaproszenie do składania ofert musi zawierać klauzulę wstrzymania lub zakończenia postępowania w przypadku negatywnego wyniku testu. Szczególnie istotnym elementem władzy dyskrecyjnej egzekutywy jest poszerzenie zakresu tzw. złotej kompetencji o obszar cyberbezpieczeństwa. Złota kompetencja jest prerogatywą rządu do wniesienia sprzeciwu wobec próby wykupienia dostawcy usług działającego na terenie Włoch. Rząd zastrzega sobie również kompetencje kontrolne w zakresie weryfikacji potencjalnych podatności (ang. *vulnerabilities*) koncesjonariuszy lub potencjalnych nabywców⁵.

Znaczny wpływ administracji publicznej na kształt 5G we Włoszech uwidocznił się także w przypadku aukcji publicznej z października 2018 r., w czasie której narzucono licytantom pasm 700 MHz, 3700 MHz i 26 GHz obowiązek przedstawienia specjalistycznego raportu dotyczącego zarówno planowanych usług, jak i konkretnych technologii wykorzystanych do ich świadczenia. Dodatkowo do licytacji przystąpić mogły wyłącznie konsorcja, zaś poszczególne firmy nie mogły należeć do więcej niż jednego z nich⁶.

FRANCJA

Francuskie działania legislacyjne oraz administracyjne dotyczące budowy i zabezpieczenia sieci mobilnej piątej generacji nakierowane są na

bezpośrednią rolę państwa tylko w określonych wypadkach związanych z bezpieczeństwem narodowym. W pozostałych kontekstach administracja publiczna wpływa na infrastrukturę telekomunikacyjną pośrednio, kształtując dynamikę i zasady funkcjonowania rynku operatorów oraz wspierając w praktyce silną pozycję francuskich operatorów na rodzimym rynku.

24 lipca 2019 r. francuski Senat na sesji nadzwyczajnej uchwalił nowelizację⁷ Kodeksu elektronicznej poczty i łączności (fr. Code des postes et des communications électroniques), mającą na celu ochronę interesów obrony i bezpieczeństwa narodowego Francji w kontekście mobilnych sieci radiowych, w tym 5G. Nowelizacja dodała do Kodeksu nowy podrozdział (sekcję) nr 7⁸ o tytule: „Program [uzyskania] uprzedniej zgody na działanie urządzeń sieci radiowej”. Zawarte w nim cztery artykuły (L. 34.11 i n.) określają przesłanki uzyskania zezwolenia na eksploatację zewnętrznych urządzeń przez operatorów sieci. Odmowa udzielenia zezwolenia przez Prezesa Rady Ministrów może mieć miejsce ze względu na brak gwarancji zachowania trwałości, integralności, bezpieczeństwa i dostępności sieci lub poufności przesyłanych wiadomości oraz informacji związanych z komunikacją. Dodatkowo ze względu na swoją działalność, tj. fakt świadczenia usługi jako operator ogólnodostępnej sieci łączności elektronicznej, operatorzy znajdują się w zakresie definicji legalnej pojęcia „operatora usług kluczowych” zawartej w Kodeksie obrotowym (art. L. 1332-1): „publiczni lub prywatni operatorzy prowadzący zakłady lub korzystający z instalacji i robót, których niedostępność mogłaby znacznie ograniczyć potencjał wojenny lub gospodarczy, bezpieczeństwo lub zdolność przetrwania narodu”. Co więcej sam artykuł L. 34.11 również odwołuje się do kryteriów obrony i bezpieczeństwa narodowego, wskazując jednocześnie na strategiczne znaczenie jakie nadaje ustawodawca 5G.

We Francji nie wprowadzono jeszcze komercyjnego wdrożenia sieci 5G na masową skalę, jednak zgodnie z projektem specyfikacji ogłoszonym przez

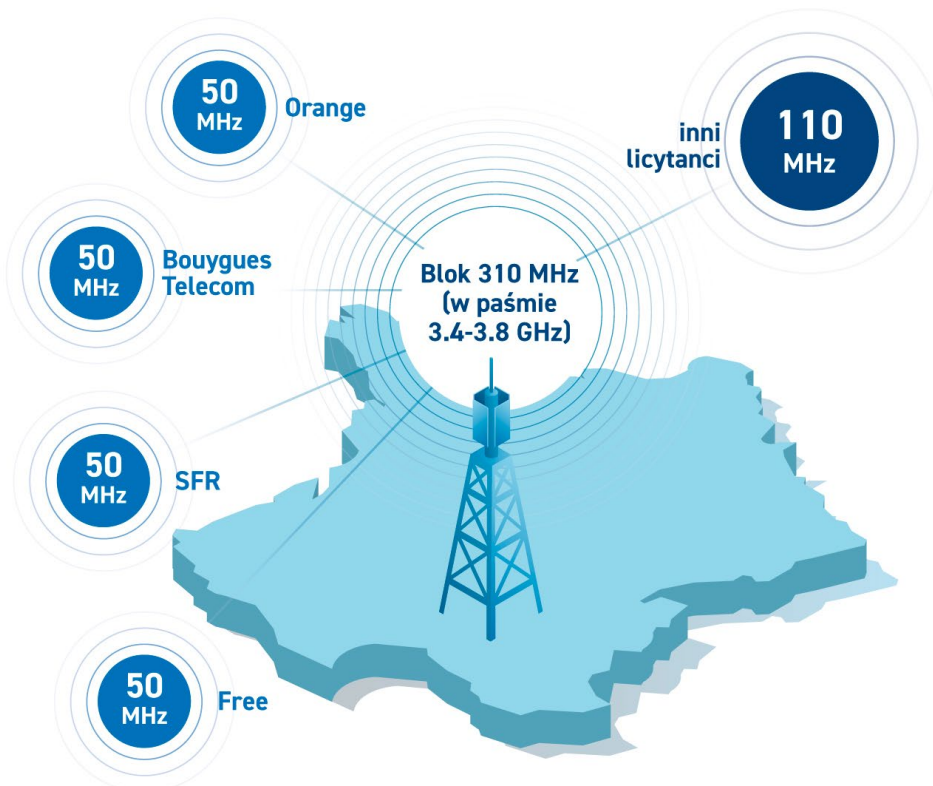
**NARZĘDZIA REALIZACJI
POLITYK PUBLICZNYCH
DOTYCZĄCYCH 5G PRZEZ
WYBRANE PAŃSTWA
EUROPEJSKIE**



Organ regulacyjny ds. Komunikacji Elektronicznej i Poczty (fr. Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes, ARCEP) opublikowanym 21 listopada 2019 r., na aukcje wystawione zostanie pasmo 310 MHz w pasmach częstotliwości 3,4-3,8 GHz. Mimo faktu, że obowiązek uzyskania zezwolenia dotyczy wszystkich licytantów, już w listopadzie pojawiły się spekulacje, że cztery bloki po 50 MHz zostaną przeznaczone dla głównych przedsiębiorstw telekomunikacyjnych operujących we Francji (Orange, Bouygues Telecom, SFR i Free), a pozostałe spektrum podzielone zostanie na mniejsze bloki po 10 MHz⁹. Kandydatura czterech gigantów do udziału w aukcji została zaakceptowana 26 lutego 2020 r., a przewidywane przyznanie bloków pierwotnie nastąpić miało w czerwcu¹⁰, zostało niestety przełożone na termin późniejszy ze względu na pandemię SARS-CoV-2¹¹.

Biorąc pod uwagę fakt, że już w 2015 r. odbyła się aukcja pasma 700 MHz, w której Orange, Bouygues Telecom, SFR i Free wylicytowały sześć dostępnych bloków¹², zauważyć należy, że prawo francuskie umożliwiło uzyskanie owej silnej pozycji w obszarze 5G w okresie poprzedzającym nowelizację Kodeksu elektronicznej poczty i łączności w 2019 r., a aukcja pasma 3,4-3,8 GHz przeznaczająca de facto cztery bloki po 50 MHz „wielkiej czwórce” jeszcze ją ugruntowuje. Z prawnego punktu widzenia, nowe przepisy zwiększyły kontrolę państwa nad rynkiem telekomunikacyjnym (np. poprzez konieczność uzyskania zezwolenia na eksploatację zewnętrznych urządzeń przez operatorów sieci), co wpisuje się w dotychczasową praktykę zagwarantowania silnej pozycji czterem głównym firmom.

PLANOWANA AUKCYJA PUBLICZNA 5G WE FRANCJI (2020 r.)



NIEMCY

Republika Federalna Niemiec, obok Wielkiej Brytanii, wypracowała na tle omawianej grupy państw jedno z najbardziej komplementarnych regulacji w zakresie wdrażania oraz zabezpieczenia sieci 5G. Oparte są one na połączeniu bezwzględnie obowiązujących, ale dość ogólnych wymagań zapisanych w ustawach z bardziej szczegółowym i rygorystycznym katalogiem wymagań bezpieczeństwa stanowiącym prawo miękkie. Katalog jest przykładem podejścia opartego na regulacji funkcjonowania sieci 5G na poziomie operacyjnym i technicznym. Zakłada on m.in. niezbędną certyfikację elementów sieci wysokiego ryzyka w oparciu o certyfikaty wydawane przez Federalne Biuro Bezpieczeństwa lub ich unijny ekwiwalent.

Niemiecki porządek prawny reguluje kwestie związane z 5G głównie poprzez ustawę o sieciach cyfrowych (niem. Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze; DigiNetzG¹³) oraz ustawę prawo telekomunikacyjne (niem. Telekommunikationsgesetz; TKG¹⁴). W przypadku pierwszej z nich federalny ustawodawca postawił sobie za cel przyspieszenie ekspansji szybkich sieci cyfrowych poprzez uwzględnienie światłowodu jako integralnego komponentu inwestycji infrastrukturalnych np. sieci energetycznych i kanalizacyjnych przy drogach, szynach i drogach wodnych, których przepustowość jest wystarczająca dla kabli światłowodowych¹⁵. W szerszym ujęciu ma to na celu ograniczenie przyszłych kosztów związanych z rozbudową lub przebudową infrastruktury. Ustawa DigiNetzG weszła w życie w listopadzie 2016 r., a jej przedmiot, czyli przyspieszenie rozwoju wewnątrzrajowej sieci światłowodowej, zasadniczo nie przykuł szczególnej uwagi środowiska międzynarodowego. Inaczej stało się z drugim z przytoczonych aktów prawnych – TKG.

Zgodnie z treścią § 109 (i § 109a) TKG ustanowiony zostaje katalog wymagań bezpieczeństwa dotyczących działania systemów telekomunikacyjnych i przetwarzania danych oraz przetwarzania danych

osobowych (niem. Katalog von Sicherheitsanforderungen für das Betreiben von Telekommunikations- und Datenverarbeitungssystemen sowie für die Verarbeitung personenbezogener Daten¹⁶). Wprawdzie aktualnie obowiązujący katalog wszedł w życie w lutym 2016 r., jednak 19 października 2019 r. Federalna Agencja ds. Sieci (niem. Bundesnetzagentur) opublikowała jego nowy projekt¹⁷. Znowelizowany katalog nałoży na dostawców usług telekomunikacyjnych oraz operatorów sieci telekomunikacyjnych obowiązek przygotowania i wdrożenia odpowiednich środków bezpieczeństwa, mających na celu ochronę tajemnicy komunikacyjnej, zapobieganie naruszeniom danych, zapobieganie zakłóceniom sieci i usług oraz zarządzanie zagrożeniami bezpieczeństwa¹⁸. Należy zauważyć, że katalog przynależy do kategorii tzw. prawa miękkiego, czyli nie ma charakteru źródła prawa bezwzględnie obowiązującego. Jednocześnie stanowi podstawę wykładni norm zawartych w TKG i prawdopodobnie część jego przepisów może stać się w przyszłości *ius cogens* (normą bezwzględnie wiążącą), gdy TKG doczeka się nowelizacji. Ponadto Bundesnetzagentur wskazała, że wymogi zawarte w Katalogu mają jedynie charakter „instrukcji i rekomendacji” (niem. *Hinweisen, Empfehlungen*) i dopuszcza się od nich uzasadnione wyjątki. Przykładowo akceptuje się zastosowanie alternatywnych względem zaleceń środków, o ile doprowadzą one do osiągnięcia zakładanego poziomu bezpieczeństwa. Jednocześnie agencja zakłada możliwość przeprowadzenia audytu przez wykwalifikowany i niezależny podmiot lub przez właściwy organ krajowy.

Istotne wymogi zawarte w katalogu zakładają potrzebę komplementarnego podejścia do bezpieczeństwa informacji, uwzględniającego zarówno elementy bezpieczeństwa procesowego, infrastrukturalnego jak i systemów IT. Na liście środków ostrożności znalazły się m.in: zarządzanie dostawcami usług, proces sprawdzania personelu, 2-stopniową weryfikację dostępu do danych wrażliwych i do systemów IT oraz zarządzanie ciągłością działania (ang. *business continuity management*). Wskazano także w jaki sposób wymogi powinny być wdrażane w praktyce, włączając

personel odpowiedzialny za zapewnienie bezpieczeństwa oraz sposób w jaki powinno być szacowane ryzyko związane z funkcjami i komponentami sieci. Elementem szczególnie interesującym społeczność międzynarodową stały się uregulowania dotyczące sieci cechujących się wzmożonym ryzykiem. W rozumieniu katalogu wysokim ryzykiem odznaczają się przede wszystkim operatorzy sieci mających ponad 100 tys. użytkowników, jednak w szczególnych przypadkach definicja może mieć zastosowanie także wobec innych podmiotów, w tym dostawców i podwykonawców.

Operatorzy opisanych sieci zobowiązani są do wdrożenia pięciu istotnych rozwiązań organizacyjnych:

1. certyfikacji elementów o krytycznym znaczeniu w oparciu o certyfikaty wydawane przez Federalne Biuro Bezpieczeństwa (niem. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) lub ich unijny ekwiwalent ustanowiony przez akt o cyberbezpieczeństwie;
2. konieczności uzyskania „zaświadczenia o wiarygodności” (niem. *Vertrauenswürdigkeit*) dla wykonawców i dostawców usług, pod rygorem braku zgody na dołączenie do sieci „wysokiego ryzyka” w Niemczech;
3. zapewnienia integralności w fazach dostarczenia i całego cyklu życia komponentu;
4. ciągłego monitorowania bezpieczeństwa;
5. przestrzegania zakazu „monokultur”, w rozumieniu zapobieżenia sytuacji, gdy rdzeń sieci i dostęp radiowy byłyby zbudowane z podzespołów pochodzących od jednego producenta.

Powyższe wymogi znajdują zastosowanie do całego łańcucha dostaw, od wytwórców po podwykonawców.

ZJEDNOCZONE KRÓLESTWO

Wielka Brytania w zakresie regulacji wdrażania sieci mobilnej piątej generacji przyjęła podejście hybrydowe, zgodnie z którym z jednej strony

ustawodawca uwalnia i otwiera rynek telekomunikacyjny, z drugiej na poziomie technicznym oraz operacyjnym szczegółowo wyznacza kryteria udziału w rynku, pozostawiając sobie prerogatywy oraz praktyczne możliwości ich egzekwowania.

Brytyjski porządek prawny w zakresie dotyczącym infrastruktury telekomunikacyjnej oparty jest przede wszystkim na zreformowanym w 2017 r. za pośrednictwem ustawy o gospodarce cyfrowej (ang. Digital Economy Act, DEA) nowym „kodeksie komunikacji elektronicznej” (ang. Electronic Communication Code, ECC). ECC uchwalony został jako harmonogram 3A (ang. Schedule 3A) ustawy prawo komunikacyjne (ang. Telecommunications Act) z 2003 r.¹⁹. ECC ma zasadniczo charakter subsydiarny co oznacza, że znajduje zastosowanie wyłącznie wobec podmiotów objętych zarządzeniem Biura Komunikacji (ang. Office of Communication, Ofcom) lub innego kompetentnego organu, a jego zastosowanie może być okresowo ograniczane lub poddane warunkom określonym w odrębnych przepisach²⁰. ECC można określić przede wszystkim jako ustanowienie miękkich ram względem wzajemnych relacji podmiotów związanych z infrastrukturą telekomunikacyjną np. kwestii służebności czy przyłączenia instalacji do źródła energii elektrycznej przez operatora. Jednocześnie, zgodnie z dyspozycją art. 110 Prawa telekomunikacyjnego, organem właściwym do egzekucji wymagań nakładanych przez ECC jest Ofcom, co zasadniczo zbliża sposób rozstrzygnięcia kwestii telekomunikacyjno-infrastrukturalnych przez brytyjskiego prawodawcę do rozwiązania niemieckiego (zaleceń i instrukcji, które przewidują jednak kontrole przeprowadzane przez organ państwowy). Modelowe rozwiązanie ECC jest rozwinięte przez przepisy Kodeksu postępowania, a także opublikowane wzory pism oraz standardowych warunków, które mogą służyć podmiotom zainteresowanym do negocjacji umów²¹.

Oprócz uprawnień pozostających w gestii ECC praktyczne utrudnienia dostępu do rynku brytyjskiego mają miejsce wskutek rozstrzygnięć Ofcomu, dotyczących warunków aukcji publicznych. Przykładowo już w 2018 r. (a więc wkrótce po wejściu w życie ECC) Ofcom ogłosił warunki aukcji dotyczące 5G.

Obejmowała ona bloki 40 MHz w paśmie 2,3 GHz oraz 140 MHz w paśmie 3,4 GHz i, co warto podkreślić, nakładała na licytantów restrykcyjne barieryⁱⁱⁱ. Ofcom określił cel ustanowionych ograniczeń jako zmniejszenie liczby operatorów widma w paśmie 2,3 GHz (tj. „do natychmiastowego użytku”) oraz nałożenie ogólnych ograniczeń na widmo, które operator może wygrać łącznie we wszystkich pasmach (2,3 GHz i 3,4 GHz)²². Ustalenie maksymalnego pułapu oferty licytanta miało z kolei gwarantować wysoki poziom konkurencji na rynku telekomunikacyjnym.

W planowanej aukcji w 2020 r. Ofcom postanowił utrzymać w/w ograniczenie i ogłosił dwuetapową aukcję, w której w fazie głównej licytowane będą bloki w częstotliwościach 3,6-3,8 GHz, a zwycięzcy licytanci będą mogli negocjować między sobą swoje miejsca w paśmie. Patrząc szerzej ma to służyć zmniejszeniu poziomu fragmentacji sieci 5G (w ogólnym paśmie 3,4-3,8 GHz)²³. Rząd brytyjski pochylił się również nad kwestiami bezpieczeństwa, w tym wykorzystaniu sprzętu pochodzącego od dostawców wysokiego ryzyka (ang. *high risk vendors*). Zgodnie z opublikowanymi 28 stycznia 2020 r. wytycznymi²⁴ Narodowe Centrum Cyberbezpieczeństwa (ang. National Cyber Security Centre, NCSC) rozważy na wniosek rządu publikację niewiążących zaleceń dla operatorów w odniesieniu do wykorzystania sprzętu pochodzącego od HRV. Ponadto NCSC zaleciło następujące ograniczenia: a) w przypadku sieci dostępowych 5G najwyżej 35% spodziewanego ruchu sieciowego w danej sieci może przechodzić przez sprzęt HRV oraz b) sprzęt od HRV może obsługiwać najwyżej 35% stacji bazowych w danej sieci. Oprócz ograniczeń ilościowych, NCSC zalecił nie wykorzystywanie

sprzętu od HRV w pobliżu obiektów istotnych dla bezpieczeństwa narodowego, w tym np. baz wojskowych i elektrowni atomowych.

Ograniczenia związane z bezpieczeństwem narodowym mają charakter zaleceń, czyli prawa miękkiego, co zbliża rozwiązania brytyjskie do niemieckich. Przykład brytyjski wykazuje zatem cechy podejścia hybrydowego, w którym ustawodawca co prawda zliberalizował dostęp do rynku telekomunikacyjnego, jednak wprowadził ograniczenia ilościowe oraz zachował znaczną kontrolę nad jego kształtem poprzez reguły mające zapewnić wysoki poziom konkurencji.

HISZPANIA

Hiszpania na tle innych krajów omawianej grupy przyjęła w ramach aktów prawnych najbardziej liberalne oraz wolnorynkowe stanowisko, skupiając się przede wszystkim na systemowym ułatwieniu rozwoju i implementacji 5G. Prawo umożliwiający oraz ustanawiający jako priorytet rozwój infrastruktury 5G zostało uchwalone stosunkowo wcześniej (np. ustawy z 2011 r. oraz 2014 r.). Wejście na rynek hiszpański nie jest obwarowane wieloma wymaganiami administracyjnymi, a sam sektor – przynajmniej *de iure* - bardziej otwarty, w porównaniu do systemów prawnych innych krajów.

Hiszpańskie prawo regulujące funkcjonowanie 5G znajduje się w fazie przejściowej, której celem jest dostosowanie regulacji do przyszłych warunków, w tym m.in. do spodziewanego włączenia podmiotów przemysłowych do infrastruktury teleinformatycznej oraz komercyjnego, masowego wdrożenia sieci mobilnej piątej generacji na obszarach wysoko zaludnionych. Obecny porządek prawny regulują przede wszystkim akty wydane przez władzę wykonawczą. Pierwszym z nich jest dekret królewski 1066/2001 z dnia 28 września 2001 r. zatwierdzający rozporządzenie ustanawiające warunki ochrony domeny publicznej radia, ograniczenia emisji radiowych i środki ochrony zdrowia przed emisjami radiowymi. Rozporządzenie wprowadza również inne rodzaje ograniczeń emisji radiowych, ocenę sprzętu i aparatury oraz system sankcji²⁵.

iii Były nimi: 1) ustanowienia maksymalnego pułapu 255 MHz widma do „natychmiastowego użytku”, które pojedynczy operator (licytant) może utrzymać w wyniku aukcji. 2) nałożenie nowego, dodatkowego pułapu 340 MHz na ogólną (łącznie, w pasmach 2,3 i 3,4 GHz) ilość widma mobilnego, jaką pojedynczy operator (licytant) może utrzymać w wyniku aukcji. To ograniczenie stanowi 37% całego widma mobilnego, które ma być użyteczne w 2020 r., co obejmuje nie tylko widmo dostępne na tej aukcji, ale także pasmo 700 MHz.

Kolejny dokument regulujący omawiane zagadnienia to pochodzący z dnia 24 lutego 2017 r. dekret królewski nr 123/2017, zatwierdzający rozporządzenie w sprawie korzystania z publicznej domeny radiowej²⁶. Ostatnim aktem w tym zakresie pozostaje zarządzenie o sygn. ETU/531/2018 z 25 maja 2018 r. zatwierdzające specyfikacje poszczególnych klauzul administracyjnych i wymagań technicznych dotyczących udzielania koncesji w drodze aukcji publicznych na prywatne użytkowanie publicznej domeny radioelektrycznej w paśmie 3600–3800 MHz²⁷. Na ich mocy uregulowane zostały kwestie administracyjnoprawne, w tym szczegółowe kwestie dotyczące rozwoju infrastruktury w przestrzeni publicznej oraz techniczne wymogi aukcyjne. Nie są to jednak jedyne kwestie prawne związane z 5G, ponieważ sprawy związane z cyberbezpieczeństwem regulowane są również przez art. 44 ogólnego prawa telekomunikacyjnego (hiszp. LGTel) 9/2014²⁸, które weszło w życie 9 maja 2014 r.

Art. 79 i 82 LGTel stanowią, że rząd lub organ telekomunikacyjny (hiszp. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, CNMC) może zawiesić (jako środek tymczasowy) lub cofnąć prawo do świadczenia usługi dostawy sieci komunikacji elektronicznej, w przypadku poważnych i powtarzających się naruszeń operatora sieci. Naruszenia te wynikać mogą bezpośrednio z nieodpowiedniego świadczenia usług, eksploatacji sieci czy przyznania prawa użytkowania, ale też z niespełnienia innych szczególnych warunków, które regulator nałożył na operatora. Ponadto stosownie do art. 28 ust. 1 LGTel wraz z rozporządzeniami (art. 17 i 53 dekretu królewskiego 424/2005) stanowią, że rząd może, ze względu na obronę państwa, bezpieczeństwo publiczne lub ochronę ludności, nałożyć skonkretyzowane i odrębne obowiązki wobec dostawcy usługi publicznej²⁹. W kontekście bezpieczeństwa państwa warto wskazać również na zaliczenie ICT do obszarów strategicznych w ramach Systemu Ochrony Infrastruktury Krytycznej³⁰, powołanego na mocy ustawy 8/2011 ustanawiającej środki ochrony infrastruktury krytycznej³¹ z 28 kwietnia 2011 r.

Porządek prawny wsparty jest również praktycznym działaniem administracji. W 2017 r. Ministerstwo Energii, Turystyki oraz Agendy Cyfrowej opublikowało *Narodową Strategię 5G* na lata 2018-2020. Strategia została zainspirowana komunikatem Komisji Europejskiej *Sieć 5G dla Europy: plan działania*, a jej wdrożenie poprzedzono bardzo szerokimi konsultacjami społecznymi w lipcu 2017 r. Objęci konsultacjami byli m.in. sama administracja publiczna, środowiska akademickie, przedstawiciele społeczeństwa obywatelskiego, przedstawiciela przedsiębiorstw sektora telekomunikacyjnego, przemysł i kilka innych grup. W kontekście prawnym jest ona istotna przede wszystkim ze względu na wykładnię autentyczną przepisów dotyczących cyberbezpieczeństwa, ochrony danych osobowych oraz rozwoju infrastruktury 5G, ale również ze względu na potwierdzenie wyznaczonego przez LGTel (art. 12.2) kierunku przyszłych działań dla podmiotów, które chciałyby przyłączyć się do już istniejącej sieci. W zamyśle hiszpańskiego rządu podmioty te musiałyby negocjować warunki przyłączenia z pozostałymi operatorami sieci³².

FINLANDIA

Fiński porządek prawny w zakresie 5G regulowany jest przede wszystkim przez ustawę o usługach łączności telefonicznej³³ (2014/917, fin. Laki sähköisen viestinnän palveluista), która weszła w życie 1 stycznia 2015 r.^{iv}. Ustawa ta, zwana także Kodeksem społeczeństwa informacyjnego (dalej „Kodeks”), obejmuje szereg istotnych z punktu widzenia 5G zagadnień, w tym przepisy ogólne dotyczące przeprowadzania aukcji i udzielania licencji^v sieciowych i radiowych (rozdziały 3 i 6). W styczniu 2019 r. Fińskie Ministerstwo Transportu i Łączności ogłosiło

^{iv} Ustawa ta doczekała się istotnej nowelizacji przez ustawy z 4 maja i 23 października 2018, które w sposób znaczący zmieniły przepisy dotyczące aukcji i licencji – sieciowych i radiowych.

^v W warunkach polskiego prawa mowa byłaby o koncesjach, a nie o licencjach, jednak rozróżnienie to traci na znaczeniu przy przekładaniu przepisów prawa obcego.



**STRATEGIA REALIZACJI
POLITYK PUBLICZNYCH
DOTYCZĄCYCH 5G PRZEZ
WYBRANE PAŃSTWA
EUROPEJSKIE**



REGULACJA

LIBERALIZACJA

prace nad nowelizacją szeregu aktów legislacyjnych, w tym również Kodeksu³⁴, w celu przygotowania systemu prawnego do odpowiedniego wdrażania sieci mobilnej piątej generacji. Nowela, zwana „rządowym projektem ustawy zmieniającej ustawy” (dalej „Projekt ustawy”³⁵) zgodnie z preambułą miała wejść w życie we wrześniu 2020 r., jednak ze względu na szczególną sytuację związaną z pandemią SARS-CoV-2, spodziewać się można opóźnienia w tym zakresie. Biorąc pod uwagę fakt, że sam Projekt ustawy wprowadza wiele detalicznych zmian do Kodeksu, poniżej zostaną omówione tylko niektóre z nich. Sumaryczne porównanie pozwala na wskazanie kierunku zmian w prawodawstwie fińskim oraz ewolucji postrzegania 5G z punktu widzenia administracji publicznej i strategicznej polityki państwa.

Wśród istotnych zmian należy wskazać na niewielką w zakresie językowym, ale ważną z perspektywy prawnej, zmianę dotyczącą udzielania licencji. W ramach pierwotnych przepisów art. 11 dotyczący aukcji publicznych i licencji sieciowych zakładał, że licencja udzielona zostanie wnioskodawcy, który złoży najwyższą ofertę na pasmo lub parę pasm częstotliwości na aukcji publicznej – chyba że istnieją szczególnie silne podstawy, aby podejrzewać, że udzielenie licencji zagraża bezpieczeństwu narodowemu. Z kolei Projekt ustawy zakłada udzielenie licencji przedsiębiorstwu lub podmiotowi, który złoży zwycięską ofertę na aukcji (fin. *huutokaupassa voittavan tarjouksen*), a nie najwyższą przyjętą (fin. *korkeimman hyväksytyn*), jak jest to obecnie uregulowane. Wskazuje to na częściowe odejście od kryterium *stricte* ekonomicznego w stronę kryterium poza cenowego. Co ważne kryterium to nie zostało dookreślone na poziomie ustawy, ponieważ kompetencja decyzyjna w tym zakresie została przeniesiona na rząd, który w formie dekretu określa warunki aukcji, w tym wytyczne dotyczące wiążącego charakteru ofert (Ustęp 3 Projektu). W związku ze zmianami dotyczącymi oferty zwycięskiej oraz przyznaniu rządowi kompetencji określenia szczegółowych warunków, w których oferty są wiążące, należy

uznać, że również w przypadku Finlandii wzrost poziom kontroli władzy publicznej nad kształtowaniem rynku telekomunikacyjnego.

Projekt ustawy dodaje do przepisów Kodeksu szereg prerogatyw Fińskiej Agencji Transportu i Komunikacji – Traficom. Należy zauważyć, że treść przepisów ramowych znajduje się na wysokim poziomie ogólności i jej szczegółowe doprecyzowanie pozostaje w kompetencji podmiotów administracji rządowej, a przede wszystkim właśnie Traficomu. Traficom jest istniejącą od 1 stycznia 2019 r. agencją powstałą z połączenia Fińskiej Agencji Bezpieczeństwa Transportu (Trafi) oraz Fińskiej Agencji Regulacji Łączności (FICORA). Ewolucja podejścia prawnego w Finlandii uwidacznia się także w klauzuli bezpieczeństwa narodowego, stanowiącej art. 11 Kodeksu. Przed nowelą z roku 2018 zakładała ona, iż istnieje możliwość nieprzyznania licencji, jeżeli organ udzielający dysponuje informacjami wskazującymi, że „udzielenie licencji w oczywisty sposób zagraża bezpieczeństwu narodowemu”. Po noweli, a więc w ramach aktualnego brzmienia, w ust. 1 artykułu 11 wskazuje się na możliwość przyznania licencji „jeżeli nie istnieją szczególnie silne podstawy, aby podejrzewać, że udzielenie licencji w oczywisty sposób zagraża bezpieczeństwu narodowemu”. Rozszerzenie własnych informacji organu na konstrukcję abstrakcyjną rozszerza potencjalnie źródła, z których organ może czerpać wiedzę o oferentach i zwiększa poziom kontroli władzy wykonawczej.

Podczas gdy na świadczenie usługi sieciowej, która wykorzystuje częstotliwości radiowe w cyfrowej naziemnej sieci łączności masowej lub w sieci komórkowej prowadzącej telekomunikację publiczną, wymagana jest licencja sieciowa, to na posiadanie i użytkowanie transponderów radiowych, w zakresie przewidzianym przez Kodeks, konieczna jest licencja radiowa zawarta w rozdziale 6 (art. 39 i n.). Jeżeli udzielenie licencji miałoby wpłynąć na ogólny rozwój rynku łączności, decyzje licencyjne wydawane są także przez

Traficom w porozumieniu z Fińskim Ministerstwem Transportu i łączności. W odniesieniu do udzielenia licencji radiowej przyjęte zostały uregulowania podobne do licencji sieciowej. Przykładowo art. 41 Kodeksu ustanawia warunki, które musi spełnić oferent, w tym m.in. brak uzasadnionych podejrzeń Traficomu, że wnioskodawca narusza przepisy lub warunki związane z licencją radiową czy wykluczenie faktu zagrożenia bezpieczeństwu narodowemu. Rozszerza to zakres odpowiedzialności wnioskodawcy oraz kompetencje kontrolne władzy publicznej. Dalsze przepisy Kodeksu, podobnie jak w przypadku licencji sieciowych, określają dopuszczalne czynności cywilnoprawne, takie jak cesja oraz uprawnienia administracyjno-kontrolne przyznane głównie agencji Traficom.

Projekt ustawy zakłada także obowiązek ustanowienia przedstawiciela przez operatorów^{vi}, w tym rynku internetowego, usług wyszukiwania i usług w chmurze, jeżeli nie mają siedziby w żadnym z krajów UE. Przedstawiciel musi mieć siedzibę w jednym z krajów Unii, w którym operator świadczy usługi, co pozwoli na objęcie operatora jurysdykcją kraju, w którym ustanowił swojego przedstawiciela. Opisana instytucja prawna ułatwia ustalenie właściwego porządku prawnego, ochronę interesu państwowego oraz, pośrednio, interesu konsumenta, ale również ogranicza tzw. kupczenie jurysdykcją (ang. *forum shopping*) w przypadku spraw, gdzie stroną byłoby operatorzy spoza UE.

Finlandia przeprowadziła do tej pory cztery aukcje publiczne, z czego trzy aukcje przed 2018 r. były przeprowadzone w niskim paśmie. W 2009 r. aukcja objęła pasmo widma 2500-2690 MHz, a zwycięzcami aukcji były DNA, TeliaSonera i Elisa³⁶. Te same trzy podmioty złożyły najwyższe przyjęte oferty w 2013 r. w częstotliwościach 791-831 MHz i 832-862 MHz³⁷

vi Kodeks na określenie „operator” używa słowa *toimija* (fin. operator), które w wolnym tłumaczeniu oznaczać może również dostawcę (ang. provider, supplier). W celu uzgodnienia terminologicznego na potrzeby tego raportu i przybliżenia ustawodawstwa fińskiego przyjęto tłumaczenie *toimija* jako operator.

oraz w 2016 r., w paśmie widma 703-733/758-788 MHz³⁸. Ostatnia aukcja publiczna odbyła się w 2018 r. W jej rezultacie Ficora udzieliła licencji w paśmie widma 3410–3800 MHz trzem firmom. Telia Finland wygrała pasmo A w częstotliwości 3410-3540 MHz (30,26 mln euro), Elisa przypadło pasmo B w częstotliwości 3540-3670 MHz (26,35 mln euro), natomiast DNA uzyskało pasmo C w częstotliwości 3670-3800 MHz z ofertą w wysokości 21 mln euro³⁹. W lutym 2020 r. Fińskie Ministerstwo Transportu i łączności zapowiedziało kolejną aukcję widma w paśmie częstotliwości 25,1-27,5 GHz⁴⁰. W wyniku przyszłej aukcji zostaną udzielone licencje w trzech blokach po 800 MHz, każda o cenie startowej w wysokości 7 mln euro, które pokrywają terytorium całej Finlandii za wyjątkiem wysp Alandzkich. Pasma niskie o częstotliwości 850 MHz zostanie zarezerwowane dla lokalnych sieci i nie będzie przedmiotem aukcji⁴¹. Obecnie trwają prace nad rozporządzeniem wydawanym przez Traficom oraz nad wymogami technicznymi, a sama aukcja zaplanowana jest na lato 2020 r.

Finlandia jest przykładem kraju europejskiego, w którym w ostatnich latach dokonał się skokowy rozwój prawodawstwa w zakresie regulacji rynku technologii mobilnych, szczególnie w kontekście najnowszej generacji, a więc 5G. Przyjął on kształt Kodeksu z 2014 r., kompleksowej Noweli z 2018 r. oraz aktualnie procedowanego Projektu ustawy ze stycznia 2019 r. Zmiany prawne pociągają za sobą również zmiany instytucjonalne, w tym przykładowo stworzenie Traficomu w 2019 r. Traficom pozostaje najważniejszą agencją wykonawczą wyspecjalizowaną w obszarze łączności, która wspiera fińskie ministerstwo w realizacji zadań i ochronie interesu publicznego. Nie jest jednak jedyną instytucją związaną z 5G, ponieważ przykładowo fiński Urząd Bezpieczeństwa Radiologicznego i Jądrowego monitoruje wykorzystanie 5G pod kątem bezpieczeństwa i zdrowia publicznego obywateli oraz wywiązywanie się operatorów z nałożonych na nich wymogów m.in. w zakresie ekspozycji⁴². Liczba przeprowadzonych

aukcji oraz dostosowanie przepisów wskazują na wysoki poziom organizacyjnoprawnego przygotowania Finlandii do komercyjnego wdrożenia technologii 5G. Co istotne w przypadku fińskim, podobnie jak francuskim, zarysowuje się dominacja trzech regionalnych operatorów (DNA, TeliaSonera i Elisa) oraz istnieją ułatwienia dla mikro i małych przedsiębiorstw, które zasadniczo nie są objęte koniecznością uzyskania licencji sieciowej, bądź postępowaniem aukcyjnym.

SZWECJA

Szwedzki porządek prawny w zakresie telekomunikacji piątej generacji regulowany jest przez dwa kluczowe akty prawne w postaci ustaw. Są to: ustawa o komunikacji elektronicznej⁴³ (szw. Lag (2003:389) om elektronisk kommunikation, LEK), zapewniająca obywatelom i organom państwa dostęp do bezpiecznej i wydajnej komunikacji elektronicznej oraz, w mniejszym zakresie, ustawa o prawie publicznym i prywatności^{vii44} (szw. Offentlighets- och sekretesslag (2009:400)), zawierająca przepisy dotyczące ochrony danych. Ustawa o komunikacji elektronicznej, zgodnie z sekcją 4 rozdziału I, ma zastosowanie do sieci łączności elektronicznej i usług komunikacyjnych z powiązаныmi instalacjami i usługami oraz do innych zastosowań radiowych. 29 sierpnia 2019 r. przy współdziałaniu Ministra Cyfryzacji Andersa Ygemaana, szwedzkie ministerstwo infrastruktury przekazało Radzie Prawnej do zaopiniowania projekt ustawy rządowej⁴⁵ zmieniającej ustawę o komunikacji elektronicznej oraz ustawę o prawie publicznym i prywatności. Projekt wszedł w życie⁴⁶ 1 stycznia 2020 r. jako ustawa rządowa o ochronie bezpieczeństwa Szwecji w czasie korzystania z transponderów radiowych (szw. Skydd av Sveriges säkerhet vid radioanvändning (2019/20:15)). Poniżej znajduje się omówienie obu wspomnianych ustaw po zmianach.

W zakresie związanym z 5G ustawa LEK reguluje m.in. tryb i warunki uzyskania licencji na korzystanie z nadajników radiowych. Sekcja 6 rozdziału III określa procedurę licencyjną, uzależniając jej udzielenie od założenia, że korzystanie z nadajników nie spowoduje szkodliwych skutków. Pierwotne brzmienie ustawy z 2003 r. zakładało 6 podstawowych kategorii niepożądanego stanu skutkującego wykluczeniem, takich jak m.in. zakłócenia sieci, utrudnienia łączności czy zajmowanie zakresów zharmonizowanych przez przepisy prawa UE i prawa międzynarodowego publicznego. Ostatni, 7 pkt tej sekcji, wszedł w życie w styczniu 2020 r. w drodze ustawy 2019/20:15 i zgodnie z nim korzystanie z transpondera nie może także spowodować szkody dla bezpieczeństwa Szwecji. O ile sekcja 6 odnosi się do kwestii proceduralnych, warunki uzyskania licencji określa sekcja 11, wprowadzając możliwość uzależnienia uzyskania licencji od ich spełnienia. Mogą to być m.in. zakres częstotliwości, zobowiązanie wnioskodawcy do współdzielenia widma z innymi podmiotami, a także inne. Nałożenie dodatkowych wymogów uzależnione jest od spełniania przez nie celów polityki publicznej, takich jak np. ochrona zdrowia publicznego i zapewnienie efektywnego wykorzystania częstotliwości. W sekcji 11 LEK za pośrednictwem *Skydd av Sveriges säkerhet vid radioanvändning* dodany został również pkt. 10, umożliwiający nałożenie na wnioskodawcę dodatkowych warunków związanych z narodowym bezpieczeństwem. Bezpieczeństwo Szwecji jest również przesłanką cofnięcia lub natychmiastowej zmiany warunków zezwolenia, a od wydanej decyzji Agencji Poczтовой i Telekomunikacyjnej (szw. Post- och telestyrelsen, PTS), dotyczącej korzystania z nadajnika, dzierżawy licencji, warunkowego korzystania, cofnięcia licencji oraz zmiany jej warunków, odwołać się mogą, zgodnie z sekcją 19 a, policja bezpieczeństwa (szw. *Säkerhetspolisen*, „Säpo”) oraz siły zbrojne Szwecji. Wprowadzenie do LEK względów bezpieczeństwa narodowego przytoczane jest w uzasadnieniu *Skydd av Sveriges säkerhet vid radioanvändning* (rozdz. 4.2) także w kontekście innego aktu prawnego, mianowicie ustawy o bezpieczeństwie⁴⁷ (szw. *Säkerhetsskyddslagen*

vii W wersji anglojęzycznej tłumaczonej jako Information and Secrecy Act.

(2018:585)). Ustawa o prawie publicznym i prywatności uzupełnia LEK w zakresie wyposażenia Säpo i szwedzkich sił zbrojnych w możliwości realizacji wymienionych w LEK zadań przy wykorzystaniu informacji, które w innych warunkach były klasyfikowane jako poufne i podlegające wyłączeniu z ustawy o ochronie. Do ustawy o prywatności dodana zostanie sekcja 3a w rozdziale 15, w myśl którego wyłącza się zasadę poufności wyrażoną w sekcjach 1, 1a lub 2, w przypadku dysponowania przez Säpo lub przez szwedzkie siły zbrojne wskazanymi w ustawie informacjami dla PTS, jeżeli dotyczą one kwestii użytkowania nadajnika radiowego, wniosków licencyjnych (w tym np. przeniesienia licencji), konieczności dostosowania zezwolenia do bezpieczeństwa Szwecji lub istnieje powód do cofnięcia, bądź zmiany warunków zezwolenia w rozumieniu przepisów rozdziału 7 LEK.

Zgodnie z danymi PTS⁴⁸ dotychczas przeprowadzonych zostało wiele aukcji publicznych, w tym w pasmach: 700 MHz, 800 MHz, 1800 MHz, 28 GHz, 2500-2690 MHz oraz 1900-1905 MHz^{viii}. PTS podaje, że obecnie w toku są postępowania dotyczące przyszłych aukcji w pasmach 2,3 GHz oraz 3,5 GHz⁴⁹, które będą miały miejsce najprawdopodobniej w 2020 r⁵⁰. Zmiany wprowadzone ustawą *Skydd av Sveriges säkerhet vid radioanvändning*, w tym przede wszystkim zwiększenie kontroli Säpo oraz szwedzkich sił zbrojnych nad decyzjami licencyjnymi, dotyczą przede wszystkim akcji w paśmie 2,3 GHz oraz 3,5 GHz, a także aukcji przyszłych. Włączenie policji bezpieczeństwa oraz wojska jako podmiotów posiadających kompetencje kontrolne i mogących partycypować w procedurach licencyjnych jest konstrukcją odrębną od pozostałych krajów opisanych na potrzeby niniejszego rozdziału. Nakreśla to znaczną kontrolę władzy publicznej nad strukturą rynku telekomunikacyjnego poprzez procedurę udzielania licencji i kontroli licencjobiorcy. Przepisy bezwzględnie wiążące, dotyczące braku ryzyka wyrządzenia szkody obronności Szwecji,

viii Szwedzkojęzyczna wersja strony podaje również inne aukcje publiczne dot. innych częstotliwości.

zdrowia publicznego, etc., wyposażają PTS i inne podmioty w kompetencje pozwalające na aktywne kształtowanie dostępu do rynku Szwecji, zdominowanego przez Telia, Tre i Net4Mobility.

PODSUMOWANIE

Charakterystyka regulacji prawnych w obszarze infrastruktury telekomunikacyjnej wyraźnie wskazuje na to, że przeanalizowane kraje europejskie postrzegają 5G w zróżnicowany sposób. Jak zostało wcześniej zasygnalizowane, wszystkie z opisywanych państw zasadniczo podziwiają postrzeganie 5G jako technologii strategicznej, jednak różnią się one w ocenie wagi wybranych aspektów tego znaczenia. Najdalej w zakresie powiązania 5G ze strategią bezpieczeństwa i suwerenności narodowej idą prawodawstwa włoskie i francuskie, zapewniając znaczne prerogatywy władzy centralnej w zakresie wpływu na rynek telekomunikacyjny. Rozwiązania niemieckie oraz brytyjskie cechują się hybrydowym podejściem, odchodząc od bezpośredniej ingerencji organów publicznych w stronę aktywnej regulacji rynku. Najbardziej liberalne stanowisko widoczne jest w ramach legislacji hiszpańskiej zogniskowanej na rozwoju i masowej implementacji sieci piątej generacji jako celu nadrzędnym. Jednocześnie nie ulega wątpliwości, że wszystkie z opisanych krajów potencjalnie ograniczyły dostęp do swoich rynków narodowych, jednak osiągnęły to poprzez różne środki.

Bardzo ciekawymi przykładami są Szwecja i Finlandia. Szwecja uzależnia wejście na swój rynek wymaganiem od wnioskodawców zgodności z wieloma aspektami szwedzkiej polityki publicznej oraz włączając do procedury aukcyjnej i kontroli policję bezpieczeństwa i siły zbrojne, jednak bez „złotej kompetencji”, jak w przypadku Włoch. Finlandia, podobnie jak Niemcy, wprowadza własne ograniczenia za pomocą decyzji organów i współpracy władzy publicznej. Ponadto Finlandia zdecydowała się rozstrzygnąć część istotnych kwestii za pośrednictwem minimalnej zmiany treści niektórych przepisów, co przekłada się jednak na znaczne różnice w procedurze udzielania licencji.

Sposób i środki, za pomocą których uregulowany został stan prawny poprzedzający wdrożenie technologii piątej generacji, są istotną wskazówką dotyczącą intencji prawodawcy oraz przyszłego rozwoju architektury 5G na obszarze badanych państw. W tym kontekście szczególnie istotna jest kwestia praktycznego działania państwa w zakresie kształtowania własnego rynku telekomunikacyjnego, uwidaczniająca się np. poprzez ograniczenia w aukcjach publicznych. Dobrym przykładem jest Francja, która dopuściła do udziału w aukcjach publicznych, dotyczących głównych bloków pasma, przede wszystkim swoich głównych krajowych operatorów. Z kolei w odniesieniu do producentów sprzętu dla sieci 5G, jedynym europejskim krajem, który do tej

pory zdecydował się na wprowadzenie ograniczeń jest Wielka Brytania. W brytyjskich sieciach kluczowych (core) nie mogą znaleźć się dostawcy spoza krajów NATO, zaś w celu dywersyfikacji infrastruktury w całości sieci 5G stosowany będzie limit dla jednego dostawcy na poziomie 35% w sieci RAN.

Niezależnie od różnic między uwzględnionymi w opracowaniu państwami należy zauważyć, że porządki prawne wszystkich z badanych państw są przygotowane na przeprowadzanie aukcji i wdrażanie technologii. Istniejące różnice nie wydają się być na tyle głębokie, by stanąć na przeszkodzie europejskiej harmonizacji rozwoju nowej generacji sieci mobilnych.

PRZYPISY

- 1 Auge L., *Coronavirus crisis delays Europe's 5G rollouts*, EuReporter 2020, [online]: https://www.eureporter.co/business/2020/04/01/coronavirus-crisis-delays-europes-5g-rollouts/?_cf_chl_jschl_tk__=8e9311530197dab68bef-0c2795661dd355c2fd6b8-1587564844-0-AZw95PUOGwFJYkCdaFGCl_2PphWBfOQMt8aculsDymQ7U6Awz6Ph-M61EVsboWLF4lcs!-vgQ1szV9utLOEM9Dr5D6ZNsZ-WzwvyyuLQF6OhSzv0UTkk2dtYd7FeWktYkhHvyKicZ8WVuh-m88AHl4Yh72EpSaLKCGv1BppxETPG2bROiR4YLY9NPwsZ1aa_zgiL1e6pC0T_00CAJGrpPCLTEgK5uwkV5vE0TFZhn-YaXS3KiQAqv6GOo4c3Y66VAV6bjWvm7a1BaKQs_JWPvI2wge1Ev3McmAzL4eCDMHjQQdl--XVfhzHDuHU_bvGP-FE9yqZ8Oy8zOe5WJXfm9zyCoQyW-02IFHSdwTk-2YozOgag.
- 2 *Italian government acts to strengthen further its "golden powers"*, JDSUPRA, 2019, [online]: <https://www.jdsupra.com/legalnews/italian-government-acts-to-strengthen-95951/>.
- 3 Dz. U. RP, Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 września 2018 r. w sprawie Wykazu Usług Kluczowych oraz Progów Istotności Skutku Zakłócającego Incydentu dla Świadczenia Usług Kluczowych, 2018, [online]: <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20180001806/O/D20181806.pdf>.
- 4 Magiore M., *National Cybersecurity Perimeter and "5G" Mobile Networks: the Italian Government Takes a Primary Role*, 2019, [online]: <https://www.mmlex.it/en/magazine/national-cybersecurity-perimeter-and-5g-mobile-networks-italian-government-takes-primary-role>.
- 5 M, Magiore, *National Cybersecurity Perimeter and "5G" Mobile Networks: the Italian Government Takes a Primary Role*, op. cit.
- 6 *CMS Expert Guide to 5G – Italy*, CMS, 2019, [online]: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-5g/italy>.
- 7 *LOI n° 2019-810 du 1er août 2019 visant à préserver les intérêts de la défense et de la sécurité nationale de la France dans le cadre de l'exploitation des réseaux radioélectriques mobiles*, LegiFrance, 2019, [online] : https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do;jsessionid=5444A47E51E6CB38B24431A6C265DAE4.tplgfr28s_2?cidTexte=JORF-TEXT000038864094&idArticle=LEGIARTI000038867055&dateTexte=20190802.

- 8 Section 7 : Régime d'autorisation préalable de l'exploitation des équipements de réseaux radioélectriques, LegiFrance, 2019, [online] : https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=5444A47E51E6CB38B24431A6C265DAE4.tplgfr28s_2?idSectionTA=LEGISCTA000038867140&cidTexte=LEGITEXT000006070987&dateTexte=20200215.
- 9 CMS Expert Guide to 5G – France, CMS, 2019, [online]: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-5g/france>.
- 10 Sharpe R., Bouygues, Free, Orange & SFR apply for France's new 5G spectrum, 5GRADAR, 2020, [online]: <https://www.5gradar.com/news/bouygues-free-orange-and-sfr-apply-for-frances-new-5g-spectrum>.
- 11 France's telecom regulator postpones 5G auction due to coronavirus, Telecom, 2020, [online]: <https://telecom.economictimes.indiatimes.com/news/frances-telecom-regulator-postpones-5g-auction-due-to-coronavirus/74959236>.
- 12 France spectrum auction raises \$2.97 billion, Telecomlead, 2015, [online]: <https://www.telecomlead.com/telecom-services/france-spectrum-auction-raises-2-97-billion-65624>.
- 13 Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze (DigiNetzG), BGBl, 2016, [online]: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#_bgbl_%2F%2F*\[%40attr_id%3D'bgbl116s2473.pdf'\]_1581539112422](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#_bgbl_%2F%2F*[%40attr_id%3D'bgbl116s2473.pdf']_1581539112422).
- 14 Telekommunikationsgesetz, BMJV, [online]: https://www.gesetze-im-internet.de/tkg_2004/.
- 15 Von der digitalen in die Gigabit-Gesellschaft, BMVI, 2019, [online]: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Dossier/Breitbandausbau/topthema03-diginetzgesetz.html>.
- 16 Katalog von Sicherheitsanforderungen, BNA, 2016, [online]: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Anbieterpflichten/OeffentlicheSicherheit/KatalogSicherheitsanforderungen/Sicherheitsanforderungen-node.html;jsessionid=3857BA5585438906C2BF6B625AE7D566.
- 17 Katalog von Sicherheitsanforderungen für das Betreiben von Telekommunikations- und Datenverarbeitungssystemen sowie für die Verarbeitung personenbezogener Daten nach § 109 Telekommunikationsgesetz (TKG), BNA, 2019, [online]: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Anbieterpflichten/OeffentlicheSicherheit/KatalogSicherheitsanforderungen/KatalogSicherheitsanforderungen2.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- 18 Assion S., Duisberg A., Heun S., Jenny V., *New IT security requirements for telecommunications services and networks in Germany*, 2019, [online]: <https://www.twobirds.com/en/news/articles/2019/global/new-it-security-requirements-for-telecommunications-services-and-networks-in-germany>.
- 19 Communications Act 2003, UK Legislation, 2017, [online]: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2003/21/schedule/3A/2017-12-28>.
- 20 Electronic Communications Code, Ofcom, 2017, [online]: <https://www.ofcom.org.uk/phones-telecoms-and-internet/information-for-industry/policy/electronic-comm-code>.
- 21 Code of Practice, Ofcom, 2017, [online]: https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0025/108790/ECC-Code-of-Practice.pdf.
- 22 What is the state of 5G deployment in the United Kingdom?, CMS, 2019, [online]: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-5g/united-kingdom>.
- 23 Tamže.
- 24 NCSC advice on the use of equipment from high risk vendors in UK telecoms networks, NCSC, 2020, [online]: <https://www.ncsc.gov.uk/guidance/ncsc-advice-on-the-use-of-equipment-from-high-risk-vendors-in-uk-telecoms-networks>.
- 25 Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección (...), AEBOE, 2001, [online]: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-18256>.
- 26 Real Decreto 123/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico, AEBOE, 2017, [online]: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-2460.
- 27 Orden ETU/531/2018, de 25 de mayo, por la que se aprueba el pliego de cláusulas administrativas particulares y de prescripciones técnicas (...), AEBOE, 2018, [online]: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2018-7014.
- 28 Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, AEBOE, 2014, [online]: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-4950>.
- 29 Provision of Real-Time Lawful Interception Assistance, Telecommunications Industry Dialogue, [online]: <http://www.telecomindustrydialogue.org/resources/spain/>.

- 30 *Spain's 5G National Plan 2018-2020*, Ministerstwo Energii, Turystyki oraz Agencji Cyfrowej, 2018, s. 30, [online]: https://advancedigital.gob.es/5G/Documents/plan_nacional_5G_en.pdf.
- 31 *Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas*, AEOE, 2011, [online]: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-7630>.
- 32 de Silva J., *CMS Expert Guide to 5G, A global overview: Spain*, s. 4, 2019, [online]: https://cms.law/en/int/expert-guides/CMS-Expert-Guide-to-5G/Spain?_format=pdf.
- 33 *Laki sähköisen viestinnän palveluista*, Finlex, 2014, [online]: https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140917?fbclid=IwAR00LrfO_og9VBOLOYAQkKTDfNxKENMaJgsbkNtpK71D-NK5arDfEaf-m0g.
- 34 *Reform of the Act on Electronic Communication launched*, Fińskie Ministerstwo Transportu i Łączności, 2019, [online]: <https://www.lvm.fi/-/reform-of-the-act-on-electronic-communication-launched-996651>.
- 35 *Sähköisen viestinnän palveluista annetun lain uudistaminen*, Lausuntopalvelu, 2020, s. 258, [online]: <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=11407>.
- 36 *Spectrum auction closed*, Fińskie Ministerstwo Transportu i Łączności, 2009, [online]: <https://www.lvm.fi/en/-/spectrum-auction-closed-722052>.
- 37 *Spectrum auction results: 4G spectrum to DNA, Elisa and TeliaSonera*, Fińskie Ministerstwo Transportu i Łączności, 2013, [online]: <https://www.lvm.fi/en/-/spectrum-auction-results-4g-spectrum-to-dna-elisa-and-teliasonera-792236>.
- 38 *Spectrum auction concluded*, FICORA 2016, [online]: <https://legacy.viestintavirasto.fi/en/ficora/news/2016/spectrum-auctionconcluded.html>.
- 39 *Finnish regulator awards 5G spectrum to the country's three carriers*, RCRWireless, 2018, [online]: <https://www.rcrwireless.com/20181002/5g/finnish-regulator-awards-5g-spectrum-country-three-carriers>.
- 40 *Spectrum auction for 26 GHz frequency band*, Traficom, 2020, [online]: <https://www.traficom.fi/en/communications/communications-networks/spectrum-auction-26-ghz-frequency-band>.
- 41 *Finland's Ministry of Transport and Communications launched a consultation on the 26 GHz frequency band*, Europejskie Obserwatorium 5G, 2020, [online]: <https://5gobservatory.eu/finlands-ministry-of-transport-and-communications-launched-a-consultation-on-the-26-ghz-frequency-band/>.
- 42 *5G-verkon säteilyturvallisuus*, STUK, 2020, [online]: <https://www.stuk.fi/aiheet/matkapuhelimet-ja-tukiasemat/matkapuhelinverkko/5g-verkon-sateilyturvallisuus>.
- 43 *Lag (2003:389) om elektronisk kommunikation*, Parlament Szwecji (Sveriges Riksdag), 2003, [online]: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2003389-om-elektronisk-kommunikation_sfs-2003-389.
- 44 *Offentlighets- och sekretesslag (2009:400)*, Parlament Szwecji (Sveriges Riksdag), 2009, [online]: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/offentlighets--och-sekretesslag-2009400_sfs-2009-400.
- 45 *Skydd av Sveriges säkerhet vid radioanvändning*, Rząd Szwecji, 2019, [online]: <https://www.regeringen.se/4a5572/contentassets/ce58f8c1c47423c90f8e8783a9ee798/190829-lrr-skydd-av-sveriges-sakerhet.pdf>.
- 46 *Key acts and ordinances entering into force in 2019/2020*, Rząd Szwecji, s. 13, [online]: https://www.government.se/4b0a5e/contentassets/d32bb2bd252c4633872008a3c614e4e2/key-acts-and-ordinances-entering-into-force-in-2019_2020.pdf.
- 47 *Säkerhetsskydds lag (2018:585)*, Parlament Szwecji (Sveriges Riksdag), 2018, [online]: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/sakerhetsskyddslag-2018585_sfs-2018-585.
- 48 *PTS, Auctions*, [online]: <https://www.pts.se/en/english-b/radio/auctions/>.
- 49 *PTS, Auktioner*, [online]: <https://www.pts.se/sv/bransch/radio/auktioner/>.
- 50 *Swedish Regulator PTS Tweaks Rules for 3.5 GHz and 2.3 GHz Band Auctions*, GTI, 2019, [online]: <http://gtigroup.org/news/ind/2019-12-18/14539.html>.

Instytut Kościuszki to wiodący pozarządowy ośrodek naukowo-badawczy o charakterze non-profit założony w 2000 r. Naszą misją jest działanie na rzecz społeczno-gospodarczego rozwoju i bezpieczeństwa Polski, jako aktywnego członka Unii Europejskiej oraz NATO. Instytut specjalizuje się w tworzeniu strategicznych rekomendacji i kierunków rozwoju kluczowych polityk publicznych, stanowiących merytoryczne wsparcie dla polskich i europejskich decydentów politycznych. Jako lider wśród polskich organizacji pozarządowych, Instytut Kościuszki realizuje szereg krajowych i międzynarodowych projektów poświęconych wieloaspektowo rozumianej tematyce bezpieczeństwa, w tym bezpieczeństwa energetycznego, gospodarczego oraz cyberbezpieczeństwa. Angażując do współpracy kluczowych interesariuszy polityki i biznesu, a także przedstawicieli organizacji międzynarodowych oraz sektora NGO, Instytut inicjuje społeczno-polityczną debatę nad najważniejszymi wyzwaniami dla Polski i Europy. Dzięki swej wiodącej pozycji, think tank przyciąga najlepszych analityków z całego świata, dając tym samym początek wielu pionierskim i innowacyjnym przedsięwzięciom.

Instytut Kościuszki jest pomysłodawcą i głównym organizatorem Europejskiego Forum Cyberbezpieczeństwa – CYBERSEC, corocznej konferencji typu public policy poświęconej strategicznym aspektom cyberprzestrzeni. Wydarzenie od 2015 r. stanowi platformę regularnego dialogu pomiędzy kluczowymi interesariuszami i uznane zostało w rankingu Concise Courses za jedną z pięciu najważniejszych konferencji tego typu w Europie. Edycje konferencji odbyły się już w Krakowie, Warszawie, Katowicach, Brukseli i Waszyngtonie. CYBERSEC poświęcony jest strategicznym aspektom cyberprzestrzeni oraz globalnej rewolucji technologicznej, wykorzystującą sprawdzoną formułę opartą na połączeniu wiedzy ekspertów i profesjonalistów z różnych dziedzin, w celu opracowania praktycznych rekomendacji. CYBERSEC to nie tylko konferencja, to także proces tworzenia prężnie rozwijającej się międzynarodowej społeczności, skupionej na cyberbezpieczeństwie i partnerstwie pomiędzy sektorem publicznym a prywatnym. Naszą misją jest budowa europejskiego systemu cyberbezpieczeństwa oraz platformy współpracy dla rządów, organizacji międzynarodowych i kluczowych firm sektora prywatnego. Więcej na: ik.org.pl

digitalpoland

Fundacja Digital Poland jako organizacja non-profit podejmuje działania mające sprawić, by Polska stała się jednym z głównych centrów innowacji cyfrowych na świecie. Poprzez swoje aktywności zmienia cyfrowe wyzwania stojące przed Polską, w szanse dla rodzimej gospodarki. Bez społeczeństwa nie uda się cyfrowa transformacja kraju, dlatego założyciele Fundacji stawiają na edukację społeczeństwa, firm i administracji organizując szereg akcji promujących nowe technologie. W oczach inwestorów zagranicznych fundacja pozycjonuje Polskę jako idealne miejsce dla działalności B+R i rozwijania innowacji o zasięgu międzynarodowym. We wszystkich działaniach Fundacja Digital Poland stawia na współpracę, tworząc sieć kontaktów i bliskich relacji – tylko dzięki współpracy i otwartości jesteśmy w stanie sprawić, że Polska dołączy do wiodących ekosystemów innowacji na świecie. Fundacja Digital Poland zaprasza do współpracy wszystkich, którzy są zainteresowani realizowaniem innowacyjnych projektów, które odmienią polską gospodarkę. Wśród fundatorów i partnerów strategicznych fundacji są takie firmy jak: Baker McKenzie, Daftcode, Ghelamco Poland, MCI Capital, Microsoft, Polpharma, Ringier Axel Springer Polska, Sage, TVN Digital, T-Mobile Polska, UPC, Visa. Partnerami Fundacji Digital Poland są m.in. Instytut Ośrodek Przetwarzania Informacji, Korn Ferry, Straal, Plugin, Fundacja Polska Innowacyjna, Po prostu energia, Stroer oraz Prowly. Więcej informacji na temat realizowanych projektów i podejmowanych działań na digitalpoland.org.

W 2019 r. Fundacja Digital Poland zorganizowała po raz pierwszy Festiwal Cyfryzacji – największą ogólnopolską inicjatywę technologiczno-edukacyjną, której celem jest przybliżenie nowych technologii Polakom. Świat nowych technologii jest dla wszystkich, którzy chcą być jego częścią, a Festiwal Cyfryzacji to okazja na zdobycie nowych, cyfrowych umiejętności i aktualizację wiedzy. Nowe technologie nie tylko zmieniają niektóre profesje, ale coraz częściej zastępują je nowymi zawodami. Fundacja Digital Poland tworząc Festiwal Cyfryzacji, chce przygotować Polaków na nadchodzące zmiany. Dlatego w trakcie 10 dni festiwalu można na własnej skórze przekonać się, na czym polega cyfryzacja i jakie korzyści przyniesie każdemu z nas. Festiwal Cyfryzacji to nie tylko Noc Innowacji, w czasie której każdy może zobaczyć, jak wyglądają najbardziej innowacyjne miejsca w Polsce i zapytać najtęższe umysły w kraju, nad czym obecnie pracują. To też wielkie święto zakupów, które ukryte jest pod hasłem Cyfrowe Zniżki czy spotkania z liderami cyfryzacji, których Fundacja Digital Poland co roku nagradza statuetką i tytułem Digital Shapers. Dzięki akcji Cyfrowy Bohater pokazujemy z kolei, że cyfryzacja może pomóc osobom wykluczonym i upośledzonym dołączyć do rynku pracy, dzięki np. pracy zdalnej. Festiwal Cyfryzacji to także czas ważnych debat o przyszłości Polski i rosnącej roli innowacji oraz cyfryzacji w nowoczesnej gospodarce. Więcej na festiwalcyfryzacji.pl.

