

# Zużycie energii przez urządzenia abonenta sieci szerokopasmowej i jego konsekwencje

Krzysztof Borzycki

*Artykuł prezentuje analizę zużycia energii elektrycznej przez własne urządzenia abonenta przyłączane do szerokopasmowej sieci dostępowej nowej generacji oraz jego konsekwencje dla systemu energetycznego i środowiska naturalnego. Dostęp do usług oferowanych przez sieć szerokopasmową motywuje abonenta do wyposażenia gospodarstwa domowego w nowe urządzenia elektroniczne jak komputery i odbiorniki telewizyjne HD oraz bardziej intensywnej eksploatacji już posiadanych, prowadząc do wzrostu zużycia energii elektrycznej. Problem ten jest zwykle pomijany w literaturze, gdzie dominują analizy ograniczone do zużycia energii w samej sieci telekomunikacyjnej, tworzące złudny niestety obraz „zielonej” technologii. Przedstawiono też analizę ekonomiczną skutków pokrycia kraju siecią szerokopasmową.*

*szerokopasmowe sieci dostępowe, NGA, zużycie energii, ochrona środowiska*

## Wprowadzenie

Budowa stałych szerokopasmowych sieci dostępowych nowej generacji (*new generation access* – NGA), zwłaszcza światłowodowych (*fiber to the home* – FTTH) jest często prezentowana jako inwestycja w „zieloną” przyszłość, w której komunikacja elektroniczna zastąpi produkcję i transport dóbr (czasopisma, filmy, książki, ...), dojazdy do pracy i podróże służbowe, umożliwi inteligentne sterowanie urządzeniami w gospodarstwie domowym (ogrzewanie, klimatyzacja, ...) itd., co doprowadzi do oszczędności energii, paliw i surowców oraz redukcji zanieczyszczenia środowiska i emisji gazów cieplarnianych.

Faktycznie, sektor teleinformatyczny (*information and communication technology* - ICT) to duży konsument energii, który w 2007 r. pochłaniał 8% energii elektrycznej wytwarzanej na świecie, z czego ok. 4% przypadało na sieci i centra danych zapewniające dostęp do internetu oraz odpowiadał za 2÷2,5% całkowitej emisji CO<sub>2</sub> [1,2]. Przewidywany jest wzrost tego udziału do 14% w 2020 r. [1]. Dane te uwzględniają tylko energię zużywaną podczas eksploatacji urządzeń, pomijają energię do ich produkcji, dostawy i instalacji oraz niezbędną do budowy sieci kablowych czy masztów stacji bazowych. Energia potrzebna na wytworzenie typowego komputera biurowego, szacowana w 2008 r. na 8,7 GJ, jest w przybliżeniu równa energii zużytej później przez cały okres jego użytkowania [2].

Dopiero efektywne zastosowanie rozwiązań informatycznych i telekomunikacyjnych w innych niż ICT sektorach, zwłaszcza w transporcie, logistyce i handlu daje 5÷10 krotnie większe oszczędności energii niż zużycie w ICT [3,4].

Masowe wprowadzanie dostępu szerokopasmowego o coraz większych przepływnościach (już osiągniętych 100 Mbit/s w sieciach FTTH i DOCSIS 3.0, a sporadycznie 1 Gbit/s) i plany UE zakładające dostępność usług  $\geq 30$  Mbit/s dla 100% i  $\geq 100$  Mbit/s dla 50% gospodarstw domowych w 2020 r. skłaniają do rozpatrzenia konsekwencji tych projektów dla energetyki i ochrony środowiska. W dostępnych opracowaniach [6,7] ogranicza się na ogół rozważania do poboru mocy w samych sieciach dostępowych i szkieletowych oraz rozwiązań technicznych do obsługi rosnącego ruchu bez wzrostu zużycia

energii w przeliczeniu na jednego użytkownika. W najbardziej perspektywicznej, ale energochłonnej technologii dostępu światłowodowego FTTH-PON oczekiwane jest utrzymanie do 2020 r. poboru mocy przez sieć w granicach 10÷15 W na użytkownika mimo podwyższania parametrów usługi [7].

Jednak, czy naprawę NGA oferują coraz więcej bez wzrostu zużycia energii? Nie, pomija się bowiem:

- zakup przez abonentów, po uzyskaniu szybkiego dostępu do internetu, nowych urządzeń, jak: zestawy komputerowe, odbiorniki TV, zestawy kina domowego z dostępem do internetu, konsole do gier i głośniki lub ich wymianę na nowe modele o lepszych parametrach i zwykle bardziej energochłonne,
- wzrost intensywności użytkowania tych urządzeń w związku z rozszerzonym dostępem do atrakcyjnych treści z sieci: muzyki, informacji, gier czy filmów.

Wzrost zużycia energii przez urządzenia przyłączane do NGA, chociaż jest poza siecią telekomunikacyjną, to jest związany z jej istnieniem. Został zauważony już w znanym raporcie ITU-T z 2007 r. [8], jednak większość analiz go pomija.

W niniejszym artykule zostaną oszacowane konsekwencje energetyczne i środowiskowe upowszechnienia szybkiego dostępu szerokopasmowego w Polsce. Prezentowane dane dotyczą tylko wzrostu zużycia energii przez gospodarstwa domowe, czasami celowo nieco przejawione, by stanowiły ostrzeżenie.

## Założenia

W dalszej części, analizując zużycie energii przez urządzenia, ograniczono się do: komputerów osobistych, zestawów kina domowego, odbiorników TV, odtwarzaczy DVD i BR, konsoli do gier itp., których wyposażenie w dostęp do sieci i możliwość ściągania z niej treści wpływa na sposób i intensywność używania. Pominięto „internet rzeczy” (przyłączenie do sieci także wszystkich pozostałych urządzeń domowych), zakładając, że ich obecność w gospodarstwie domowym i pobór energii nie ulegną istotnej zmianie.

Sytuacja zmieni się po rozpowszechnieniu, np. sterowanych urządzeń ogrzewania i klimatyzacji lub ładowania samochodów elektrycznych, których działanie będzie adaptowane do aktualnego i przewidywanego obciążenia sieci energetycznej, planowanej pory powrotu domowników z pracy itp. Oszczędności energii elektrycznej lub gazu na ogrzewanie oraz redukcja szczytowego obciążenia sieci energetycznej mogą wtedy pośrednio radykalnie poprawić bilans energetyczny NGA. Tego rodzaju analiza nie jest przedmiotem niniejszego artykułu, ograniczonego do efektów bezpośrednich.

Do modelowania zużycia energii przez abonentów NGA ustalono trzy scenariusze, różniące się skalą inwestycji gospodarstwa domowego w urządzenia przyłączone do sieci. Zachowanie abonentów będzie bardzo zależało od atrakcyjności oferty usług i treści cyfrowych w następstwie przyłączenia do NGA. Przykładowo, bogata oferta filmów w formacie Full HD wzmoże popyt na duże odbiorniki TV – zwykle z interfejsem sieciowym i twardym dyskiem, a gier sieciowych - na wysokiej jakości monitory i wydajne (oraz prądożerne) karty graficzne nowej generacji. Brak przytoczonych usług będzie się wiązał z większym zainteresowaniem dużymi twardymi dyskami do przechowywania plików multimedialnych, ściąganych z sieci p2p i serwisów w rodzaju Rapidshare.

### Scenariusz A (bazowy)

- Gospodarstwo domowe użytkuje 1 zestaw komputerowy przyłączony do NGA.
- Komputer kupiono w związku z dostępnością nowych usług przez NGA (gry, IPTV, ściąganie fil-

mów, e-booków, ...); nie zastępuje on wcześniej posiadanego. Cały pobór energii przez komputer i urządzenia peryferyjne „obciąża konto” nowej sieci.

- Intensywność użytkowania komputera: 5 h dziennie.
- Nie uwzględnia się innych urządzeń niż sprzęt komputerowy i zakończenie sieciowe.

#### Scenariusz B (energochłonny)

- Gospodarstwo użytkuje 1 nowy komputer przyłączony do NGA, jak w scenariuszu A.
- Zakupiono podłączone do NGA: telewizor z twardym dyskiem i konsolę do gier. Złomowano stary telewizor, który miał identyczny pobór mocy w stanie pracy, ale niższy w stanie gotowości (tablica 1).
- Intensywność używania komputera: 6 h dziennie, konsoli do gier: 2 h. Czas używania telewizora wydłużył się z 4 h do 6 h dziennie. Przez 12 h dziennie pracuje co najmniej jedno urządzenie, wliczając w to ściąganie danych z sieci bez udziału domowników.

#### Scenariusz C (oszczędny)

- Posiadany komputer ma odpowiednie parametry, ale po przyłączeniu do sieci jest używany bardziej intensywnie, lub
- Posiadany wcześniej komputer nie miał parametrów (pojemność dysku, wydajność procesora, wymiary monitora itp.) odpowiednich do nowych usług, np. gier. Został wymieniony na nowy o większym poborze mocy; jest też używany bardziej intensywnie.
- Wzrost zużycia energii związany z przyłączeniem do NGA: 50% zużycia ze scenariusza A.

Założenia przyjęte w scenariuszach B i C nie są ekstremalne. Przyłączeniu do NGA może towarzyszyć zakup 2 nowych PC dla różnych członków rodziny lub używanie jednego 12 h dziennie do pracy w domu i celów prywatnych lub używanie istniejącego w dotychczasowym wymiarze.

Pominięto wszelkie urządzenia przenośne (odtwarzacze MP3, laptopy, smartfony, konsole do gier), zakładając że ich popularność i intensywność używania w małym stopniu zależą od posiadania szybkiego dostępu stałego. Do urządzeń domowych zaliczono natomiast zakończenie sieciowe (ONT) sieci FTTH, stanowiące element publicznej sieci telekomunikacyjnej, ale zawsze zasilany lokalnie. W szerokopasmowych sieciach dostępowych innego typu, jak VDSL lub sieci telewizji kablowej DOCSIS 3.0 występują odpowiedniki funkcjonalne ONT, również zasilane lokalnie z sieci energetycznej u abonenta.

Wobec różnorodności sprzętu komputerowego i audiowizualnego, szacunki poboru mocy przez te urządzenia są tylko zgrubne, obserwuje się ponadto szybkie zmiany w kolejnych generacjach wyrobów. Niestety, obok spadku poboru mocy przez m.in.:

- monitory LCD (30÷75 W), które zastąpiły CRT (75÷150 W),
- duże telewizory LCD (80÷130 W), które wyparły odbiorniki plazmowe (150÷350 W),
- twarde dyski nowej generacji (4÷10 W wobec 10÷20 W w 2005 r.),

nastąpił wzrost energochłonności wydajnych kart graficznych - nawet do 500 W i względna stabilizacja w przypadku procesorów. Komisja Europejska zwróciła uwagę na pobór mocy (1÷30 W) przez urządzenia w stanie „czuwania”, obecnie często z czynnym interfejsem sieciowym i twardym dyskiem.

Dość powszechne jest pozostawianie włączonego komputera przez całą dobę by zaoszczędzić 1÷5 minut na uruchomienie go. Mimo minimalnego obciążenia procesora i karty graficznej, zestaw komputerowy pobiera wtedy 30÷80 W, zależnie od konfiguracji.

Przyjęte do obliczeń dane dotyczące poboru mocy zestawiono w tabelicy 1.

**Tabl. 1. Pobór mocy przez urządzenia konsumenckie**

Urządzenie	Pobór mocy – praca [W]	Pobór mocy – czuwanie [W]
Komputer PC	140	70 (*)
Monitor LCD 21"	40	2 (*)
Głośniki do komputera	10	5
Konsola do gier	100	5
Odbiornik TV (nowy)	120	20
Odbiornik TV (stary)	120	5
Zakończenie sieciowe ONT	20 (**)	20 (**)

(\*) Włączony, ale nie używany. Monitor wygaszony przez system operacyjny. Pobór mocy przez zestaw komputerowy wyłączony: 0 W.  
(\*\*) Czynne 24 h na dobę.

## Gospodarstwo domowe

W tablicach 2 i 3 przedstawiono wyniki obliczeń rocznego zużycia energii elektrycznej w gospodarstwie domowym związane z korzystaniem z usług dostępnych przez NGA. Przyjęto: 1 rok = 365 dni = 8760 h; cena detaliczna energii elektrycznej brutto: 0,70 zł/kWh (RWE, Warszawa, maj 2012).

**Tabl. 2. Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh] i pobór mocy związany z NGA [W], przy wyłączeniu nieużywanego komputera**

Urządzenie	Scenariusz A		Scenariusz B		Scenariusz C	
	Praca	Czuwanie	Praca	Czuwanie	Praca	Czuwanie
Zestaw PC	346,8	0,0	416,1	0,0	173,4	0,0
Konsola do gier	----	----	73,0	40,2	----	----
Odbiornik TV	----	----	84,0	98,5	----	----
ONT	36,5	138,7	87,6	87,6	36,5	138,7
Suma	383,3	138,7	660,7	226,3	209,9	138,7
Zużycie razem	<b>522,0</b>		<b>887,0</b>		<b>348,6</b>	
Koszt energii [zł]	<b>365,40</b>		<b>620,90</b>		<b>244,02</b>	
Pobór mocy	210	20	430	40	210	20

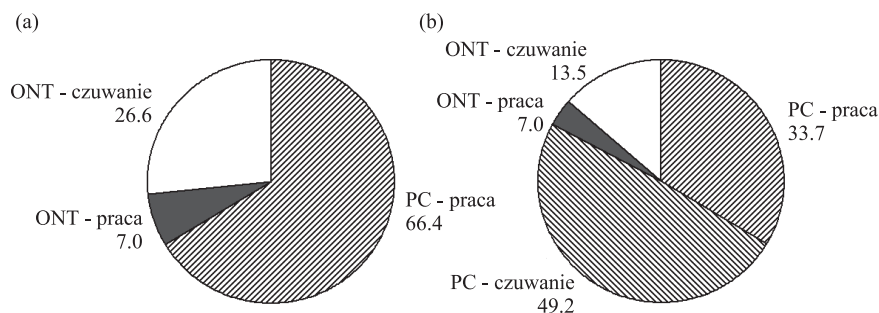
Duży udział ONT w zużyciu energii: 33,6% (scen. A – rys. 1a), 19,8% (scen. B – rys. 2a) i 39,8% (C) tłumaczy zainteresowanie producentów i organizacji normalizacyjnych optymalizacją jego konstrukcji oraz wprowadzaniem trybów pracy o zredukowanym zakresie funkcji i poborze mocy [9]. Całkowite wyłączenie ONT zwykle nie jest możliwe, m.in. z powodu wymaganej ciągłości usługi telefonicznej i nadzoru pracy sieci.

Brak nawyku wyłączania nie używanego komputera dużo kosztuje. W tabelicy 3 doliczono zużycie energii przez zestaw komputerowy w tym stanie: w scenariuszach A i B w 100%, w scenariuszu C w 50%.

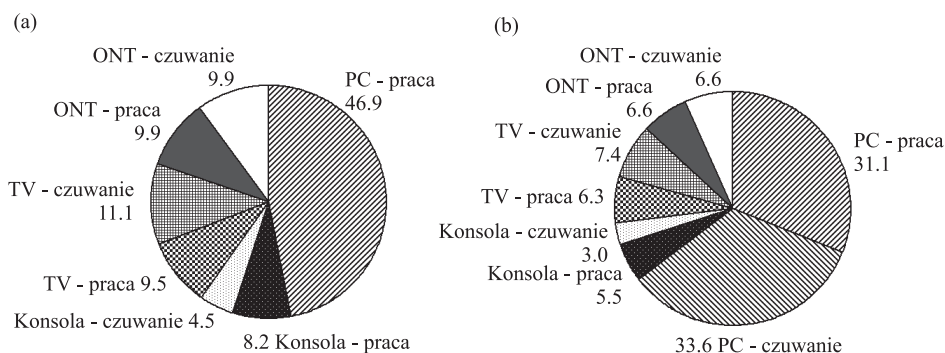
**Tabl. 3. Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh] i pobór mocy związany z NGA [W], bez wyłączenia komputera**

Urządzenie	Scenariusz A		Scenariusz B		Scenariusz C	
	Praca	Czuwanie	Praca	Czuwanie	Praca	Czuwanie
Zestaw PC	346,8	505,9	416,1	449,7	173,4	252,9
Konsola do gier	----	----	73,0	40,2	----	----
Odbiornik TV	----	----	84,0	98,5	----	----
ONT	36,5	138,7	87,6	87,6	36,5	138,7
Suma	383,3	644,6	660,7	676,0	209,9	361,7
Zużycie razem	<b>1027,9</b>		<b>1336,7</b>		<b>601,6</b>	
Koszt energii [zł]	<b>719,53</b>		<b>935,69</b>		<b>421,12</b>	
Pobór mocy	210	97	430	117	105	68

Strukturę związanego z NGA wzrostu zużycia energii pokazano na rys. 1 i 2. Marnotrawstwo energii w stanie czuwania jest najbardziej widoczne przy zestawie urządzeń ograniczonym do PC i ONT (scenariusz A), a traci na znaczeniu przy obecności urządzeń dodatkowych w scenariuszu B.



Rys. 1. Struktura zużycia energii [%] w warunkach podanych w scenariuszu A: a) z wyłączaniem komputera; b) bez wyłączania komputera



Rys. 2. Struktura zużycia energii [%] w warunkach podanych w scenariuszu B: a) z wyłączaniem komputera; b) bez wyłączania komputera

W scenariuszach A i B miesięczny koszt energii, odpowiednio 60 zł i 78 zł staje się istotnym dodatkiem do kosztów usług NGA. Koszt energii zużytej podczas 5-letniej eksploatacji niewyłączonego komputera w scenariuszu A (3598 zł) przekracza średni koszt jego zakupu. Narzekający na forach internetowych na chciwość operatorów nie wspominają tej kwestii...

W ciągu 20-letniego okresu amortyzacji sieci FTTH użytkownik zapłaci 14391 zł licząc po obecnych cenach, w tym prawie 3000 zł podatków: VAT i akcyzowego. Szacunkowy koszt przyłączenia abonenta do sieci FTTH w kraju to również około 3000 zł [10].

## Gospodarka narodowa

Konsekwencje energetyczne upowszechnienia szybkiego dostępu szerokopasmowego w kraju rozpatrzono dla dwóch, różnych ilościowo ich użytkowników.

Wariant 1 – docelowa penetracja 18%, wyznaczona z analiz socjoekonomicznych [11],

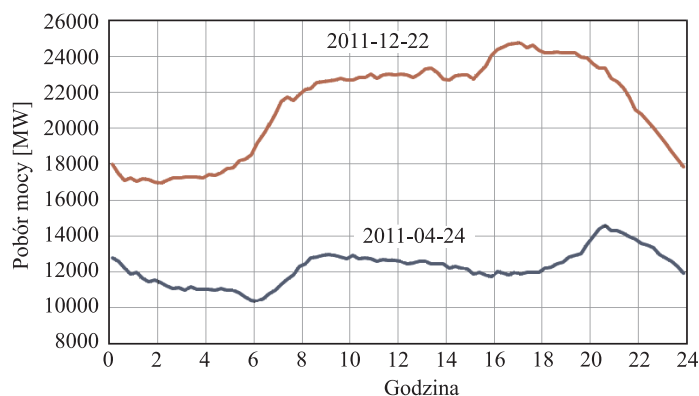
Wariant 2 – docelowa penetracja 30%, bliżej poziomu nasycenia w Europie Zachodniej (35÷40%).

Przy 37,5 mln mieszkańców Polski oznacza to odpowiednio 6,75 i 11,25 mln użytkowników. Do dalszych analiz przyjęto następujące zachowania abonentów NGA:

- po 1/3 abonentów zachowuje się zgodnie z jednym ze scenariuszy A, B i C,
- 25% użytkowników nie wyłącza nigdy komputera,
- w godzinie szczytu czynnych jest równocześnie maksymalnie 75% urządzeń.

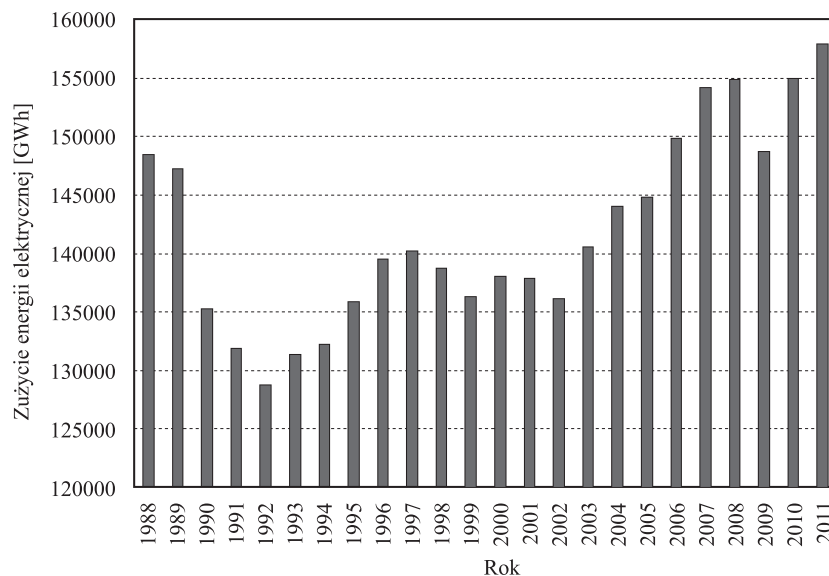
Średnia wartość szczytowego poboru mocy w gospodarstwie domowym związana z NGA wynosi 199 W, a rocznego zużycia energii 686,6 kWh.

Obciążenie sieci energetycznej przez urządzenia domowe uruchamiane po powrocie z pracy lub szkoły jest skoncentrowane w godzinach szczytu wieczornego, między godziną 18 a 22, (rys. 3), co jest bardzo niekorzystne. W tej porze dnia trudno liczyć na energetykę odnawialną. Po zachodzie słońca przestają działać ogniwa fotowoltaiczne. Siła wiatru, od której zależy produkcja energii w elektrowniach wiatrowych zwykle osiąga maksimum w środku dnia, a po zmierzchu słabnie [13] - jednak dane dla poszczególnych lokalizacji bardzo się różnią.



Rys. 3. Dobowa krzywa obciążenia sieci energetycznej w Polsce. Dane dla dni maksymalnego i minimalnego obciążenia w 2011 r. [12]

Zużycie energii elektrycznej w Polsce (rys. 4) rośnie od 2002 r. [12] i przewiduje się utrzymanie tej tendencji [15]. Od zimy 2011/2012 r. krajowy system elektroenergetyczny praktycznie nie ma już rezerw mocy [14]. Pokrycie dodatkowego zapotrzebowania będzie wymagało budowy nowych elektrowni. W dalszych rozważaniach założono, że dodatkowa energia będzie pochodziła z elektrowni węglowych lub gazowych.



Rys. 4. Zużycie energii elektrycznej w Polsce w latach 1988-2011 [12]

Do obliczeń przyjęto następujące dane:

- koszt budowy bloku energetycznego na węgiel (bez sieci przesyłowych): 6 mln zł/MW [15],
- koszt budowy bloku energetycznego na gaz ziemny (bez sieci przesyłowych): 3,5 mln zł/MW [15,16],
- zużycie paliwa w elektrowni węglowej: 0,40 t/MWh i emisja CO<sub>2</sub>: 0,95 t/MWh [14,17,18],
- cena węgla kamiennego (miał energetyczny): 380 zł/t,
- zużycie paliwa w elektrowni gazowej: 172 m<sup>3</sup>/MWh (0,123 t/MWh) i emisja CO<sub>2</sub>: 0,34 t/MWh [19],
- cena gazu ziemnego wysokometanowego GZ-50 [20] dla przemysłu: 1,30 zł/m<sup>3</sup> (1816 zł/t) [21].

Dane o zużyciu paliwa i emisji elektrowni węglowych są przeciętnymi wskaźnikami dla obiektów obecnie eksploatowanych o sprawności około 38% [14,17,18]. Przyjęto je ponieważ nawet po zbudowaniu nowych elektrowni, większość dodatkowej energii wytworzą obiekty już istniejące. Sprawność nowoczesnych elektrowni węglowych przekracza 45% [16,18].

Dla stanowiących nowość w polskiej energetyce elektrowni gazowych, dane dotyczą obiektów budowanych w kombinowanym układzie gazowo-parowym (*combined cycle gas turbine* - CCGT), o typowej sprawności 53-57% [16,21].

Dane o typowych cenach paliw w kraju pochodzą z maja 2012 r.

Wyniki obliczeń zestawiono w tabelicy 4.

**Tabl. 4. Wybrane konsekwencje energetyczne, ekonomiczne i ekologiczne budowy NGA**

Penetracja docelowa [%]	18 (Wariant 1)		30 (Wariant 2)	
	Węgiel	Gaz	Węgiel	Gaz
Paliwo dla elektrowni				
Wzrost szczytowego obciążenia sieci [MW]	1343		2239	
Nowe moce zainstalowane (*) [MW]	1791		2985	
Koszt budowy nowych elektrowni [mld zł]	10,75	6,27	17,91	10,45
Wzrost zużycia energii elektrycznej [GWh]	4635		7724	
Wzrost zużycia energii elektrycznej (**) [%]	2,94		4,90	
Roczny koszt energii elektrycznej [mld zł]	3,244		5,407	
Roczne zużycie paliwa [mln t]	1,854	0,570	3,090	0,950
Roczny koszt paliwa [mld zł]	0,704	1,035	1,174	1,725
Wzrost emisji CO <sub>2</sub> (rocznie) [mln t]	4,403	1,576	7,338	2,626
Wzrost emisji CO <sub>2</sub> (***) [%]	1,36	0,49	2,27	0,81
(*)): 80% współczynnik obciążenia bloków energetycznych, 5% strat w sieci przesyłowej.				
(**): względem zużycia w 2011 r. wynoszącego 157 910 GWh [12].				
(***)): względem emisji w 2008 r. równej 323,9 mln t.				

W przypadku budowy elektrowni gazowych zamiast węglowych, emisja CO<sub>2</sub> i koszty budowy elektrowni spadną, lecz wzrosną koszty paliwa, którego dystrybucja wymaga też dość kosztownej rozbudowy sieci gazociągów. Koszt elektrowni atomowych jest jeszcze wyższy: od 12 do 14 mln zł/MW [15].

## Bilans ekonomiczny

Warto porównać koszty związane z dodatkowym zużyciem energii przez urządzenia u abonentów przyłączone do NGA i koszt ich zakupu z kosztami budowy i modernizacji w okresie życia sieci szerokopasmowej. Szacunek wykonany dla penetracji szybkiego internetu równej 30% zaprezentowano w tabelicy 5 oraz na rys. 5, przyjmując koszt przyłączenia abonenta do sieci FTTH równy 2500 zł.

Okres eksploatacji i amortyzacji stałej sieci telekomunikacyjnej jest zwykle ustalony na 20 lat. Założono 2-krotną wymianę urządzeń aktywnych w tym czasie, tj. co 6÷7 lat, bez istotnych nakładów na modyfikacje części pasywnej. Koszty urządzeń centralowych (OLT) i abonenckich (ONU) oraz związanych prac projektowych i montażu są szacowane na średnio 40÷50% całkowitego kosztu budowy NGA [22,23]. Przyjęto, że 2-krotna modernizacja sieci pochłonie 90% kosztów początkowych.

Pominięto zużycie energii przez urządzenia NGA u operatora telekomunikacyjnego, zakładając że zastąpią one elementy wcześniej istniejących sieci dostępowych. W sieciach FTTH-PON zdecydowaną większość energii elektrycznej (70÷90%) zużywają uwzględnione w analizie urządzenia abonenckie (ONT).

Przy orientacyjnych cenach brutto (z maja 2012 r.): zestawu komputerowego: 2500 zł, odbiornika HDTV: 3000 zł, stacjonarnej konsoli do gier 1000 zł, koszt ważony urządzeń przy jednakowym praw-



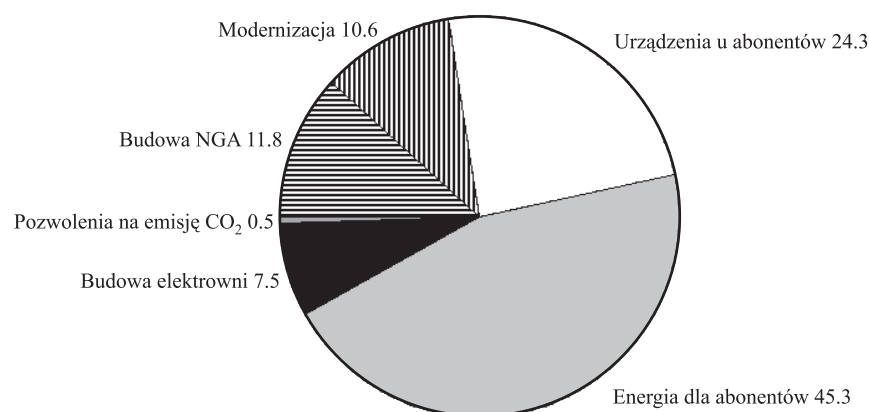
dopodobieństwie scenariuszy A, B i C wynosi 2583 zł. Czas eksploatacji tego rodzaju urządzeń elektronicznych zawiera się w granicach 5÷12 lat. Ostrożnie przyjęto, że w ciągu 20 lat nastąpi ich jednokrotna wymiana.

Na podstawie wyników badań rynku z lat 2010, 2011 [24,25] można oszacować akceptowany przez masowego klienta w Polsce poziom opłat za szerokopasmowy internet na 60 zł miesięcznie, a za pakiet internet + TV na 100 zł miesięcznie. Jeśli 2/3 abonentów wybierze pierwszą opcję, a 1/3 drugą, średnia opłata abonenta wyniesie 880 zł rocznie.

Nawet uproszczone obliczenia nie uwzględniające kosztów kredytu, zmian cen, itp. stawiają kwestię opłacalności inwestycji telekomunikacyjnych w nowej perspektywie.

**Tabl. 5. Wybrane wskaźniki ekonomiczne budowy i 20-letniej eksploatacji NGA w Polsce [mld zł]**

Koszt budowy NGA	28,12
Koszty 2-krotnej modernizacji NGA	25,31
Przychody ze sprzedaży usług	198,00
Podatek VAT (23%) od usług jw.	37,02
Koszt urządzeń u abonentów NGA	58,10
Podatek VAT (23%) od urządzeń jw.	10,86
Koszt energii elektrycznej dla abonentów	108,1
Podatki (VAT + akcyza) w wydatkach jw.	21,63
Koszt budowy elektrowni (węglowych)	17,91
Koszt pozwoleń na emisję CO <sub>2</sub> (*)	1,14
Emisja CO <sub>2</sub> z elektrowni węglowych wyniesie 146,8 [mln t]	
(*) : koszt 6,57 EUR/t C = ~7,74 zł/t CO <sub>2</sub>	



**Rys. 5. Struktura 20-letnich kosztów budowy i użytkowania NGA [%]**

Koszty zapewnienia powszechnego stałego dostępu szerokopasmowego obciążą również energetykę. Abonenci NGA mogą obawiać się wysokich rachunków zarówno za usługi telekomunikacyjne (o czym wiedzą), jak i za energię elektryczną (o czym raczej nie wiedzą).

## Czy e-book jest zielony?

Skoro budowa sieci NGA jest prezentowana jako inwestycja w „zieloną” przyszłość, to czy, np. zastępowanie książek, czasopism i dokumentów papierowych przez pliki cyfrowe przyczynia się do ochrony środowiska, a więc czy np. e-book jest „zielony”?

Przykład z tablicy 6 dotyczy długiej książki czytanej w wersji elektronicznej przez 30 h na 2 urządzeniach zasilanych energią z elektrowni węglowej i dla porównania w wersji papierowej.

Bateria w czytniku Amazon Kindle 3 ma pojemność 6,5 Wh (3,7 V; 1,75 Ah). Przy czasie pracy 30 h – bardzo zależnym od ustawień i trybu pracy, oraz sprawności ładowania 50%, średni pobór mocy z sieci wyniesie 0,43 W.

Używanie PC wyłącznie do czytania plików z książkami wiąże się z niskim obciążeniem i przyjęto pobór mocy 75 W, bliski stanowi bezczynności.

Emisja CO<sub>2</sub> związana z produkcją papieru do druku książek i czasopism jest szacowana w zakresie 1,1÷2,2 kg/kg. Do obliczeń przyjęto większą wartość, podaną przez EPA [26].

**Tabl. 6. Porównanie energetyczne i ekologiczne książki papierowej i elektronicznej**

Sposób czytania	Tradycyjny	PC	Kindle 3
Pobór mocy w czasie czytania [W]	0	75	0,43
Zużycie energii elektrycznej [kWh]	0	2,25	0,013
Koszt energii elektrycznej [zł]	0	1,58	0,01
Zużycie węgla przez elektrownie [kg]	0	0,90	0,005
Zużycie papieru do druku książki [kg]	0,85	0	0
Emisja CO <sub>2</sub> [kg]	1,87	2,14	0,013

Czytanie na typowym PC „zielone” nie jest, natomiast przeznaczone specjalnie do tego celu czytniki o niskim poborze mocy mogą stanowić przełom. Faktyczne różnice są znacznie redukowane przez podobne w każdym przypadku zużycie energii na oświetlenie miejsca do czytania.

## Wnioski

Bez działań zaradczych, modernizacja gospodarstw domowych pobudzona przez powszechny dostęp do szybkiego internetu spowoduje znaczący wzrost zużycia energii elektrycznej. W przypadku jej produkcji z paliw kopalnych nastąpi wzmożenie szkodliwego oddziaływania na środowisko, m.in. wskutek emisji CO<sub>2</sub>.

Kwestia rosnącego zużycia energii przez domowe urządzenia elektroniczne jest tylko częściowo związana z budową sieci szerokopasmowych; inny powód to chociażby wprowadzenie wielkoformatowych odbiorników HDTV. Szacunki przedstawione w artykule oraz fakt wyczerpania w 2011 r. rezerw mocy w krajowym systemie energetycznym [14] stanowią powód do szukania środków zaradczych.

Trzeba doprowadzić, np. przez:

- edukację użytkowników,
- zakaz sprzedaży urządzeń bez trybu pełnego wyłączenia,

- restrykcyjną certyfikację,
- dodatkowe opodatkowanie energochłonnych produktów,

do obniżenia zużycia energii przez komputery osobiste, zestawy kina domowego i inne urządzenia elektroniczne powszechnego użytku. Indywidualni użytkownicy są niestety podatni na zabiegi marketingowe i przykłady otoczenia skłaniające do zakupów „wypasionej” i prądożernego sprzętu. Pomóc mogłoby obowiązek podawania w reklamach i punktach sprzedaży kosztu energii zużywanej przez urządzenie w ciągu całego okresu eksploatacji, a więc całkowitego kosztu dla klienta. Możliwe jest także oferowanie wyposażenia mieszkania w czujnik zamknięcia drzwi na klucz, wyłączający zbędne urządzenia podczas nieobecności domowników.

Istnieje też drugi wymiar ekonomiczny pokrycia Polski siecią szerokopasmową. Same wpływy z VAT za usługi telekomunikacyjne, energię oraz nowe komputery, telewizory i inne urządzenia u abonentów (69,5 mld zł) ponad 2-krotnie przekroczą nakłady inwestycyjne potrzebne na budowę sieci w najdroższym wariantcie FTTH. Oczekiwane zyski uzasadniają zaangażowanie dużych środków publicznych w finansowanie budowy NGA.

Widać tu analogię do efektów rządowego programu budowy darmowych autostrad międzystanowych, przyjętego w USA w 1956 r. [27]. W jego ramach alokowano 25 mld USD na budowę 66 000 km bezpłatnych autostrad w latach 1957-69; poniesione nakłady zwróciły się ze zwiększonych podatków od sprzedaży paliw i samochodów.

## Bibliografia

- [1] Pickavet M. et al.: *Energy footprint of ICT*. Proc. Broadband Europe, Antwerpia, Dec. 3-6, 2007
- [2] Vereecken W. et al.: *Estimating and mitigating the energy footprint of ICTs*. ITU-T Focus Group on ICTs and Climate Change. Study Period 2005 - Contribution 24, September 2008
- [3] Klein T. E.: *Next-generation energy efficient networks: Overview of the GreenTouch Consortium*. KAIST Workshop, September 2011.
- [4] Vetter P.: *Directions for energy efficient optical access*. 2nd Annual Workshop on Photonic Technologies for Access and Biophotonics, Stanford, USA, January 31, 2011
- [5] Baliga J., Ayre R., Sorin W., Hinton K., Tucker R.: *Energy consumption in access networks*. Proc. OFC/NFOEC 2008, referat OThT6, February 24-28, 2008, San Diego, USA
- [6] Skubic B., Lindström A., Dahlfort S.: *Power efficiency of next-generation optical access architectures*. Proc. OFC/NFOEC 2010, referat OTuO5, March 21-25, 2010, San Diego, USA
- [7] Kilper D. et al.: *Power trends in communication networks*. IEEE Journ. Selected Topics Quantum Electron., Vol. 17, No. 2, s. 275-284 (2011)
- [8] ITU-T Technology Watch Report 3: *ICTs and climate change*, December 2007
- [9] ITU-T G.988: *ONU management and control interface (OMCI) specification (10/2010)*
- [10] Dialog S.A.: *Wdrożenie innowacyjnych usług w oparciu o sieć dostępową w technologii pasywnej sieci optycznej PON*. Wrocław, 26 listopada 2009
- [11] Strużak R.: *Broadband Internet in EU countries: Limits to growth*. IEEE Commun. Magazine, vol. 48, No. 4, pp. 52-57, April 2010
- [12] *Zestawienie danych ilościowych dotyczących funkcjonowania KSE w 2011 roku*. Polskie Sieci Elektroenergetyczne Operator S.A., 2012 r. [http://www.pse-operator.pl/index.php?dzid=171&did=1053#r6\\_3](http://www.pse-operator.pl/index.php?dzid=171&did=1053#r6_3)

- [13] Sinden G.: *Wind power and the UK wind resource*. University of Oxford, Environmental Change Institute, 2005
- [14] Gabryś H.: *Elektroenergetyka w Polsce roku 2012 w świetle bilansu energii za 2011 rok i nie tylko*. Energetyka, marzec-kwiecień 2012, s. 139-141
- [15] *Polska Energetyka 2011 - raport*. Dom Maklerski PKO, 27 września 2011
- [16] *Sektor gazowy a energetyka*. ING Bank Śląski, PwC, maj 2012
- [17] U.S. Department of Energy, Environmental Protection Agency: *Carbon dioxide emissions from the generation of electric power in the United States*. Washington, DC, USA, July 2000
- [18] International Energy Agency - Coal Industry Advisory Board: *Power generation from coal*, 2010. [http://www.iea.org/ciab/papers/power\\_generation\\_from\\_coal.pdf](http://www.iea.org/ciab/papers/power_generation_from_coal.pdf)
- [19] *Elektrownia Grudziądz*. Energa Invest, 2012. <http://www.elektrowniagrudziadz.pl>
- [20] *Gaz ziemny*. Izba Gospodarcza Gazownictwa. <http://www.igg.pl/1/node/91>
- [21] *Taryfa dla paliw gazowych PGNiG S.A. - Część A: Taryfa w zakresie dostarczania paliw gazowych Nr 5/2012*. Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo, kwiecień 2012
- [22] Garvey P.: *Making cents of it all - costs/key drivers for profitable FTTH*. Proc. FTTH Council Conference, Las Vegas, USA, October 3-6, 2005
- [23] Lannoo B.: *Techno-economics of optical access networks*. Proc. 3rd Future Internet Cluster Workshop "Socio-Economics of the Network of the Future", Brussels, Belgium, October 18, 2010
- [24] Urząd Komunikacji Elektronicznej: *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w Polsce w 2011 roku*. Warszawa, czerwiec 2012 r.
- [25] PBS DGA i CBM Indicator: *Rynek telekomunikacyjny w Polsce w 2010 roku - klienci indywidualni*. Sopot, grudzień 2010 r.
- [26] U.S. Environmental Protection Agency: *EPA's waste reduction model - paper products*. Washington, D.C., USA, 2010. <http://www.epa.gov/climatechange/wycd/waste/downloads/paper-products10-28-10.pdf>
- [27] *Federal-aid highway act of 1956*. June 29, 1956

### Krzysztof Borzycki



Dr inż. Krzysztof Borzycki (1959) – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (1982); doktor nauk technicznych (2006, IŁ); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1982); pracownik laboratorium badawczo-rozwojowego firmy Ericsson Telecom w Szwecji (2001–2002); specjalista w zakresie badań kabli i włókien światłowodowych, osprzętu i systemów transmisyjnych; uczestnik europejskich programów badawczych COST-270, COST-299 i NEMO; wykładowca oraz instruktor w zakresie telekomunikacji optycznej; przedstawiciel IŁ w Polskim Komitecie Normalizacyjnym i IEC TC86. Aktualnie zaangażowany w opracowanie systemów monitoringu technicznego dla telekomunikacyjnych sieci kablowych (projekty SPOT i SMIT). Autor 60 publikacji i 2 patentów; tłumacz języka angielskiego; zainteresowania naukowe: telekomunikacja optyczna, kable i włókna światłowodowe, miernictwo optyczne, badania kabli i osprzętu, dyspersja polaryzacyjna.

e-mail: K.Borzycki@itl.waw.pl