

## Autonomia zasilania w kontekście niezawodności systemu telekomunikacji mobilnej

Jarosław Szut\*

**Streszczenie:** W dobie globalizacji i konieczności docierania do masowych odbiorców, budowa i utrzymanie sieci usług rozproszonych geograficznie wymaga od przedsiębiorcy zapewnienia ciągłości dostaw energii elektrycznej. Z uwagi na konieczność jej zakupu od dostawców zewnętrznych niezbędna jest ocena ryzyka jakie niosą za sobą przerwy w zasilaniu obiektów aktywnych, co bezpośrednio przekłada się na wydatki na zapewnienie ciągłości działania sieci.

W pracy zidentyfikowano zagrożenia i dokonano oceny wpływu przerw w dostawach energii elektrycznej na ryzyko prowadzenia działalności gospodarczej poprzez pryzmat jakości sieci telekomunikacyjnych reprezentowanej przez jeden z głównych ich mierników – dostępność sieci. Badanie przeprowadzono wykorzystując analizę środowiska, poddając ocenie sieci telefonii komórkowej, z wykorzystaniem rzeczywistych danych<sup>1</sup> o awariach zasilania. W wyniku czego stwierdzono, że obecne podejście do autonomii zasilania<sup>2</sup> wykorzystywane w strategiach inwestycyjnych wymaga rewizji założeń.

**Słowa kluczowe:** dostępność, autonomia zasilania, ryzyko, analiza środowiska

### Wprowadzenie

Określenie niezawodność (*reliability*) odnosi się do właściwego funkcjonowania systemów i zawiera się w nim: sprzęt (HW-*hardware*), oprogramowanie (*SW-software*), ludzie (*HF-human factor*), czynniki zewnętrzne i środowiskowe (*environmental factors*) (Lawless 2000). Niezawodność jest kluczową wartością w przypadku dostarczania usług telekomunikacyjnych. Wszystkie wymienione powyżej czynniki mają wymierny wpływ na bezprzerwowe funkcjonowanie całego systemu, który z punktu widzenia klienta końcowego jest postrzegany jako dostępność usług.

Do oceny jakości sieci stosuje się wiele współczynników, spośród których jednym z najważniejszych jest jej dostępność, którą należy interpretować jako: oczekiwanie przez klienta dostarczenia usługi przynajmniej przez  $X\%$  czasu (Zou i in. 2007). Zagwarantowanie

---

\* mgr inż. Jarosław Szut, absolwent Wydziału ETI Politechniki Gdańskiej, doktorant Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego, e-mail: jaroslaw.szut@gmail.com.

<sup>1</sup> Wykorzystane w badaniu dane pochodzą z systemów nadzorów sieci dwóch wiodących operatorów telekomunikacyjnych w Polsce, których obiekty charakteryzują się równomiernym rozproszeniem geograficznym (dane za okres wrzesień 2014–sierpień 2015).

<sup>2</sup> Autonomia zasilania rozumiana jako zdolność zachowania ciągłości działania urządzeń zasilanych energią elektryczną poprzez zastosowanie wszelkiego rodzaju rozwiązania technicznych tj. UPS, bateria akumulatorów, agregat stacjonarny itp., w momencie zaniku dostaw od operatora energetycznego, spowodowanych sytuacją awaryjną lub planowaną.

tego i zobowiązanie się operatora sieci do świadczenia usług na danym poziomie, wiąże się z koniecznością określenia dostępności własnej sieci. Problemem jest określenie wpływu niedostępności usług na koszty prowadzenia działalności. W pracy dokonany zostanie przegląd głównych czynników mających wpływ na generowanie niedostępności oraz podjęta zostanie próba określenia nakładów finansowych niezbędnych do zapewnienia podtrzymania bateryjnego w odniesieniu do wielkości przychodów utraconych w wyniku niedostępności systemu na przykładzie sieci telefonii komórkowej.

Każdy przedsiębiorca staje przed dylematem jak zabezpieczyć swoje interesy. Z punktu widzenia biznesu pod uwagę należy brać m.in. aspekty: ekonomiczne, technologiczne, marketingowe i społeczne. Działając w turbulentnym otoczeniu jest on skazany na niepewność, którą skądinąd jest zmuszony zaakceptować (Grajewski 2007). Ten stan powoduje, że jest on skłonny do ponoszenia ryzyka na pewnym, jasno określonym poziomie. Z technicznego punktu widzenia, przedsiębiorca musi wziąć pod uwagę nie tylko awaryjność sprzętu i rozwiązań technologicznych stosowanych we własnej sieci, ale również awaryjność sieci dystrybucyjnej dostawcy energii elektrycznej. Ten aspekt powinien być brany pod uwagę już na etapie definiowania strategii, wymagań technologicznych, projektowania i budowy. Zaniechania, na którymś z tych etapów, narażać go mogą na wzrost kosztów eksploatacji, a to wymaga oceny ryzyka z tym związanego.

W opracowaniu autor stawia następujące hipotezy:

- H1. Podtrzymanie bateryjne w obecnej formie, zapewniania minimalnej autonomii zasilania dla wszystkich obiektów, jest nieuzasadnione ekonomicznie i wymaga rewizji założeń.
- H2. Brak autonomii na lokalizacjach o najniższym profilu ruchowym pozwala na zachowanie jakości w zdefiniowanym obszarze ryzyka.

W celu weryfikacji tych hipotez ocenie poddane zostaną przypadki:

1. Model wpływu awarii zasilania na dostępność systemu dla lokalizacji o jednakowej randze biznesowej (elementy o tym samym znaczeniu dla klienta).
2. Model wpływu awarii zasilania na dostępność systemu dla lokalizacji o zróżnicowanym profilu ruchowym.

## **1. Wymagania dla dostępności w sieciach telekomunikacyjnych**

Jakość sieci teleinformatycznych jest określana wieloma współczynnikami jakościowymi KPI<sup>3</sup>. Jednym z kluczowych jest dostępność sieci, która z perspektywy klienta końcowego określa stopień osiągalności danej usługi. Ma ona dla niego wymiar biznesowy, osobisty, poczucia bezpieczeństwa. Dostępność jest liczona w następujący sposób (Bauer, Franklin 2006):

---

<sup>3</sup> KPI (*Key Performance Indicator*) – kluczowy współczynnik jakościowy.

$$Availability (A) = \frac{Uptime}{TotalTime} = \frac{Uptime}{Uptime + Downtime} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR},$$

gdzie:

- Availability (A)* – dostępność sieci,
- Uptime* – czas działania,
- Downtime* – czas niedziałania,
- TotalTime* – całkowity dostępny czas,
- MTBF (Mean Time Between Failures)* – średni czas działania przed uszkodzeniem,
- MTTR (Mean Time To Repair)* – średni czas potrzebny na przywrócenie działania usługi.

Z formalnego punktu widzenia dostępność  $A$  należy interpretować jako prawdopodobieństwo, że dany element sieci pracuje prawidłowo, a dana usługa jest dostarczana (osiągalna dla klienta). Dlatego niedostępność można zdefiniować jako  $U = 1 - A$  (Zou i in. 2007).

W praktyce dostępność oblicza się wykorzystując następującą zależność (Bauer, Franklin 2006):

$$A = \frac{InServiceTime - \sum_{OutageEvents} OutageDuration}{InServiceTime},$$

gdzie:

*InServiceTime* – reprezentuje skumulowany czas, w którym elementy sieciowe (NE<sup>4</sup>) powinny być działać, zazwyczaj w określonym oknie czasowym (miesiąc/kwartał/rok); np. jeśli dostawca usług posiada 100 działających NE w sieci w miesiącu Listopadzie, to *InServiceTime* stanowi iloczyn  $100NE \times 30 \text{ dni} \times 1440 \text{ minut}$ .

*OutageEvents* – oznaczają liczbę wszystkich branych pod uwagę awarii powodujących przerwy w działaniu; trzeba tu zaznaczyć, że nie każde zdarzenie musi oznaczać awarię, dlatego zliczane są tutaj wszystkie uszkodzenia, które nie stanowią planowanych okresów niedziałania związanych np. z planowanym upgrade, wymianą sprzętu, rozbudową.

*OutageDuration* – oznacza czas trwania danego zdarzenia, w którym NE nie świadczył usługi.

Dla telefonicznych sieci stacjonarnych przyjmuje się poziom dostępności określany mianem „pięciu dziewiątek”, tzn. 99,999% (Malone III, Asthana 2006). Takie założenie po wykonaniu prostych obliczeń przekłada się na 5,26 minut niedostępności rocznie, co jest nie tylko akceptowalne przez klienta, a w zasadzie powinno zostać przez niego niezauważone. Wymagania dla sieci mobilnych są mniejsze i różnicowane względem technologii

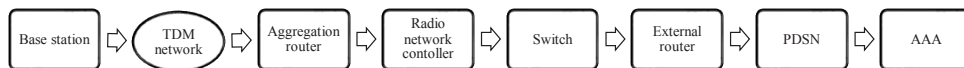
<sup>4</sup> NE (*Network Element* – element sieciowy) rozumiany jako sektor danej warstwy radiowej, np. podstawowa stacja bazowa w warstwie 2G zazwyczaj składa się z 3 niezależnych sektorów, traktowanych w pracy jako 3 NE.

(2G/3G/4G<sup>5</sup>) i w zależności od operatora wahają się w przedziale 99,49–99,82%<sup>6</sup>. To z kolei przekłada się na rzeczywistą niedostępność sieci na poziomie od 946,08 do 2680,56 minut rocznie. To tak, jakby właściciele sieci telekomunikacyjnych akceptowali całkowity *outage*<sup>7</sup> systemu trwający blisko dwie doby (44h40m34s). W rzeczywistych warunkach, w istniejących sieciach wartości niedostępności, dzięki działaniom korekcyjnym i prewencyjnym, przybierają wielkości na poziomie 99,82–99,88%<sup>8</sup>.

## 2. Złożoność systemu

Każda działalność wymaga określenia strategii, co umożliwi skupienie się na głównych założeniach. Do budowania strategii służy analiza środowiskowa. K. Obłój (2001) pisze, że analizę środowiska firmy należy przeprowadzić na trzech poziomach: identyfikacji otoczenia dalszego i bliższego, segmentacji otoczenia lub zbudowania map strategicznych kibiców, analizy szans i zagrożeń. W tej perspektywie, w ramach identyfikacji otoczenia, ciągłość zasilania jawi się jako zagrożenie, co prowadzi do pojawienia się ryzyka, które wymaga mitygacji. Odpowiedzią jest projektowanie strategii stosowanych rozwiązań technicznych.

Współczesne systemy telekomunikacji mobilnej składają się z wielu warstw odmiennych technologicznie, połączonych w jeden spójny system. Jego budowa wymaga uwzględnienia wielu czynników na etapie projektowania, wdrażania i budowy nowego systemu. Niezawodność wszystkich elementów składowych, które w obecnych warunkach rynkowych mogą być dostarczane przez wielu dostawców wpływają na końcową dostępność całej sieci.



**Rysunek 1.** Przykładowa blokowa struktura sieci

Źródło: opracowanie własne na podstawie Malone III, Asthana (2006).

Z perspektywy klienta dostępność usługi jest uzależniona od dostępności przynajmniej jednej warstwy sieci (2G/3G/4G/LTE). Niedostępność w jednej technologii jest niezauważalna, gdyż przełączanie pomiędzy nimi jest realizowane bez jego ingerencji. Dla wszystkich warstw i elementów systemu wspólne są natomiast transmisja i zasilanie, ponieważ utrata któregoś z nich powoduje niedostępność wszystkich warstw. To powoduje, że

<sup>5</sup> 2G/3G/4G – umownie oznacza generację telefonii komórkowej odpowiednio 2G – GERAN w technologii TDMA (GSM/DCS/GPRS/EDGE), 3G – UTRAN w technologii CDMA (UMTS/WCDMA/HSPA), 4G – E-UTRAN w technologii OFDMA (LTE) zgodnie ze standardami 3GPP, zob. <http://www.3gpp.org/technologies/technologies>.

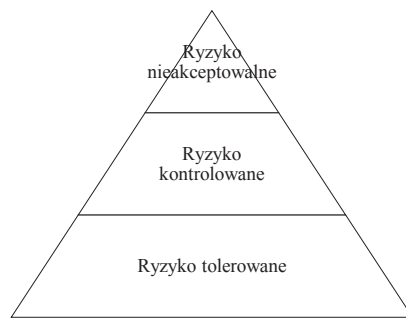
<sup>6</sup> Badania własne na podstawie realizacji dostępności sieci czterech największych operatorów telekomunikacyjnych w Polsce.

<sup>7</sup> *Outage* – przestój, przerwa w działaniu) w tym przypadku oznacza niedostępność całego systemu.

<sup>8</sup> Dane z realizacji wskaźników dostępności dla dwóch wiodących operatorów telekomunikacyjnych w Polsce (lata 2012–2015).

czynniki zewnętrzne stają się elementami kluczowymi i niezbędnymi do działania całego systemu. Stąd konieczność określenia strategii dla rozwiązań mitygujących ryzyko utraty ciągłości jego działania.

Mając powyższe na uwadze, należy przyjąć, że w przypadku mobilnych systemów telekomunikacyjnych dostępność systemu na określonym poziomie stanowi miarę ryzyka prowadzenia działalności, mającą wyraźny wydźwięk w wielkości utraconych przychodów<sup>9</sup>. Wynika to z faktu, że w każdej organizacji można powiedzieć, że miarą ryzyka jest kombinacja prawdopodobieństw wystąpienia zakłóceń w działalności i ewentualne straty, które mogą być ich następstwem. Uogólniając problem można rozróżnić następujące rodzaje ryzyka:



**Rysunek 2.** Rozkład ryzyka

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rak (2003).

Na potrzeby niniejszego opracowania w tabeli 1 zdefiniowano obszary i poziomy dostępności odpowiadające poszczególnym poziomom ryzyka.

**Tabela 1**

Poziomy ryzyka w odniesieniu do realizacji dostępności

Poziom ryzyka	Realizacja celu (%)	Poziom realizacji	Średnia założona dostępność*
	120	satysfakcjonujący	99,9999
Ryzyko tolerowane	100	oczekiwany	99,8200
Ryzyko kontrolowane	85	akceptowalne minimum	99,2500
Ryzyko nieakceptowalne	0	nieakceptowalny	97,7600

\* Strategia konkurowania jakością nie sprzyja udostępnianiu danych szczegółowych, dlatego na potrzeby opracowania przyjęto wielkości będące kompilacją rzeczywistych wymagań operatorów, eksperckiej wiedzy autora oraz wymagań standardów 3GPP.

Źródło: opracowanie własne.

<sup>9</sup> Określenie wielkości utraconych przychodów jest ciekawym, ale skomplikowanym tematem badań. W szczególności interesujące jest badanie korelacji pomiędzy osiąganą dostępnością, a utraconymi przychodami.

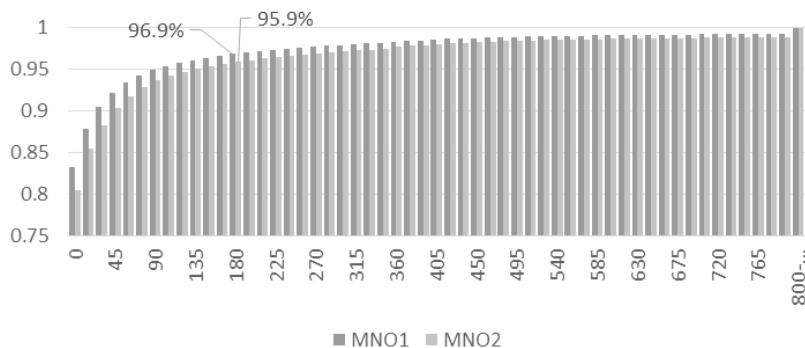
Z tej perspektywy, wszelkie działania operacyjne i strategiczne powinny zmierzać do utrzymania działalności w obszarze tolerowanym, z zastrzeżeniem, że wszystkie decyzje wymagają dokładnej analizy i oceny uwarunkowań zewnętrznych między innymi takich jak wpływ na postrzeganie marki, skutki społeczne, bezpieczeństwo, czynników, które są poza obszarem rozważań niniejszego opracowania.

### 3. Awaryjność sieci energetycznych

Awaryjność sieci energetycznych stanowi immanentne zagrożenie w prowadzeniu działalności, która przekłada się bezpośrednio na jakość dostarczanych usług. Dlatego w pierwszej kolejności należy określić awaryjność tego elementu wpływającego na działanie systemu. Do tego celu wykorzystano dane z systemów nadzoru dwóch wiodących operatorów telefonii komórkowej w Polsce. Z uwagi na strukturę danych empirycznych i doświadczenie badającego przyjęto podział awarii na krótkotrwałe i długotrwałe, które z uwagi na ich charakter muszą różnić się sposobem reakcji przez służby utrzymaniowe MNO. Dla krótkotrwałych wyłączeń zakłada się, że są one zdarzeniami, które zostaną przywrócone do stanu pierwotnego w sposób samoistny, niezależny od działań naprawczych. W przypadku długotrwałych wyłączeń reakcja na awarię musi mieć inny charakter i nie może się ograniczać jedynie do oczekiwania na przywrócenie zasilania przez dostawcę energii. Zdarzenia te wymagają reakcji ze strony służb utrzymaniowych, które w realiach biznesowych borykają się dodatkowo z problemami związanymi z czasem reakcji (w którym momencie należy podjąć działania naprawcze), dojazdem do stacji (która ekipa powinna zostać wysłana), dostępnością i odpowiednią alokacją zasobów ludzkich (niekoniecznie równomierną pod względem geograficznym), czy też możliwością *outsourcingowania* czynności naprawczych. Niniejsza praca nie będzie poruszała tych aspektów, należy jednak mieć świadomość występowania innych warunków zewnętrznych.

Do badań przyjęto strumienie zdarzeń określające awarie zasilania na obiektach dwóch MNO o zbliżonym, równomiernym rozproszeniu geograficznym obiektów telekomunikacyjnych. Z uwagi na sposób obsługi zdarzeń, wprowadzono ograniczenie długości trwania awarii zasilania do 24 h (1440 minut).

W wyniku analizy dostępnych danych stwierdzono, że bardzo duża liczba zdarzeń ma charakter krótkotrwały, tzn. ok 90% awarii trwa krócej niż 60 minut. Dodatkowo blisko 50% czasu trwania wszystkich awarii w badanym okresie to zdarzenia, które trwały nie dłużej niż 240 minut (porównaj rys. 3). Na podstawie tych kilku informacji można wysnuć wnioski, że zagwarantowanie zasilania awaryjnego przez 2 h pozwala na eliminację wpływu blisko 97% awarii zasilania. Powyższe jest zbieżne z powszechnym i najczęściej spotykanym podejściem do strategii utrzymania sieci telekomunikacyjnych zakładającym minimalny gwarantowany poziom autonomii dla każdego obiektu, który określa się jako czas podtrzymania zasilania i w zależności od operatora przybiera on wartości od 120–240 minut.



**Rysunek 3.** Dystrybucja czasów trwania nieplanowanych pojedynczych przerw w zasilaniu

Źródło: opracowanie własne.

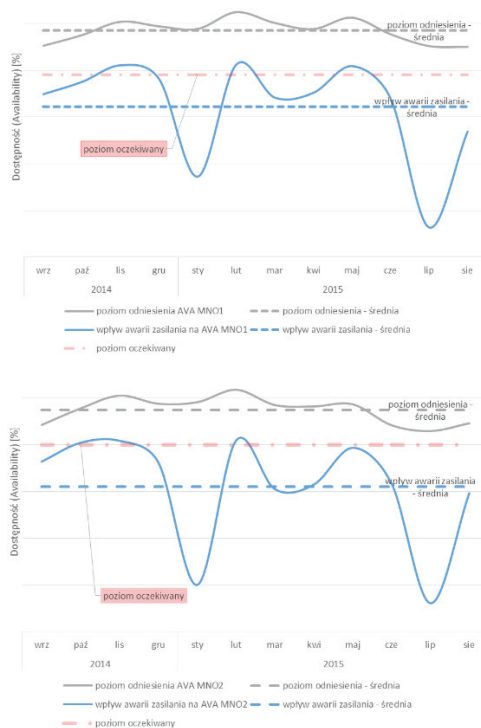
Wartym podkreślenia jest fakt, że temat ciągłości zasilania w zależności od perspektywy jest traktowany ze zgołą odmienną atencją. Podtrzymanie zasilania w porównaniu z kosztami wdrożenia nowej technologii radiowej, czy budowy nowej stacji bazowej, stanowi niewielki procent nakładów inwestycyjnych. Jeśli porównać koszt wdrożenia nawet 6-godzinnego *back-up'u* bateryjnego o 6-letniej żywotności akumulatorów w całej sieci, to będzie on stanowił jedynie około 1.7% całkowitych rocznych przychodów (UKE 2015)<sup>10</sup>. Z tej perspektywy – inwestycyjnej – zasadność podtrzymania bateryjnego nie jest częstym, czy też chętnie podejmowanym tematem badań. Jednak gdy spojrzeć na problem z perspektywy budżetu operacyjnego, to roczny koszt odtworzenia systemu bateryjnego w całej sieci to wydatki po stronie OPEX-u na poziomie 12,5 mln PLN, a w 6-letniej perspektywie to już ok. 75 mln zł, co w dobie poszukiwania oszczędności jest wielkością, na którą należy zwrócić uwagę. Dlatego autor podejmuje próbę oceny zasadności stosowania systemów zapewniających autonomię zasilania na dotychczasowym poziomie.

#### 4. Ocena wpływu awarii zasilania na dostępność

Dla oceny wpływu awarii zasilania na dostępność, w pierwszej kolejności, zbadano jaki wpływ na dostępność sieci miałyby wszystkie awarie zasilania, które miały miejsce w badanym oknie czasowym, gdyby lokalizacje nie były wyposażone w podtrzymanie bateryjne. Przyjęto założenie, że wszystkie lokalizacje mają taką samą ważność i jednakowy wpływ na dostępność systemu. Badana sieć miała charakter pojedynczych, niezależnych obiektów, tzn. awaria zasilania na jednym obiekcie nie miała wpływu na działanie innego

<sup>10</sup> W celu anonimizacji danych, na potrzeby badania przyjęto dla obu operatorów średnią wielkość rocznych przychodów na poziomie 4,5 mld zł.

obiekty i każdy z nich charakteryzował się tym samym profilem ruchowym<sup>11</sup>. W wyniku obliczeń stwierdzono, że dla obu operatorów wpływ awarii zasilania w takim modelu powoduje spadek średniej dostępności poniżej poziomu oczekiwanego (patrz rys. 4), odpowiednio o 0,0681 p.p. dla MNO1 i 0,0895 pp. dla MNO2, co przekłada się na 358 i 469 minut niedostępności rocznie będących następstwem awarii zasilania – rysunek 5.



**Rysunek 4.** Miesięczna dostępność – teoretyczny wpływ awarii zasilania na roczną dostępność przy braku autonomii (waga – liczba lokalizacji).

Źródło: opracowanie własne; z uwagi na dane wrażliwe wartości dostępności (%) zostały zanonimizowane.

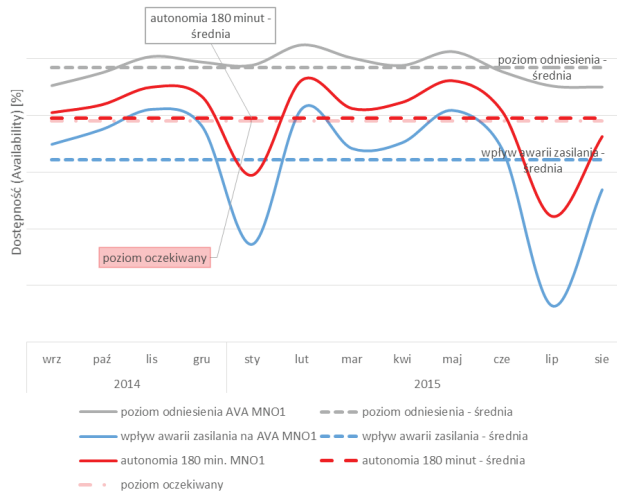
W kolejnym kroku, aby poddać ocenie wpływ zastosowania baterijnego podtrzymania zasilania na dostępność, poczyniono założenie, że wszystkie stacje posiadają w pełni sprawne i jednolite pod względem żywotności i pojemności baterie akumulatorów, zapewniające

<sup>11</sup> Takie podejście jest podyktowane względami historycznymi. W początkowej fazie rozwoju sieci komórkowych nowobudowane obiekty sieciowe charakteryzowały się bardzo zbliżoną konfiguracją (dla uproszczenia badania przyjęto, że jednakową). Każda awaria zasilania wiązała się z utratą zasięgu (pokrycia usług), stąd dążenie do zachowania jak najdłuższego (w granicach rozsądku) podtrzymania baterijnego umożliwiającego reakcję służb utrzymaniowych i eliminację wpływu przerwy w zasilaniu w energię elektryczną. Stąd stosowana strategia zapewnienia jednakowego podtrzymania na wszystkich lokalizacjach (lata 1997–2005).



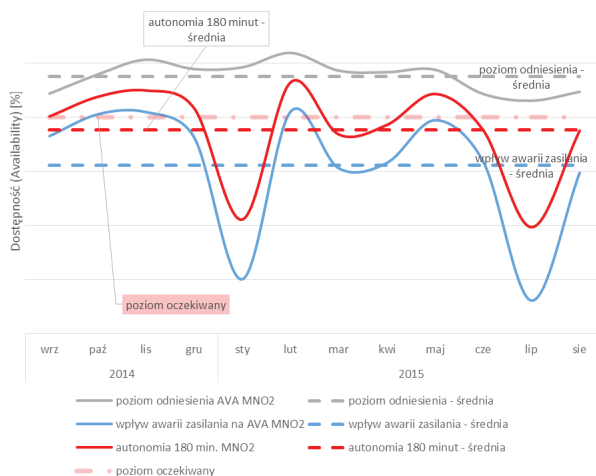
jednakową uśrednioną do 3h autonomię. Dla 180 minut podtrzymania bateryjnego średnia dostępność w okresie wzrosła dla MNO1 o 0,0052 p.p. (+27 minut rocznej dostępności sieci) powyżej poziomu oczekiwanego, wkraczając w obszar tolerowanego ryzyka.

Dla MNO2, z uwagi na nieco wyższe wymagania wyjściowe, zastosowanie 3 h autonomii nie zapewnia wkroczenia w „bezpieczny” obszar. Zastosowane rozwiązanie daje wynik 0,0244 p.p. poniżej poziomu oczekiwanego (–128 minut rocznej dostępności sieci).



**Rysunek 5.** Wpływ 180 minutowej autonomii na dostępność MNO1 – waga: liczba lokalizacji

Źródło: opracowanie własne; z uwagi na dane wrażliwe wartości dostępności (%) zostały zanonimizowane.



**Rysunek 6.** Wpływ 180 minutowej autonomii na dostępność MNO2 – waga: liczba lokalizacji

Źródło: opracowanie własne; z uwagi na dane wrażliwe wartości dostępności (%) zostały zanonimizowane.



**Rysunek 7.** Wpływ awarii zasilania na dostępność – waga: liczba aktywnych NE

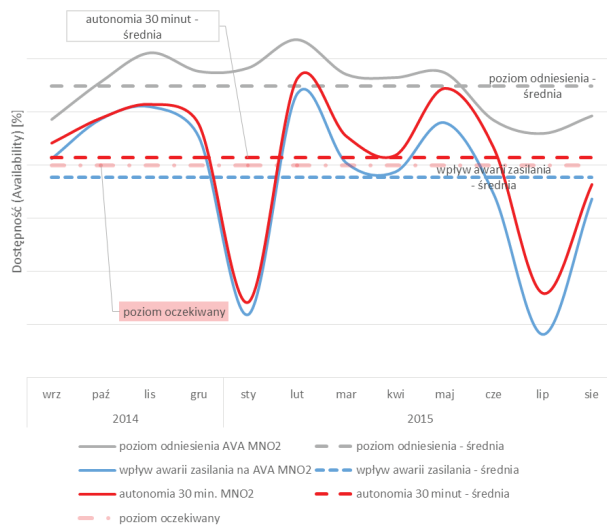
Źródło: opracowanie własne; z uwagi na dane wrażliwe wartości dostępności (%) zostały zanonimizowane.

Rozwój sieci mobilnych powoduje komplikowanie się struktury systemu. Nakładanie się na siebie wielu warstw technologicznych, ma na celu dostosowanie zasobów do potrzeb klientów. Konieczne staje się urealnienie modelu, uwzględniające obecne wymagania<sup>12</sup>. Według K. Obłója (2001) praktyczna analiza środowiskowa charakteryzuje się iteracyjnością procesu, poprzez płynne przechodzenie z poziomu na poziom, stale uzupełniając swoje zrozumienie wyborów na jednym poziomie informacjami z innego poziomu. Z tego też

<sup>12</sup> Po fazie poszerzania zasięgu operatorzy osiągnęli poziom pokrycia, w którym awaria jednej stacji nie powoduje całkowitej utraty usługi (zasięgu), ale może wpływać na jej jakość. Pozwoliło to na zmianę podejścia w obsłudze awarii zasilania. Skłoniło to operatorów do priorytetyzacji obiektów sieciowych z punktu widzenia ważności dla klienta i wpływu na dostępność usług.

powodu, mając na uwadze niejednorodny charakter sieci mobilnych związany m.in. z nierównomiernym rozproszeniem klientów i ograniczoną liczbą kanałów radiowych, stanowiących unikalne i deficytowe medium przenoszące ruch głosowy i pakietowy, w kolejnym kroku zweryfikowano wpływ awarii zasilania na dostępność z uwzględnieniem liczby elementów sieciowych (NE) na lokalizacji. W tym celu posłużono się rzeczywistymi danymi o liczbie aktywnych (On-Air, dostępne z dnia: 28.12.2015) NE na lokalizacjach badanych operatorów. Po wprowadzeniu powyższych danych do modelu uzyskano następujące wyniki (zob. rys. 7):

- dla MNO1 całkowity brak podtrzymania bateryjnego na wszystkich stacjach pozwala na realizację dostępności w obszarze tolerowanym ryzyka ze stosunkowo dużym zapasem 0,0382 punktu procentowego (+201 minut rocznej dostępności sieci względem poziomu oczekiwanego),
- dla MNO2 całkowity brak podtrzymania bateryjnego powoduje, że realizacja dostępności wkracza w obszar kontrolowany. Przy czym, próg jest przekroczony zaledwie o 0,0111 punktu procentowego poniżej poziomu oczekiwanego (–58 minut rocznej dostępności sieci).



**Rysunek 8.** Wpływ 30-minutowego podtrzymania bateryjnego na dostępność MNO2 – waga: liczba aktywnych NE

Źródło: opracowanie własne; z uwagi na dane wrażliwe wartości dostępności (%) zostały zanonimizowane.

W przypadku MNO2 zastosowanie jednolitego podtrzymania o długości 30 minut na wszystkich stacjach umożliwiłoby realizację dostępności powyżej poziomu oczekiwanego, w obszarze ryzyka tolerowanego (+0,0047 p.p.; +25 minut rocznej dostępności sieci). Podkreślenia wymaga fakt, że osiągnięcie przez MNO2 porównywalnego poziomu dostępności

jaki osiąga MNO1 przy braku podtrzymania baterijnego, wymagałoby w tym modelu zastosowania autonomii na poziomie 240 minut. Dałoby to wynik 0,0256 p.p. powyżej poziomu oczekiwanego dla MNO2 (+134 minuty rocznej dostępności sieci).

Powyższy model jest najbardziej zbliżonym do rzeczywistości dlatego może stanowić punkt wyjściowy do analizy redukcji podtrzymania baterijnego na części lokalizacji. Mając na względzie maksymalizację średniej rocznej dostępności zbadano w jakim stopniu zmieni się dostępność względem poziomu odniesienia w przypadku rezygnacji lub znacznej redukcji anatomii zasilania (do poziomu 15–30 minut) na części stacji. W tym celu wytypowano lokalizacje o najniższym priorytecie, najmniejszym profilu ruchowym, które dodatkowo nie mają wpływu na działanie pozostałych elementów systemu. To znaczy, że awaria zasilania na takiej stacji nie powoduje przerwania łańcucha transmisyjnego<sup>13</sup>. W dalszej części opracowania takie lokalizacje będą określane stacjami o profilu niskim (pozostałe przez analogię będą określane mianem stacji o profilu wysokim). W wyniku takiego podejścia w sieciach operatorów zidentyfikowano takie stacje, co przełożyło się na podział określony w tabeli 2.

**Tabela 2**

Procentowy udział stacji o profilu niskim i wysokim (%)

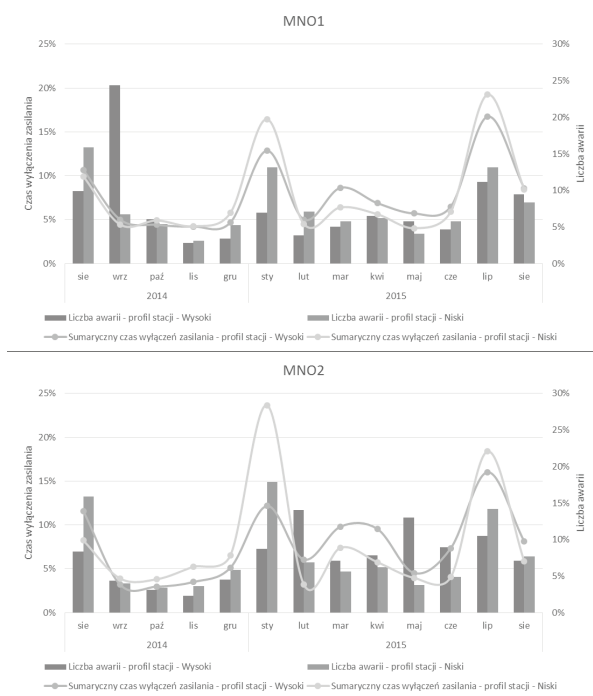
Profil lokalizacji	Liczba lokalizacji MNO1	Liczba lokalizacji MNO2
Wysoki	56	67
Niski	44	33
Suma	100	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie założeń do modelu.

Zauważono, że dla MNO1 43% liczby awarii w badanym okresie przypada na stacje o profilu niskim przy czym, przekłada się to na 55% sumarycznego czasu wszystkich wyłączeń. W przypadku MNO2 stosunek ten wygląda następująco: 40% liczby awarii ma udział 53% sumarycznego czasu wyłączeń. Miesięczny rozkład awarii przedstawiono na rysunku 9.

Analiza modelu pozwoliła na określenie wpływu zmiany podejścia do zachowania autonomii i tak dla MNO1 stwierdzono, że w przypadku niestosowania podtrzymania na 44% stacji uzyskamy spadek dostępności względem poziomu odniesienia o  $-0,0281$  p.p., co przekłada się na utratę 148 minut w rocznej średniej dostępności.

<sup>13</sup> Komunikacja pomiędzy elementami sieci (stacja bazowa – kontroler stacji bazowych) odbywa się z wykorzystaniem transmisji danych. Uwarunkowania projektowe wymagają stosowania rozwiązań agregujących ruch w tzw. punktach węzłowych, z których informacje są przesyłane dalej w górę sieci do kontrolera. Takie podejście powoduje, że z perspektywy wpływu na dostępność sieci stacja agregująca ruch z kilku lokalizacji staje się ważniejsza niż stacja końcowa.

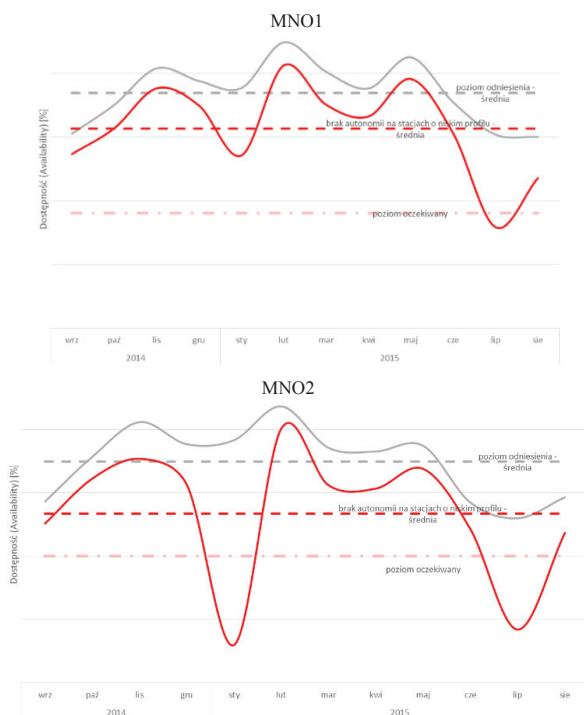


**Rysunek 9.** Procentowy udział liczby awarii i czasu wyłączeń energii elektrycznej dla teoretycznego podziału na stacje o profilu niskim i wysokim

Źródło: opracowanie własne na podstawie założeń do modelu.

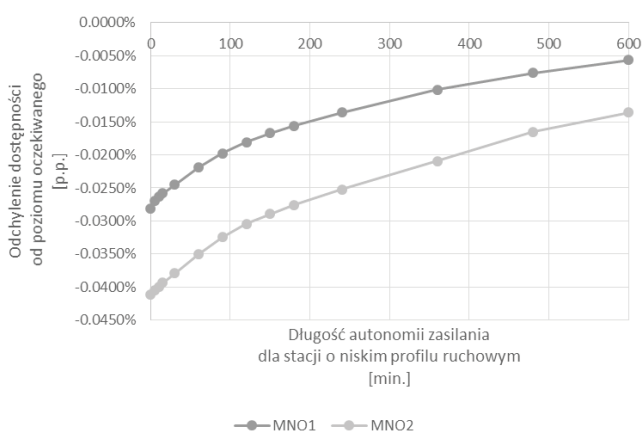
W przypadku MNO2 brak podtrzymania baterijnego na stacjach o niskim profilu, stanowiących 33% liczby lokalizacji, daje spadek średniej dostępności o  $-0,0411$  p.p., co odpowiada 216 minutom.

Podkreślenia wymaga fakt, że brak jakiegokolwiek podtrzymania zasilania na lokalizacjach sieciowych, mimo iż dopuszczalny, jest niepożądany, gdyż powoduje pozbawienie kontroli nad obiektem. Nagła utrata komunikacji ze stacją oznacza awarię, ale brak szczegółowej informacji nie pozwala w żaden sposób na wstępną diagnozę, która ułatwiałaby podejmowanie decyzji o dalszych krokach zmierzających do przywrócenia obiektu do stanu używalności. Dlatego w dalszym toku badań należałoby się skupić na określeniu minimalnego czasu podtrzymania dla stacji o niskim profilu.



**Rysunek 10.** Wpływ braku autonomii zasilania na stacjach o profilu niskim dla MNO1 i MNO2

Źródło: opracowanie własne.



**Rysunek 11.** Teoretyczny wpływ długości autonomii zasilania dla stacji o niskim profilu ruchowym na dostępność sieci

Źródło: opracowanie własne.

Jeśli założyć, że dla stacji o wysokim profilu awarie zasilania nie mają wpływu na dostępność (zachowana jest 100% autonomia), a dla stacji o profilu niskim poziom autonomii może się wahać pomiędzy 0–600 minut, to rysunek 11 przedstawia teoretyczny wpływ długości autonomii stacji o profilu niskim na poziom rocznej dostępności całego systemu.

## Uwagi końcowe

W wyniku przeprowadzonego badania stwierdzono, że energia elektryczna dostarczana przez zewnętrznych dostawców stanowi zagrożenie dla prowadzonej działalności i jako takie powinno być rozpatrywane z uwzględnieniem ryzyka jakie generuje na wejściu do systemu. Zweryfikowano pozytywnie również stawiane hipotezy, stwierdzając, że:

1. Należy zweryfikować stosowane standardy wyposażania lokalizacji telekomunikacyjnych w urządzenia zapewniające autonomię zasilania.
2. Odpowiednie wytypowanie lokalizacji z uwzględnieniem profilu ruchowego pozwala na utrzymanie dostępności w obszarze ryzyka tolerowanego zachowując stosunkowo duży margines.
3. Wydłużanie autonomii zasilania prowadzi do nadmiernych i nieuzasadnionych wydatków, które nie mają oczekiwanego odzwierciedlenia w osiągniętej dostępności.

Praca stanowi wyjście do dalszych analiz zmierzających do określenia osiągniętej jakości w stosunku do ponoszonych kosztów operacyjnych w relacji z ponoszonymi nakładami inwestycyjnymi. W szczególności interesująca jest wycena spadku dostępności uwzględniająca utracone przychody. Do dalszych badań zachęca konieczność rewizji strategii inwestycyjnych w dobie zmian rynkowych.

## Literatura

- Bauer E.J., Franklin, P.H. (2006). Framework for Availability Characterization by Analyzing Outage Durations. *Bell Labs Technical Journal*, 11 (3), 39–46.
- Grajewski P. (2007). *Organizacja procesowa*. Warszawa: PWE.
- Lawless J. (2000). Statistics in Reliability. *Journal of the American Statistical Association*, 95 (451), 989–992.
- Malone III B.L., Asthana A. (2006). Analyzing Network Availability of a Mobile Data Network: A Case Study. *Bell Labs Technical Journal*, 11 (3), 47–56.
- Obłój K. (2001). *Strategia organizacji*. Warszawa: PWE.
- Rak J. (2003). Metoda szacowania ryzyka zagrożenia systemu zaopatrzenia w wodę. *Ochrona Środowiska*, 25 (2).
- UKE (2015). *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w Polsce w 2014 r.* UKE. Warszawa: Urząd Komunikacji Elektronicznej. Pobrano z: <https://www.uke.gov.pl/raport-o-stanie-rynku-telekomunikacyjnego-w-polsce-w-2014-roku-16295> (10.06.2015).
- Zou W., Janic M., Kooij R., Kuipers F. (2007). *On the availability of networks*. Proceedings of BroadBand Europe 2007. Antwerp.

### **POWER SUPPLY AUTONOMY IN THE CONTEXT OF RELIABILITY OF MOBILE NETWORK**

**Abstract:** Globalization and the need to reach a mass audience requires from entrepreneur operating and maintaining geographically dispersed services skills to ensure non-disrupted power supply. Given the need to purchase energy from external suppliers it is necessary to assess the risk posed by a power outage of active objects, which leads to increased expenditures on ensuring the stability of the network.

In this paper author identifies and evaluates the impact of power supply interruptions on the risk of running a business. Quality of mobile network is presented by availability as a key factor. Research was carried out using environmental scanning to assess mobile networks reliabilities issuing data mining on power failures in live network. As a result, it was found that the current approach to the autonomy of the power supply used in investment strategies requires a revision of the guidelines.

**Keywords:** availability, power-supply autonomy, risk, environmental scanning

### **Cytowanie**

Szut (2016). Autonomia zasilania w kontekście niezawodności systemu telekomunikacji mobilnej. *Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 4 (82/2), 639–654. DOI: 10.18276/frfu.2016.4.82/2-56.