



# ODKRYJ DZIEŁA INŻYNIERÓW

ILUSTROWANY PRZEWODNIK TERENOWY  
PO INFRASTRUKTURZE TECHNICZNEJ

GRADY HILLHOUSE

Helion 



Tytuł oryginału: *Engineering in Plain Sight: An Illustrated Field Guide to the Constructed Environment*

Tłumaczenie: Krzysztof Bąbol

ISBN: 978-83-289-1008-9

Copyright © 2022 by Grady Hillhouse.

Title of English-language original: *Engineering in Plain Sight: An Illustrated Field Guide to the Constructed Environment*, ISBN 9781718502321, published by No Starch Press Inc. 245 8th Street, San Francisco, California United States 94103.

The Polish-language 1st edition Copyright © 2025 by Helion S.A. under license by No Starch Press Inc. All rights reserved.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/oddzin>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)

WWW: <https://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

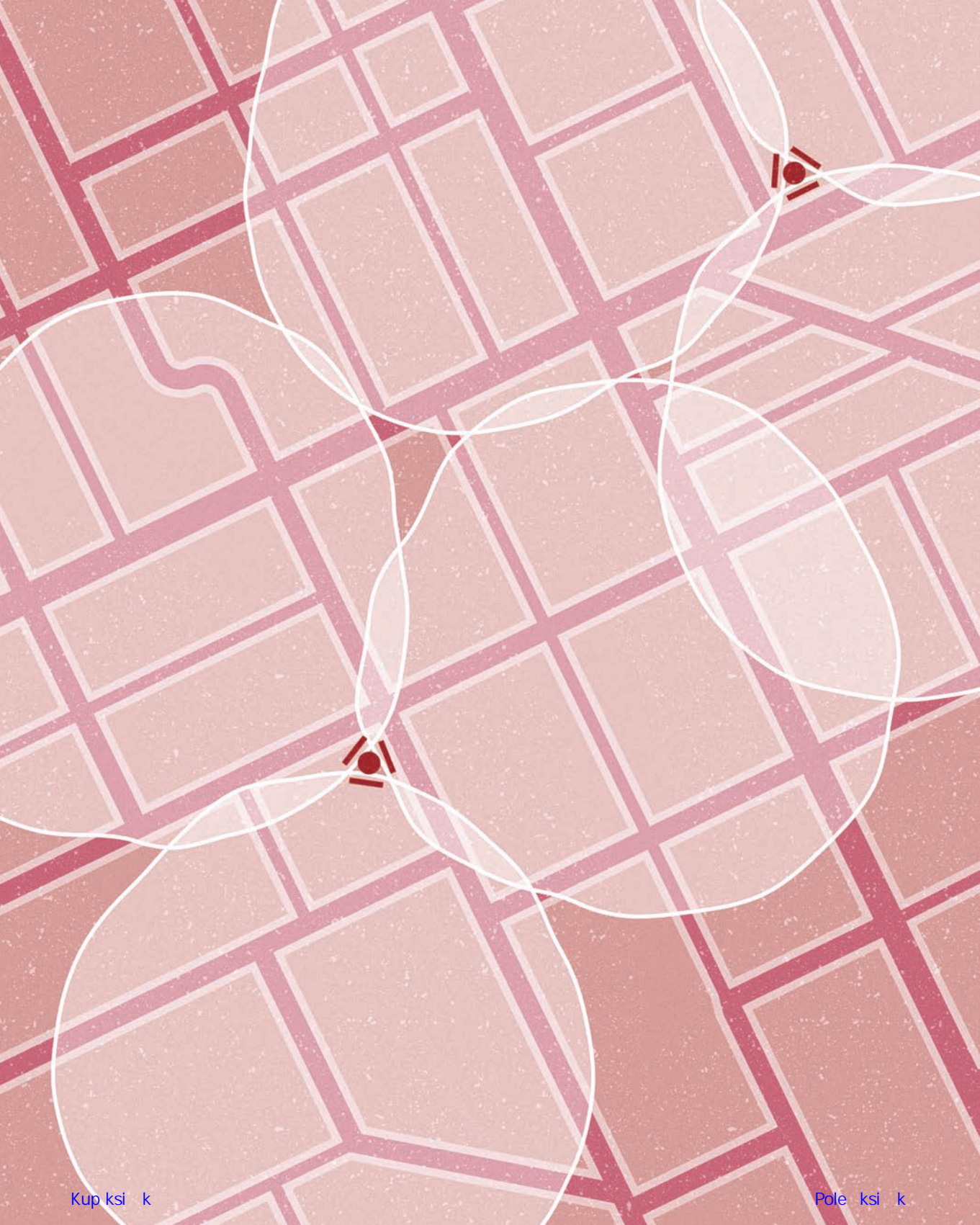
# Spis treści

---

Wprowadzenie	viii
<b>1 Sieć elektryczna</b>	<b>1</b>
Wprowadzenie	1
Ogólny zarys sieci elektrycznej	3
Elektrownie ciepłe	7
Farmy wiatrowe	11
Słupy przesyłowe	15
Elementy linii przesyłowych	19
Stacje elektroenergetyczne	23
Wyposażenie stacji	27
Typowy słup teleenergetyczny	31
Sprzęt do dystrybucji energii elektrycznej	35
<b>2 Komunikacja</b>	<b>39</b>
Wprowadzenie	39
Napowietrzna sieć telekomunikacyjna	41
Podziemna sieć telekomunikacyjna	45
Maszty nadawcze	49
Telekomunikacja satelitarna	53
Komunikacja w sieciach komórkowych	57
<b>3 Drogi</b>	<b>61</b>
Wprowadzenie	61
Miejskie arterie komunikacyjne i drogi zbiorcze	63
Infrastruktura przeznaczona dla pieszych i rowerzystów	67
Sygnalizacja świetlna	71
Znaki drogowe pionowe i poziome	75
Prace ziemne przy drogach i ściany oporowe	79
Typowy przekrój drogi	83
Typowy układ drogi szybkiego ruchu	87
Węzły drogowe	91

<b>4</b>	<b>Mosty i tunele</b>	<b>95</b>
	Wprowadzenie	95
	Typy mostów	97
	Przekrój typowego mostu	101
	Tunele w ogólnym zarysie	105
	Przekrój tunelu	109
<b>5</b>	<b>Kolej</b>	<b>113</b>
	Wprowadzenie	113
	Drogi kolejowe	115
	Rozjazdy i semafor	119
	Przejazdy kolejowo-drogowe	123
	Zelektryfikowane linie kolejowe	127
<b>6</b>	<b>Zapory, wały przeciwpowodziowe i konstrukcje przybrzeżne</b>	<b>131</b>
	Wprowadzenie	131
	Konstrukcje zabezpieczenia brzegu	133
	Porty	137
	Śluzy	141
	Wały i mury przeciwpowodziowe	145
	Zapory betonowe	149
	Zapory ziemne	153
	Przelewy i upusty	157
<b>7</b>	<b>Wodociągi i kanalizacja</b>	<b>161</b>
	Wprowadzenie	161
	Ujęcia wody i stacje pomp	163
	Studnie	167
	Wodociągi przesyłowe i akwedukty	171
	Stacje uzdatniania wody	175
	Systemy dystrybucji wody	179

Wieże ciśnień i zbiorniki wodne	183
Kanalizacja sanitarna i przepompownie	187
Oczyszczalnie ścieków	191
Zbieranie wód deszczowych	195
<b>8 Budowa</b>	<b>199</b>
Wprowadzenie	199
Typowy plac budowy	201
Żurawie	205
Maszyny budowlane	209
Podziękowania	213
Słowniczek	215



# 2

## KOMUNIKACJA

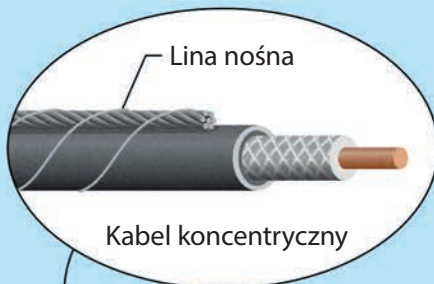
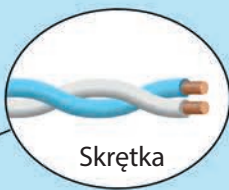
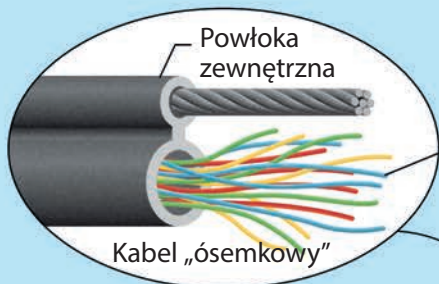
### Wprowadzenie

---

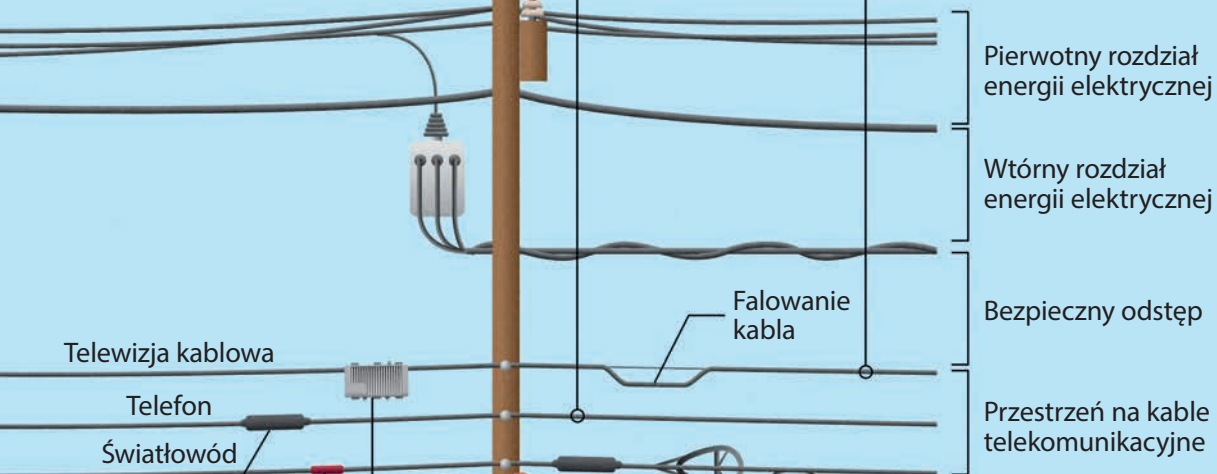
Komunikacja nie jest czymś właściwym tylko dla ludzi, ale telekomunikacja już tak. Wymiana informacji na odległość większą, niż można krzyknąć, wymaga sporej pomysłowości. Wiele nowych sposobów wysyłania i odbierania wiadomości na odległość okazało się najbardziej doniosłymi ludzkimi osiągnięciami technicznymi. Od sygnałów dymnych i gołębi pocztowych zaczynając, a na systemie GPS oraz internecie kończąc, telekomunikacja wywierała głęboki wpływ na sposób naszego życia, pracy i rozrywki.

Z tego rozdziału dowiesz się, jak wysyłamy i odbieramy informacje na dużą odległość, a co

najważniejsze, poznasz infrastrukturę, która to wszystko umożliwia – albo przynajmniej pozwalała na to w czasie, gdy pisałem tę książkę. Chyba nic w społeczeństwie nie zmienia się tak szybko, jak techniki komunikacji. Być może za 10 lat ten rozdział będzie wydawać się przestarzały, a za 20 lat opisanych tu rozwiązań technicznych nie będzie można zobaczyć. Choć w erze informacji łatwo uznać istnienie takich systemów za oczywistość, to jednak w rozwiązaniach technicznych, dzięki którym przekazujemy sobie i współdzielimy między sobą wiedzę, rozrywkę i wiele innych spraw, wciąż możemy dostrzec fascynujące szczegóły.



Słup telekomunikacyjny



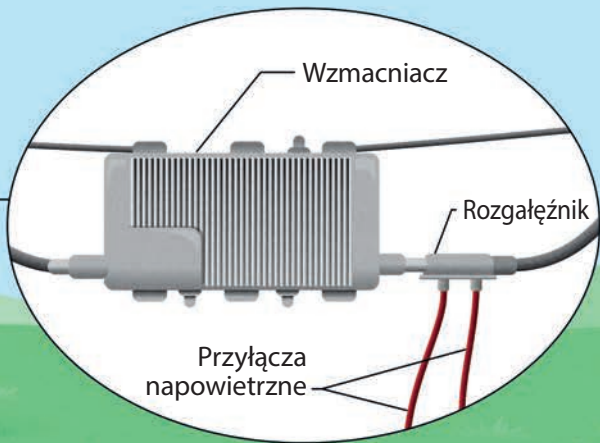
Mufa kablowa

Znacznik

Zwinięty zapas kabla

Stelaż zapasu kabla

Zasilacz telewizji kablowej





## Napowietrzna sieć telekomunikacyjna

W telekomunikacji przeważnie wykorzystywane są istniejące fizycznie linie, czyli przewody metalowe lub światłowody. Bez konfliktu z inną działalnością ludzką linie te można prowadzić w zasadzie tylko w dwóch miejscach: w powietrzu i pod ziemią (w niektórych sytuacjach trzecią opcją jest położenie ich pod wodą). W tym podrozdziale omówimy ten pierwszy sposób, a w następnym – instalacje podziemne.

Napowietrzne linie komunikacyjne są prawie zawsze prowadzone na słupach, wraz z innymi mediami. W rozdziale 1. pokazałem, że słupy służą do rozdzielania energii elektrycznej, ale nie jest to ich jedyne zastosowanie. Z tak zwanych **słupów telekomunikacyjnych** korzystają wspólnie różne przedsiębiorstwa użyteczności publicznej. Nie każdy taki słup stanowi podporę dla wszystkich mediów, ale niezależnie od tego, jakie linie są na nim poprowadzone, każda z nich znajduje się w ściśle określonym miejscu. Linie **pierwotnego rozdziału energii elektrycznej** prowadzi się po szczytach słupów, jak najdalej od ziemi, gdyż są najbardziej niebezpieczne. Bezpośrednio pod nimi przebiegają linie **wtórnego podziału energii elektrycznej**, obsługujące odbiorców. Pomiędzy liniami elektrycznymi a telekomunikacyjnymi znajduje się **bezpieczny odstęp**. Ta przestrzeń jest zarezerwowana dla elektryków do wykonywania połączeń i przeprowadzania konserwacji bez niebezpieczeństwa kontaktu z liniami średniego napięcia. **Przestrzeń na kable komunikacyjne** biegnie wzdłuż słupów najniżej, gdyż kable te nie grożą porażeniem, a wymagają częstszej konserwacji.

Chociaż na słupach mogą być rozciągnięte różnego rodzaju linie telekomunikacyjne, na standardowych podporach na ogół spotyka się tylko trzy: **przewody telefoniczne**, kable koncentryczne **telewizji kablowej** i **światłowody**. To, że na jednym słupie znajdują się wszystkie trzy linie, nie jest niczym nadzwyczajnym. Te linie łatwo od siebie odróżnić, jeśli się wie, na co zwrócić uwagę.

Zawieszenie przewodów na dużych odległościach powoduje, że pojawiają się znaczne siły naciągu. Większość kabli telekomunikacyjnych rozpostartych między słupami nie jest w stanie utrzymać swojej własnej wagi, a wsparcie dla nich zapewniają stalowe **liny nośne**. Przywiązane są do nich kable telekomunikacyjne, a w wypadku **kabli ósemkowych** lina nośna jest wbudowana w ochronną **osłonę zewnętrzną**.

Mimo że sieć miedzianych *linii analogowych* (ang. *plain-old telephone service*, POTS) jest szybko wycofywana, wciąż można ją zobaczyć na słupach na całym świecie. Od 1876 roku sygnały głosowe są przesyłane po specjalnych obwodach z miedzianych kabli i w wielu miejscach jest to nadal najprostszy sposób łączenia się z siecią telefoniczną. W liniach analogowych telefonii stacjonarnej stosuje się skręconą parę cienkich kabli miedzianych, nazywaną **skrętką**. Ponieważ każde gospodarstwo domowe i każda firma mają własne, bezpośrednie połączenie z *lokalną centralą telefoniczną*, kable osiągają sporą grubość i niekiedy zawierają setki i tysiące par przewodów. Linie zbierają się w coraz większe kable na złączach, które są doskonale widoczne dzięki pudełkowatym czarnym **mufom**, znajdującym się w pobliżu słupów.

Gdyby te wszystkie kable biegły równoległe obok siebie, powodowałyby to zakłócenia elektromagnetyczne, a pomiędzy obwodami następowałyby przesłuchy. Skręcenie każdej pary przewodów linii telefonicznej sprytnie eliminuje ten problem, gdyż niepożądane zakłócenia mają jednakowy wpływ na oba kable skrętki. Sygnał telekomunikacyjny jest wysyłany w postaci różnicy napięć między nimi, więc niepożądane napięcie wspólne dla obu przewodów jest usuwane.

Kolejnym wszechobecnym medium telekomunikacyjnym jest sieć telewizji kablowej (TVK, ang. *cable TV*, CATV). Pomimo swojej nazwy, większość sieci telewizji kablowej poza programami telewizyjnymi oferuje również usługi telefonii i szybkiego internetu. Sieć telewizji kablowej, podobnie jak sieć telefonicznych linii analogowych, zaczyna się w centralnym ośrodku, zwanym *stacją czołową*. Stamtąd sygnał biegnie przeważnie **kablami koncentrycznymi**, które swoją nazwę zawdzięczają temu, że wewnętrzna żyła i otaczający ją metalowy ekran leżą koncentrycznie w jednej osi. Dzięki ekranowaniu przez zewnętrzny oplot kable te przenoszą sygnały radiowe wysokiej częstotliwości z bardzo małymi stratami i zakłóceniami. Wszystko zaczyna się od grubych kabli linii przesyłowej, którymi sygnał płynie do wielu linii dystrybucyjnych. Wzdłuż nich w pewnych odstępach umieszczane są **wzmacniacze** (zwane też *przedłużaczami zasięgu linii abonenckiej*), wzmacniające sygnał (można je rozpoznać po rozpraszającym ciepło ożebrowaniu). Napięcie dla wzmacniaczy znajdujących się w sporym promieniu zapewnia **zasilacz** telewizji kablowej. Do **rozgałęźników** w liniach dystrybucyjnych przyłączane są **przyłącza napowietrzne**,

umożliwiające dostęp do usług poszczególnym klientom. Linie przesyłowe i dystrybucyjne telewizji kablowej łatwo rozpoznać po **falowaniu kabla**. Układa się go w ten sposób, gdyż kable koncentryczne są sztywne – rozszerzają się i obkurczają w innym tempie niż lina nośna. Gdyby nie było miejsca na ruchy termiczne, mogłyby niepotrzebnie się naprężyć i niszczyć, a nawet wypiąć z połączeń.

Obecnie zarówno dostawcy telewizji kablowej, jak i telefonii oprócz przewodów miedzianych i kabli koncentrycznych często stosują światłowody, by w sposób bardziej niezawodny przesyłać sygnał o wyższej jakości. Kable te składają się z wiązek włókien szklanych lub plastikowych, a sygnał jest przekazywany w postaci impulsów świetlnych. Może on być przesyłany na olbrzymie odległości z bardzo małymi stratami, gdyż światłowody są niewrażliwe na zakłócenia elektromagnetyczne. Na zewnętrznej części światłowodu czasem umieszcza się pomarańczowy albo żółty **znacznik** lub opaskę w celu odróżnienia go od kabli telefonicznych i telewizji kablowej.

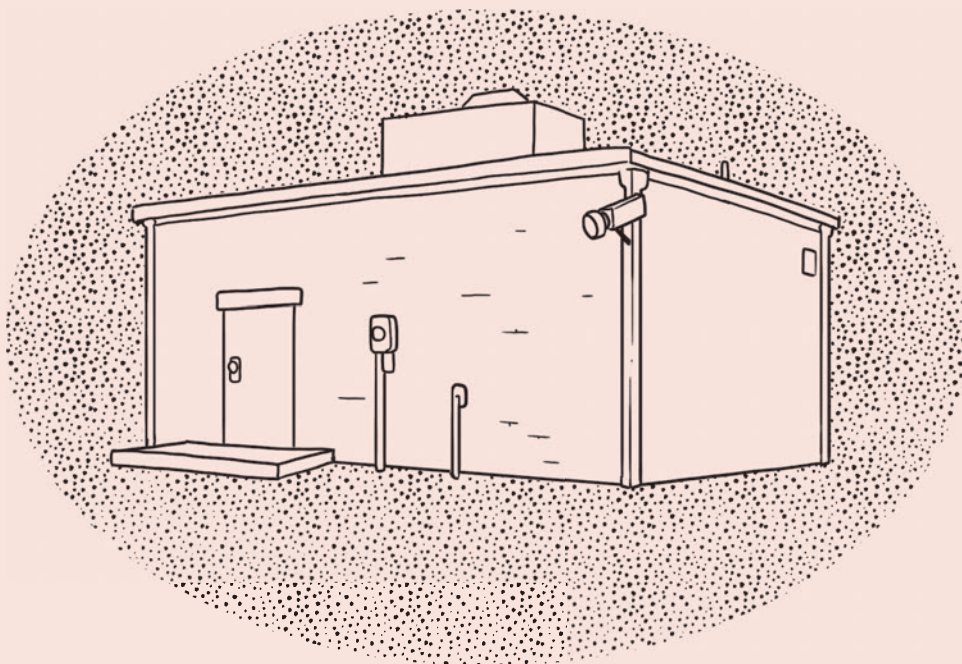
Sieci światłowodowe zwykle projektuje się pod kątem przyszłego rozszerzania, więc zawierają więcej włókien, niż potrzeba. Poważnym problemem z tymi kablami jest jednak to, że trudno je połączyć. Nie wystarczy prosty, mechaniczny kontakt, jak w wypadku złącza elektrycznego, ale trzeba wykazać się znacznie większą dbałością, by uniknąć rozproszeń i odbić sygnału świetlnego. Z każdego włókna trzeba zdjąć powłokę, oczyścić je, obciąć, odpowiednio ustawić i precyzyjnie połączyć, często na gorąco za pomocą spawarki. Wiele firm nie chce przeprowadzać tej wymagającej staranności operacji na drabinie czy na podnośniku

koszowym. Ich pracownicy dodają nowe połączenia i naprawiają światłowody w specjalistycznych samochodach montażowych.

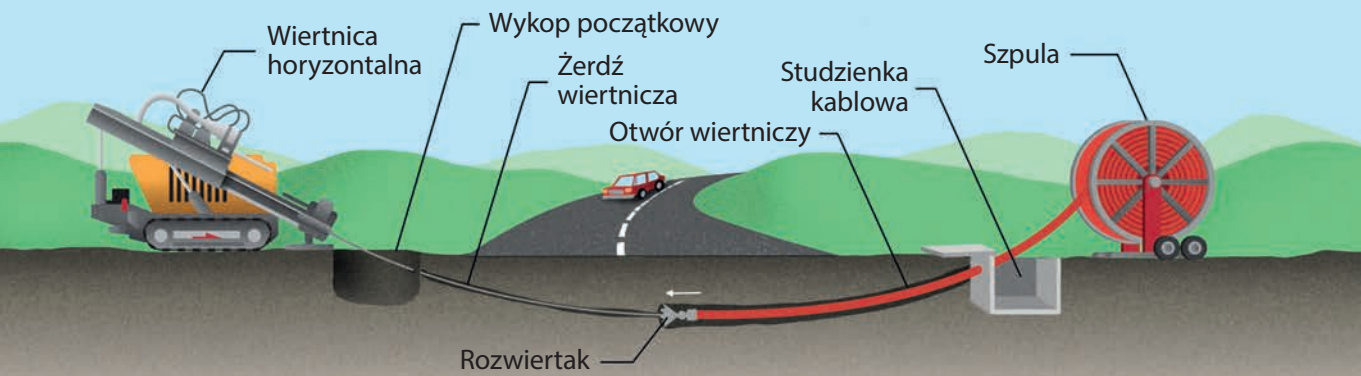
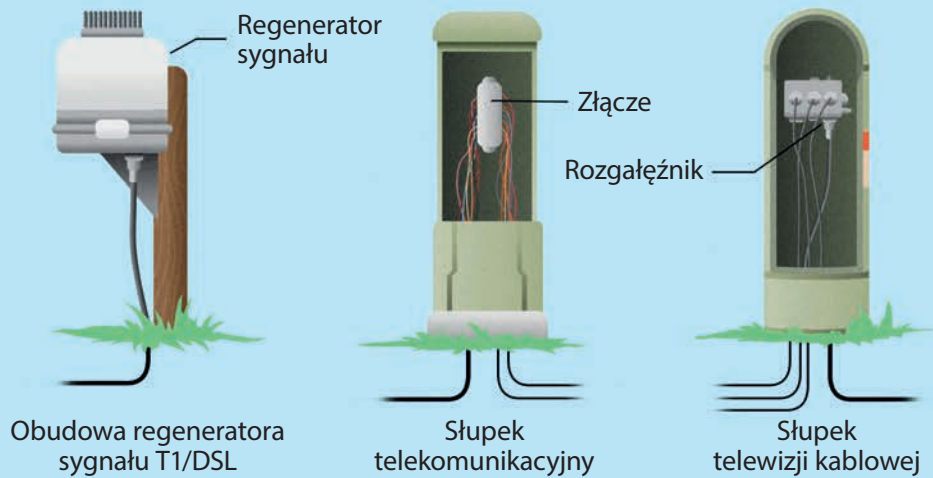
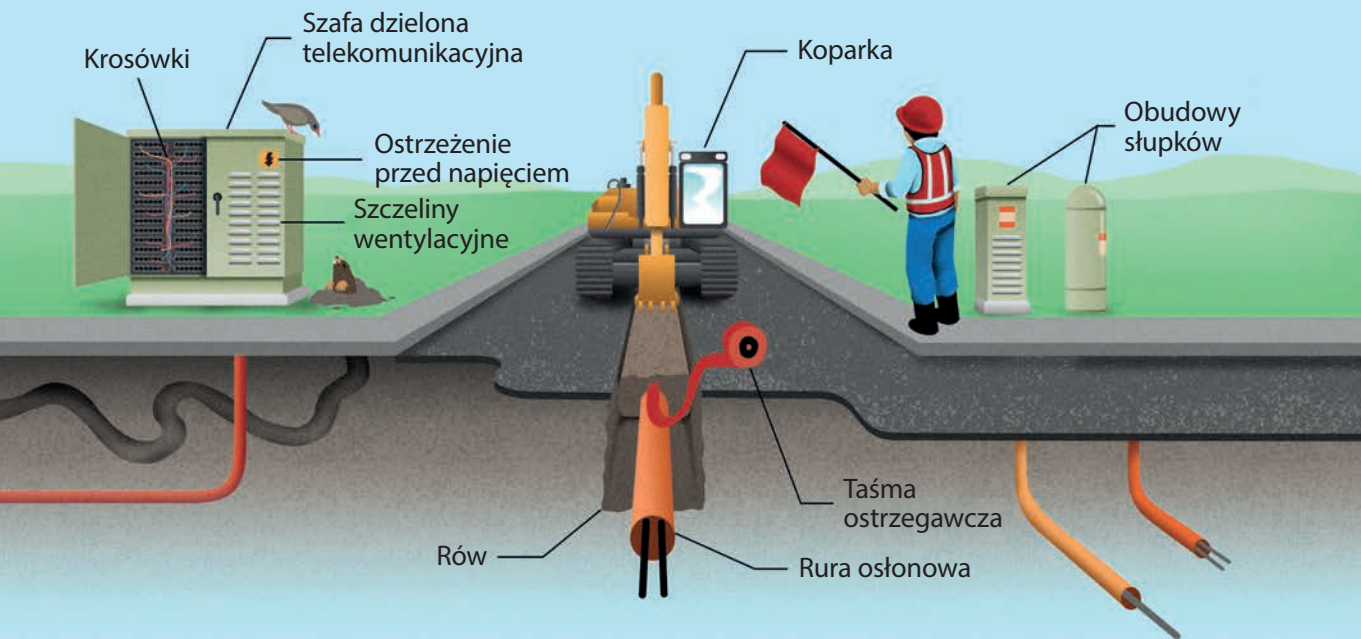
Oznacza to, że trzeba mieć wystarczający zapas światłowodu, by można go było opuścić na poziom ziemi. Ten **zwinięty zapas kabla** jest

na ogół trzymany razem z całością. Światłowody nie mogą mieć ostrych wygięć ani skrętów, bo ich włókna mogłyby się zniszczyć, więc **stelaże zapasu kabla** pozwalają zmienić kierunek kabla i miejsce trzymania jego zapasu bez powodowania uszkodzeń.

## ZWRÓĆ UWAGĘ



W systemach telefonicznych opartych na drucie miedzianym sygnały elektryczne są dość słabe i zwykle nie mogą być przesyłane na duże odległości. Oznacza to, że prawie każdy z nas mieszka i pracuje w odległości paru kilometrów od lokalnej centrali telefonicznej. W dzisiejszych czasach przełączanie większości rozmów odbywa się w szafach serwerowych znajdujących się w centrach danych, ale wiele budynków, w których kiedyś mieściły się centrale, wciąż istnieje. Budynki te, zwane centrami komutacyjnymi, są własnością operatorów. Mieszczą się w nich urządzenia i łącznice realizujące połączenia poszczególnych linii z większą siecią telefoniczną. Najczęściej z powodu zwyczajnego wyglądu i braku okien trudno je wychwycić, chyba że ktoś zwraca na to szczególną uwagę. Wskazówkami mogą być kamery przemysłowe, klimatyzatory utrzymujące cały sprzęt w chłodzie i generatory rezerwowe, zasilające system w razie braku prądu.



## Podziemna sieć telekomunikacyjna

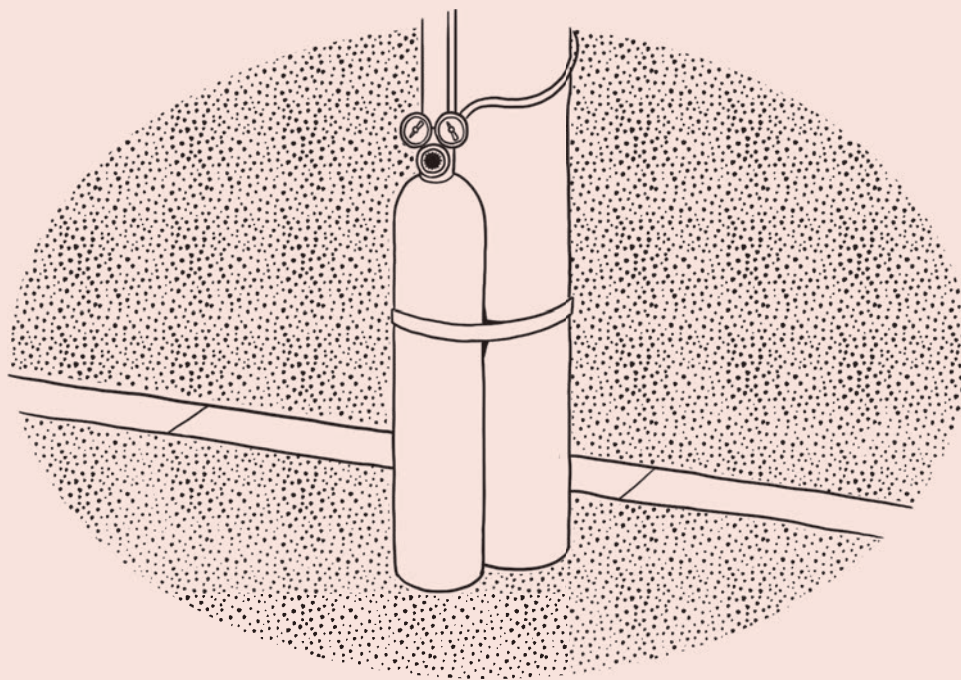
Skierowanie linii telekomunikacyjnych pod ziemię zamiast prowadzenia ich w powietrzu po słupach teleenergetycznych ma kilka istotnych zalet. Linie te nie wymagają żyły nośnej, utrzymującej ich ciężar pomiędzy słupami. Mało rzucają się w oczy i nie wprowadzają do krajobrazu wizualnego bałaganu. Są wreszcie chronione przed całą masą zagrożeń, takich jak ptaki, wiewiórki, wiatr, lód, światło słoneczne i zabłąkane samochody rozbijające się na słupach. Podziemne linie komunikacyjne są więc zwykle bardziej niezawodne, choć ich instalacja wymaga poniesienia większych kosztów początkowych.

Podziemne media umieszcza się na ogół w rurach ochronnych, instalowanych na jeden z dwóch sposobów: przez *kopanie rowów* albo *wiercenie kierunkowe*. To pierwsze zadanie wykonuje **koparka**, która robi w ziemi wydłużone zagłębienie (czyli **wykop**). W zagłębieniu tym kładzie się rurę osłonową, którą potem zasypuje się ziemią. Podczas zasypywania umieszcza się **taśmę ostrzegawczą**, aby każdemu, kto kiedyś w przyszłości będzie w tym miejscu kopać, dać znać, że jest tu kabel. Niektóre taśmy zawierają nawet druty lub stalowe tasiemki, co pozwala wykryć je z poziomu gruntu i ułatwia zlokalizowanie linii w przyszłości. Największą wadą robienia wykopów jest niszczenie wszystkiego, co znajduje się na powierzchni. Na czas robót teren musi być zamknięty, a po zakopaniu kabli trzeba naprawić chodniki, drogi i trawniki. Naprawione obiekty nigdy nie wyglądają równie trwale i atrakcyjnie jak te, które były wcześniej.

Wiercenie kierunkowe powoduje mniejsze szkody na powierzchni, gdyż rury osłonowe instaluje się wewnątrz **otworu wiertniczego** bez potrzeby robienia wykopu. Zalety tej metody są szczególnie widoczne podczas przeprowadzania linii przez rzeki, gęsto zamieszkałe obszary miejskie i kluczowe drogi, czyli w miejscach, gdzie zrobienie wykopu nie wchodzi w grę. **Wiertnica horyzontalna** wierci najpierw w ziemi otwór pilotażowy, prowadzący od **wykopu wejściowego** do wyjścia. Robotnicy zakładają na **źerdź wiertniczą** aparaturę czujnikową i z powierzchni monitorują drogę wiertła pod ziemią. Aby możliwe było sterowanie wiertłem, krawędź czołowa łańcucha jest asymetryczna. Może być ustawiona w dowolnej pozycji, a łańcuch w trakcie wiercenia naturalnie podąża w pożądanym kierunku. Po zakończeniu wiercenia otworu pilotażowego łańcuch wiertniczy jest wycofywany. Używa się przy tym **rozwiertaka** w celu powiększenia otworu wiertniczego. Jednocześnie wciągana jest nawinięta na **szpuli** rura osłonowa, tworząca ciągłą drogę, którą mają przebiegać kable.

Ponieważ podziemne linie telekomunikacyjne są ukryte pod ziemią, w odróżnieniu od linii napowietrznych nie są widoczne. Kable te muszą jednak wyjść w końcu na powierzchnię. Jest wiele okazji, by to zauważyć. Najprostszą strukturą związaną z podziemną siecią telekomunikacyjną jest **studnia kablowa**, podziemna obudowa zapewniająca dostęp do kanałów. Na powierzchni widoczne są wieka studzienek (często mają kształt dużego prostokąta, na którym widnieją informacje o tym, co znajduje się w środku).

## ZWRÓĆ UWAGĘ



Wkpane pod ziemię kable poza tym, że są drogie, mają jeszcze jeden poważny minus: są narażone na wilgoć. Do kanałów prowadzących linie telekomunikacyjne pod ziemię może dostać się deszcz, topiący się śnieg i wody gruntowe. Jeśli pod osłonę kabla dostanie się woda, może nie tylko spowodować korozję, ale także wywoływać zwarcia i pogorszyć jakość sygnału. Wilgoć to problem przede wszystkim linii telefonicznych (w przeciwieństwie do kabli koncentrycznych i światłowodów), gdyż mają one bardzo dużo drutów miedzianych, a do tego dawniej kable były często izolowane papierem. Aby przeciwdziałać wilgoci, pod powłokę wielu kabli telefonicznych przy użyciu sprężarki znajdującej się blisko centrali telefonicznej wtłaczane jest sprężone powietrze. Od czasu do czasu na chodniku albo przy ulicy można zauważyć zbiornik z azotem, postawiony w celu zwiększenia ciśnienia podziemnych linii. Takie postępowanie pozwala zabezpieczyć powłokę kabla przed nagłym wniknięciem pod nią wody. Dzięki monitorowaniu ciśnienia technicy mogą również znaleźć i zdiagnozować problemy z linią, zanim jej stan poważnie się pogorszy. Wszelkie pęknięcia lub otwory w linii powodują, że powietrze lub azot uciekają, a ciśnienie po pewnym czasie spada. Większość nowszych kabli telefonicznych jest wypełniona wodoodpornym żelem, ale mnóstwo wypełnionych powietrzem podziemnych linii nadal stanowi świadectwo tego, jak można sprytnie wykorzystać ciśnienie do prewencyjnej konserwacji.

Kolejnym obiektem związanym z podziemnymi sieciami telekomunikacyjnymi jest **szafa telekomunikacyjna**. Takie szafy znajdują się na ziemi i mogą zawierać szeroką gamę sprzętu wielu różnych dostawców usług, więc jeśli chcesz dokładnie wiedzieć, co jest w środku, musisz pobawić się w detektywa. Pierwszą wskazówką są etykiety. Czasem na szafie widnieje nazwa firmy lub informacje kontaktowe, wskazujące, jakiego rodzaju sprzęt zawiera. Szafy są zazwyczaj zwykłymi punktami połączeniowymi, miejscami, w których do mającego dużą przepustowość kabla linii przesyłowej można wygodnie przyłączyć mniejsze linie dystrybucyjne, biegnące do abonentów. W takim wypadku szafa zawiera między innymi **krosownice**, pozwalające technikom przyłączać klientów do linii telewizji kablowej, telefonicznej lub światłowodowej.

Niektóre szafy telekomunikacyjne zawierają osprzęt *aktywny* (innymi słowy, zasilany prądem). W takiej sytuacji gdzieś na zewnątrz obudowy powinno znajdować się **ostrzeżenie przed napięciem**, a obudowa będzie miała **szczeliny wentylacyjne**, gdyż takie urządzenia często wymagają odprowadzenia ciepła. Urządzeniami aktywnymi są na przykład zasilacze sieci telewizji kablowej i **węzły optyczne**, przekształcające sygnały światłowodowe w częstotliwości radiowe, które można przesyłać kablami koncentrycznymi.

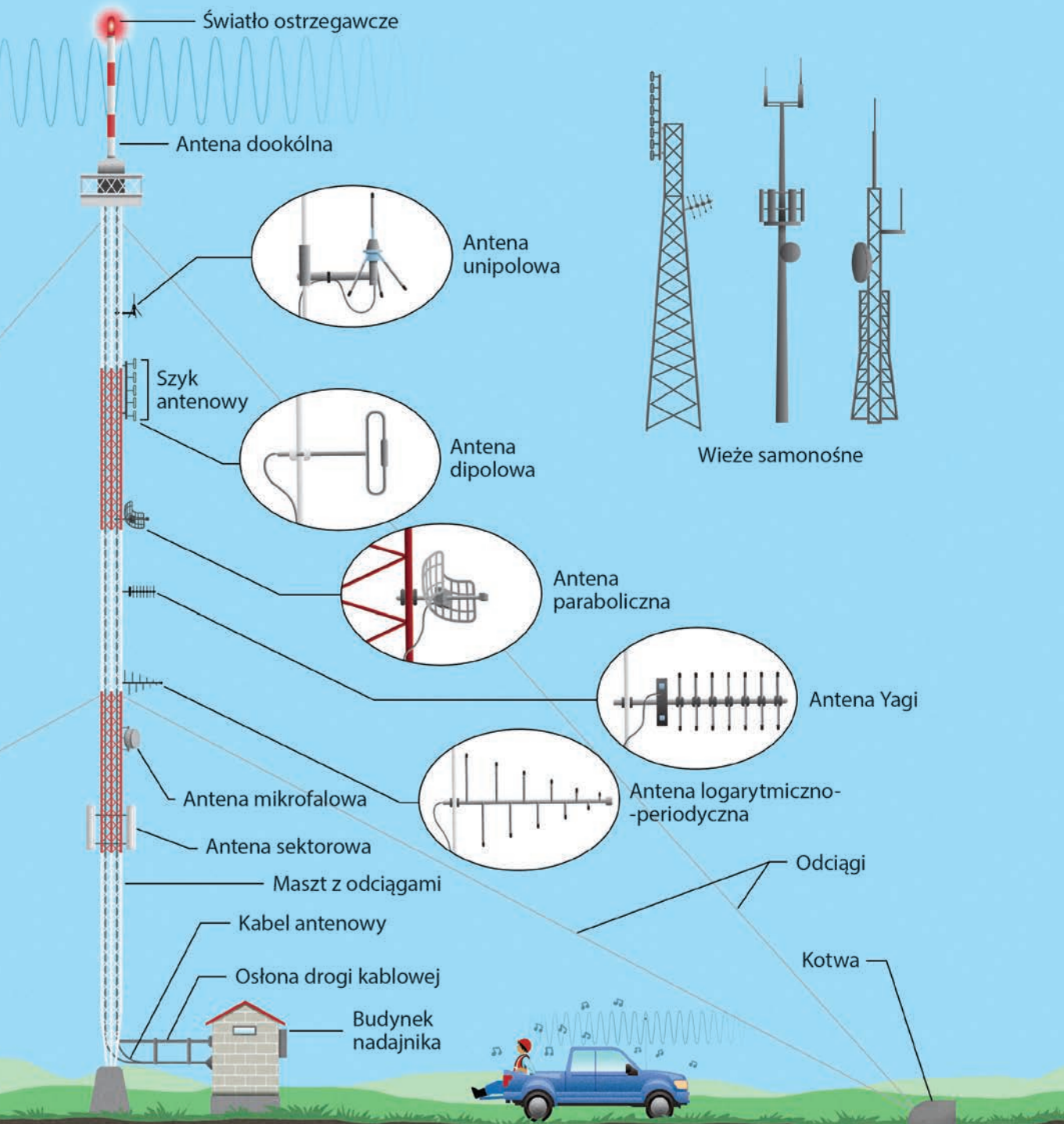
Czasem szafy te zawierają bardziej wyszukany sprzęt, pozwalający przesyłać dane linią telefoniczną ze znacznie większą szybkością i dokładnością, niż gdyby była połączona bezpośrednio z najbliższą centralą. Te urządzenia, zwane *koncentratorami wyniesionymi*, przekształcają sygnały poszczególnych abonentów telefonicznych na formę cyfrową i łączą je w sygnał światłowodowy prowadzący bezpośrednio

do centrali. Pozwala to firmom telekomunikacyjnym na obsłużenie większej liczby abonentów oraz zapewnienie im lepszej jakości usług głosowych i szybkiego dostępu do danych.

Kolejnym dowodem istnienia podziemnych linii telekomunikacyjnych są **słupki**. Te wszechobecne postumenty są zwykle punktami przyłączenia, zapewniającymi połączenie mniejszych kabli, rozchodzących się do abonentów telewizji cyfrowej, telefonu czy innych usług telekomunikacyjnych, z większymi liniami dystrybucyjnymi. Zazwyczaj zawierają panel dostępowy albo mają zdejmowane obudowy, aby technicy mogli łączyć przewody lub rozwiązywać problemy. W wypadku telewizji kablowej mogą zawierać **rozgałęźnik**, pozwalający na wyprowadzenie wielu kabli dostępowych. Słupki telefoniczne skrywają w sobie na ogół tylko **złącza** kablowe i niewiele więcej.

Ostatnim elementem osprzętu związanego z podziemnymi mediami jest **regenerator sygnału**. Sygnały cyfrowe o dużej szybkości mogą być przesyłane po standardowych miedzianych drutach telefonicznych w jednym z dwóch typowych systemów: *T1* lub *DSL*<sup>1</sup>. Ponieważ jednak częstotliwość sygnałów cyfrowych jest znacznie większa niż głosowych, te pierwsze nie mogą przebyć zbyt długiej drogi bez osłabienia i zniekształcenia. Na terenach wiejskich, na których odległości pomiędzy centralami są duże, do zachowania dokładności sygnału linie te potrzebują regeneratorów sygnału. Zwykle umieszcza się je w wodoodpornych obudowach o kształcie przypominającym puszkę z farbą albo wolnowary wzdłuż linii w regularnych odstępach, zazwyczaj mniej więcej co 1,5 km.

<sup>1</sup> W Polsce stosuje się jedynie sygnał DSL – *przyj. tłum.*





## Maszty nadawcze

W radiotelekomunikacji informacje są przesyłane na odległość przy użyciu niewidzialnych fal promieniowania elektromagnetycznego. Ta prosta, lecz niezwykła technologia umożliwia funkcjonowanie szerokiej gamy urządzeń bezprzewodowych, od pilotów drzwi garażowych do telefonów komórkowych. Gdybyśmy mogli odbierać pełne spektrum radiacji elektromagnetycznej, byłibyśmy zupełnie przytłoczeni ilością i różnorodnością rozchodzących się w powietrzu informacji.

Wiele częstotliwości stosowanych w telekomunikacji, łącznie z tymi, na których nadają stacje radiowe i telewizyjne, może być odbieranych tylko w zasięgu wzroku. Droga od nadajnika do odbiornika musi być względnie swobodna. Sygnały radiowe na ogół nie docierają poza linię horyzontu i właśnie dlatego wiele anten montuje się na szczytach gigantycznych **masztów**. Im wyżej znajdują się anteny, tym dalej sięga ich sygnał. Maszty nadawcze należą do największych konstrukcji wykonanych przez człowieka. Wysokość wielu z nich przekracza 600 m. Są tak wysokie, że często stanowią zagrożenie dla lotnictwa. Nierzadko są malowane na przemian w pomarańczowe<sup>2</sup> i białe pasy, a na szczycie muszą mieć **światła ostrzegawcze**. Te maszty odgrywają istotną rolę we współczesnym społeczeństwie, gdyż umożliwiają nadawanie na dużą skalę sygnałów radiowych i telewizyjnych, pozwalają na komunikację z osobami udzielającymi pierwszej pomocy i wiele innych spraw.

Konstrukcje nadajników mogą mieć różne formy, ale zasadniczo (poza iglicami na

wysokich budynkach) spotyka się dwie: **wieże samonośne** i **maszty z odciągami**. Wieże projektuje się jako konstrukcje wolnostojące i samoistnie odporne na podmuchy wiatru. Są zwykle zbudowane ze stali i betonu oraz mają szeroką podstawę, nadającą konstrukcji sztywność i zabezpieczającą ją przed siłami natury. Wieże nie zajmują dużo miejsca, dlatego idealnie się sprawdzają w obszarach miejskich, w których cena gruntu jest wysoka. Są jednak droższe w budowie od masztów z powodu dodatkowych materiałów zapewniających odporność na boczne podmuchy wiatru.

Maszty mają zwykle wąską konstrukcję kratową wspartą na wielu linach stalowych (**odciągach**). Maszty mogą być smukłe, gdyż nie muszą mieć sztywnej konstrukcji, odpornej na siłę wiatru. To boczne podparcie zapewniają odciągi, więc maszt musi utrzymać tylko własny ciężar. W istocie niektóre maszty mają przy ziemi zwężenie, dzięki któremu drobne przechylenie powoduje jedynie obrót wokół osi pionowej, a nie wygięcie całej konstrukcji. Odciągi są zazwyczaj ułożone na planie trójkąta równobocznego, tak by dawały wsparcie niezależnie od kierunku wiatru.

Istnieje wiele sposobów zamocowania odciągów w ziemi, zależnie od typu ziemi lub skały oraz spodziewanych obciążeń. **Kotwy** często składają się z jednego lub kilku głęboko wierconych otworów, wewnątrz których zacementowane są pręty stalowe, tworzące sztywne połączenie z ziemią. Ponieważ odciągi rozpościerają się bardzo daleko od podstawy masztu, maszty wymagają znacznie więcej miejsca niż wieże. Stawia się je na ogół na obszarach wiejskich, na których ziemia jest tańsza.

<sup>2</sup> W Polsce malowane są w czerwone i białe pasy – przyp. tłum.

Programy rozrywkowe i innego rodzaju treści, które mają być emitowane przez nadajnik radiowy, docierają na miejsce, na którym znajduje się maszt. Nadajnik znajduje się zwykle niedaleko masztu w zabezpieczonym przed wpływami środowiska **budynku nadajnika**. W wypadku stacji radiowych AM (z modulacją amplitudy) anteną jest sam maszt, a tuż przy jego podstawie stoi domek antenowy ze sprzętem niezbędnym do efektywnego przekazywania mocy nadajnika do masztu. W wypadku stacji radiowych FM (z modulacją częstotliwości) i telewizyjnych sygnał z nadajnika do anteny przenoszony jest **kablem antenowym** (zwanym też linią transmisyjną), przymocowanym do konstrukcji masztu. Na zimniejszych terenach poziomy przebieg kabla antenowego z budynku nadajnika do masztu jest chroniony przed spadającym lodem przez **osłonę drogi kablowej**. Antena jest urządzeniem wypromieniowującym sygnał w postaci fal elektromagnetycznych. Ponieważ maszty są dość drogie w budowie i uciążliwe dla otoczenia, często współużytkuje je wiele stacji lub innych podmiotów (nosi to nazwę *kolokacji*). Właściciele wynajmują przestrzeń w budynku nadajnika i na konstrukcji masztu stacjom radiowym i telewizyjnym, policji, straży pożarnej, agencjom rządowym i różnym prywatnym przedsiębiorstwom do wykorzystania we własnych bezprzewodowych systemach telekomunikacyjnych.

Anteny, podobnie jak konstrukcje, na których są umieszczone, mogą mieć szeroką gamę ciekawych kształtów, w zależności od częstotliwości, kierunku i mocy sygnału. **Anteny dookólne** nadają fale radiowe równomiernie we wszystkich kierunkach i często mają walcowaty kształt. Należą do nich **anteny unipolowe**, będące prostymi elementami przewodzącymi prąd.

Wymagają one przeciwwagi (czasem może być nią ziemia, a czasami składa się ona z promieniście ułożonych w poziomie prętów). Innym rodzajem anten dookólnych są **anteny dipolowe**, składające się z dwóch identycznych elementów promieniujących, ułożonych jeden nad drugim<sup>3</sup>.

**Anteny kierunkowe** skupiają fale radiowe w określonym kierunku. **Anteny paraboliczne** mają jednolite lub wykonane z siatkowego drutu czasze odbijające i skupiające fale radiowe. W **antenach Yagi** fale skupiane są w pożądanym kierunku przy użyciu jednego, znajdującego się pod napięciem, dipola i kilku elementów biernych. Podobny wygląd mają **anteny logarytmiczno-periodyczne**, które dzięki szeregowi dipoli o niewiele odbiegających od siebie rozmiarach potrafią wysyłać lub odbierać szeroki zakres częstotliwości radiowych. Proste elementy antenowe, na przykład dipole, mogą być łączone w **szyki**. Dzięki współpracy ukierunkowują fale w wiązkę albo w pewien wzór. (Kilka innych typów anten, zwłaszcza stosowanych w telefonii komórkowej, jest omówionych w jednym z dalszych podrozdziałów).

Maszty nadawcze, tak jak każdy element infrastruktury, wymagają okresowej konserwacji. Odpowiedzialni za przeglądy tych konstrukcji i ich utrzymanie są technicy przeszkoleni do prac na dużej wysokości i w warunkach zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym. Bardzo wysokie maszty bywają wyposażone w windy, które zapewniają łatwiejszy dostęp, gdy trzeba przeprowadzić prace malarskie, naprawę lub wymianę osprzętu. Na szczyt niższych konstrukcji technicy muszą wspinać się sami.

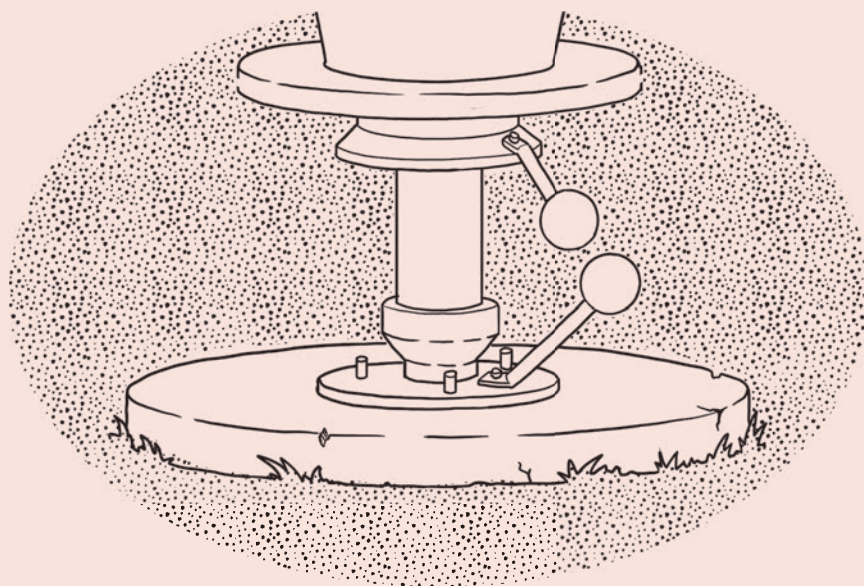
<sup>3</sup> Jest to tylko jeden z wariantów. Na rysunku jest pokazany inny wariant, popularniejszy pętlowy – *przyp. tłum.*

Chociaż częstotliwości stosowane w komunikacji bezprzewodowej są *niejonizujące* (to znaczy fale nie są w stanie rozerwać atomów), nie oznacza to, że nie są niebezpieczne. Promieniowanie elektromagnetyczne generuje ciepło we wszystkim, co zawiera wodę, łącznie z człowiekiem. (Dzięki temu zjawisku kuchenki mikrofalowe podgrzewają żywność). Dlatego

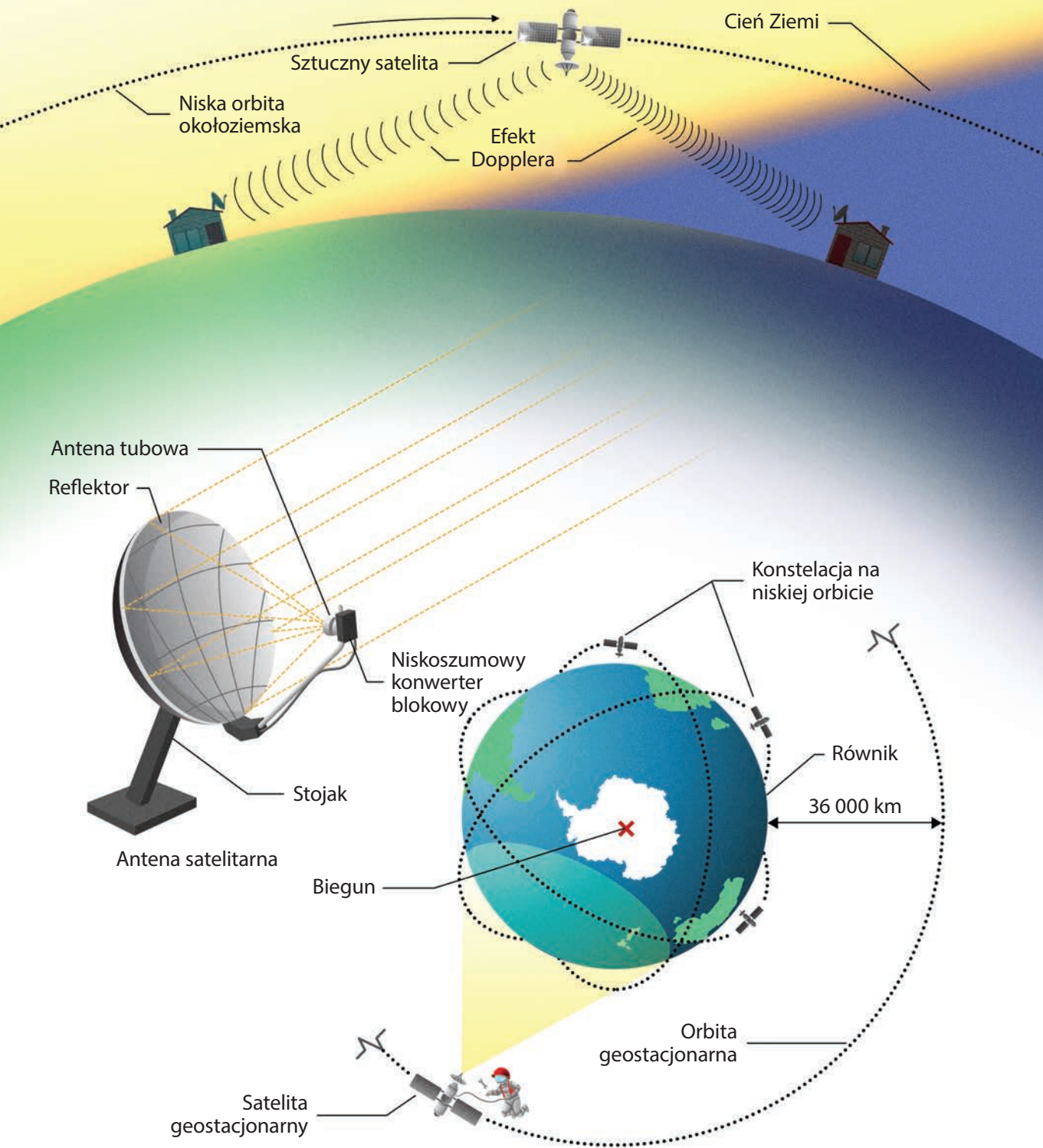
właśnie nie wolno zbliżać się do anten, które mają nadajniki o dużej mocy.

Pracownicy konserwujący te wieże muszą bezwzględnie zachowywać bezpieczną odległość od zasilanych prądem anten, a jeśli pracują w ich bezpośrednim pobliżu, anteny się wyłączają, by nie narażać ludzi na działanie niebezpiecznych fal.

## ZWRÓĆ UWAGĘ



Sygnaty *radiofonii AM* mają bardzo niskie częstotliwości, wymagają więc bardzo dużych anten. W większości wypadków podczas nadawania sygnału przez stacje AM anteną jest cały metalowy maszt. Ponieważ w całości znajduje się on pod napięciem, musi być odizolowany od ziemi. Jeśli przyjrzeć się im dokładniej, maszty te zwykle są w całości usadowione na powierzchni małego izolatora ceramicznego. Całkowite odizolowanie od ziemi wymaga rozwiązania wielu interesujących problemów, między innymi tego, jak ochronić maszt i przyłączony do niego sprzęt przed uszkodzeniem przez piorun. W wielu masztach AM stosuje się *iskierniki*, które pozwalają zachować izolację konstrukcji, a podskoki napięcia kierują bezpiecznie do ziemi. Podczas zwykłej eksploatacji iskiernik nie przewodzi prądu. Jeśli jednak w maszt uderzy piorun, powietrze pomiędzy stykami jonizuje się i tworzy się łuk elektryczny, który jest drogą przewodzącą do ziemi dla skoku napięcia.



## Telekomunikacja satelitarna

Wysokość masztu nadawczego ma praktyczną granicę. Problemy finansowe, techniczne i bezpieczeństwa sprawiają, że budowanie masztów powyżej pewnej wysokości ostatecznie jest niewykonalne. Na szczęście antenę wysoko na niebie można umieścić również w inny sposób, za pomocą sztucznych **satelitów**. Urządzenia te rozmieszcza się przy użyciu rakiet na orbicie okołoziemskiej. Są one szczytowym osiągnięciem komunikacji bezprzewodowej, przynajmniej jeśli chodzi o ich zasięg. Wiele satelitów potrafi nadawać i odbierać sygnały radiowe jednocześnie z jednej trzeciej powierzchni Ziemi, znacznie dalej niż nawet najwyższe maszty. W dzisiejszych czasach wykorzystujemy satelity w różnych zastosowaniach telekomunikacyjnych, takich jak radio, telewizja, internet, telefonia, nawigacja, meteorologia, monitorowanie środowiska i wiele innych. Satelity telekomunikacyjne są w zasadzie przekaźnikami, które odbierają sygnał z jednego miejsca na powierzchni, wzmacniają go i przekierowują na inne obszary Ziemi. Taki przekaźnik tworzy kanał telekomunikacyjny, który nie wymaga bezpośredniego połączenia kablami, a jego zasięg nie jest tak bardzo ograniczony krzywizną Ziemi jak anteny znajdujące się na jej powierzchni.

Satelity telekomunikacyjne można umieścić na szerokim zakresie orbit okołoziemskich. Prędkość orbitowania satelity jest bezpośrednio związana z jej *wysokością bezwzględną*. Im wyżej znajduje się orbita satelity, tym dłuższy jest czas okrążenia przez niego Ziemi. Satelity znajdujące się na **niskiej orbicie okołoziemskiej** okrążają nasz glob wiele razy dziennie

i znajdują się nad jednym miejscem przez krótki czas. Do zachowania ciągłości usług konieczne jest utworzenie grupy satelitów, zwanej **konstelacją**, których orbity pokrywają się ze sobą. Poszczególne satelity są strategicznie rozmieszczane tak, by każde miejsce na ziemi było zawsze w zasięgu „wzroku” co najmniej jednego z nich. Nadawanie i odbiór sygnału przez nisko orbitujące satelity wymagają mniej energii, a opóźnienia komunikacyjne są mniejsze, gdyż znajdują się one bliżej powierzchni planety. Aby odbierać z nich sygnał, nie trzeba stosować dużych anten. W istocie prawdopodobnie nosisz ze sobą w kieszeni antenę, która regularnie łączy się z satelitami znajdującymi się na niskiej orbicie. To antena GPS w Twoim telefonie komórkowym. W wypadku takich satelitów trzeba jednak brać pod uwagę **efekt Dopplera**. Ponieważ w stosunku do obserwatora na Ziemi poruszają się one bardzo prędko, fale radiowe podczas zbliżania się satelity do anteny zagęszczają się, a gdy przeleci on nad nią, rozgęszczają, co utrudnia odbiór i dekodowanie sygnału.

Na wysokości około 36 tys. km *okres orbitalny* satelity wynosi 24 godziny, dokładnie tyle, ile trwa doba. Satelita na tej wysokości nad **równikiem** ziemskim znajduje się na **orbicie geostacjonarnej**, gdyż podczas obrotu Ziemi pozostaje w stałej pozycji na niebie. **Satelity geostacjonarne**, mimo że ich umieszczenie na orbicie tak odległej od Ziemi wymaga sporo wysiłku, mają sporo zalet. Ponieważ pozostają nieruchome względem powierzchni planety, anteny mogą być na nich mocowane w stałym położeniu, co upraszcza konstrukcję. Satelity

geostacjonarne mają też znacznie większy zasięg, gdyż w ich linii wzroku znajduje się około 40 procent powierzchni globu. Z tej orbity trudno dostępne są tylko **bieguny** ziemskie.

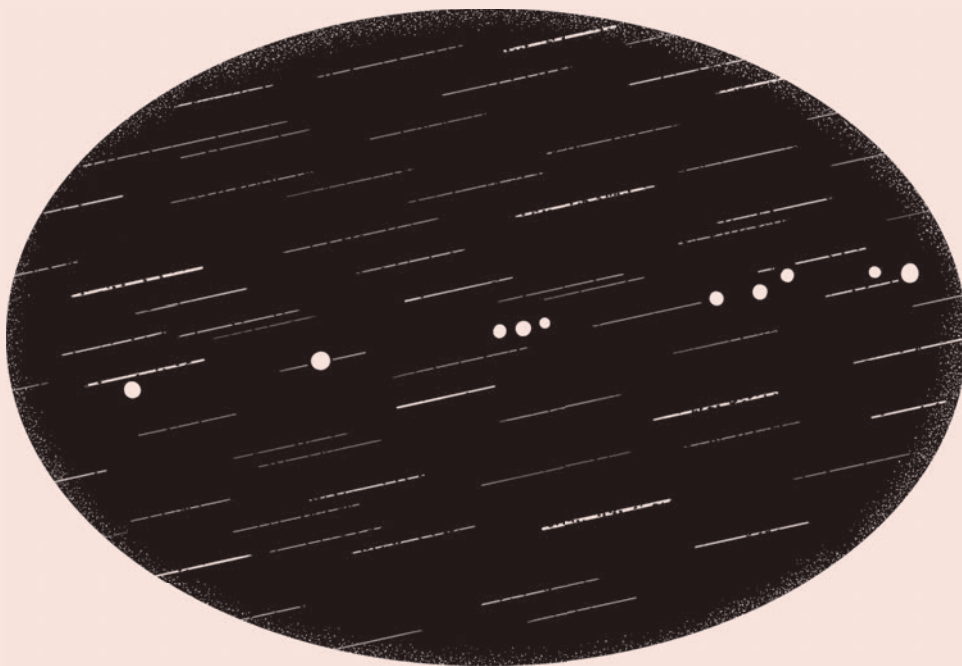
Jednym z ograniczeń satelitów geostacjonarnych jest to, że znajdują się tylko na jednym okręgu nad równikiem (zwanym *orbitą Clarke'a*). Aby uniknąć wzajemnego zakłócania sygnałów, społeczność międzynarodowej telekomunikacji zgodziła się wydzielić na tym okręgu lokalizacje (zwane slotami), podobnie jak parcele ziemskie. Orbita geostacjonarna jest tak wypełniona, że prowadzi się na nią zapisy. Gdy tylko zakończy się okres eksploatacji satelity, musi ona opuścić swój slot, po to by jej miejsce mógł zająć zamiennik lub nowy satelita z listy oczekujących.

Inną wadą satelitów geostacjonarnych jest ich duża odległość od Ziemi. Wysyłanie i odbieranie sygnałów radiowych przez te wielkie przestworza jest dużym wyzwaniem. Anteny, dzięki którym sygnał pokonuje te odległości, łatwo rozpoznać już na pierwszy rzut oka. **Czasza** stanowi zakrzywiony **reflektor**, który zbiera słabe sygnały radiowe i skupia je w **antenie tubowej**. Z tego metalowego stożka fale przechodzą do **niskoszumowego konwertera blokowego** (ang. *low-noise block*), zasadniczego elementu anteny satelitarnej, który zawiera obwody elektroniczne odpowiedzialne za jej podstawowe funkcje. Po pierwsze, wzmacnia słaby sygnał radiowy do bardziej użytecznego poziomu. Po drugie, sygnał o wysokiej częstotliwości, stosowany w transmisji bezprzewodowej na duże odległości, *konwertuje na niższe częstotliwości*, dzięki czemu można go efektywnie przesyłać przewodem.

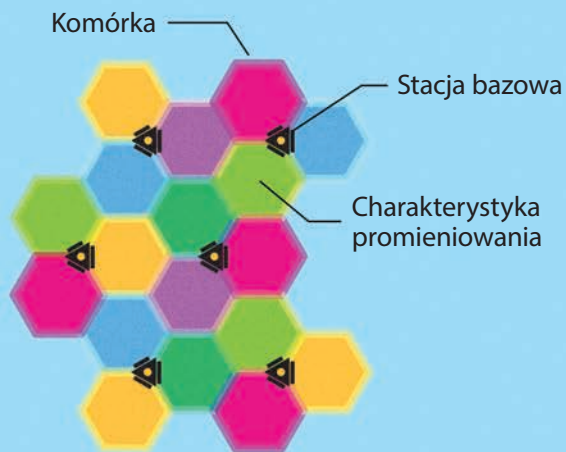
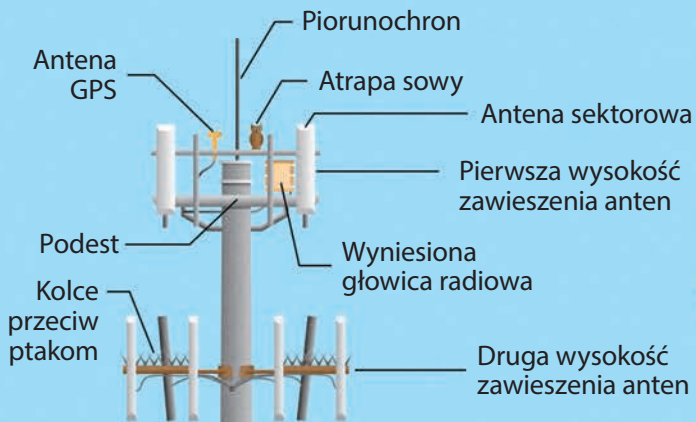
Anteny nadające sygnały do satelitów geostacjonarnych są zwykle znacznie większe, ale poza tym działają w ten sam sposób. Mają urządzenia do wzmacniania sygnału i konwertowania jego częstotliwości oraz zwierciadło, kierujące fale we właściwe miejsce na niebie. **Stojak** wspierający czaszę może być przymocowany na stałe lub do siłownika, w zależności od tego, czy komunikuje się tylko z jednym czy z wieloma satelitami geostacjonarnymi.

Niektóre satelity są na tyle duże i tak dobrze odbijają światło, że można je zobaczyć nocą z ziemi. W istocie w dzisiejszych czasach krąży wokół Ziemi tyle satelitów, że ich śledzenie stało się popularnym hobby. Ich orbity monitoruje wiele stron internetowych, informujących też o tym, gdzie i kiedy można zobaczyć danego satelitę, oraz o jego jasności na niebie. Ta jasność bierze się z błysków światła słonecznego odbijanych od paneli słonecznych lub lśniącej powierzchni satelity w kierunku Ziemi. Dlatego też satelity są najbardziej widoczne przez kilka godzin tuż po zachodzie słońca lub tuż przed świtem. W tym czasie ciemne niebo pokrywa **cień Ziemi**, ale słońce znajduje się na tyle blisko horyzontu, że oświetla obiekty znajdujące się wysoko nad ziemią. Najbardziej znany satelita krążący wokół Ziemi, Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ang. *International Space Station*), jest też największym i najbardziej widocznym. W większości miejsc na świecie przynajmniej kilka razy w miesiącu można zobaczyć, jak to wybitne osiągnięcie współczesnej techniki przemyka po nocnym niebie. To spektakularny widok.

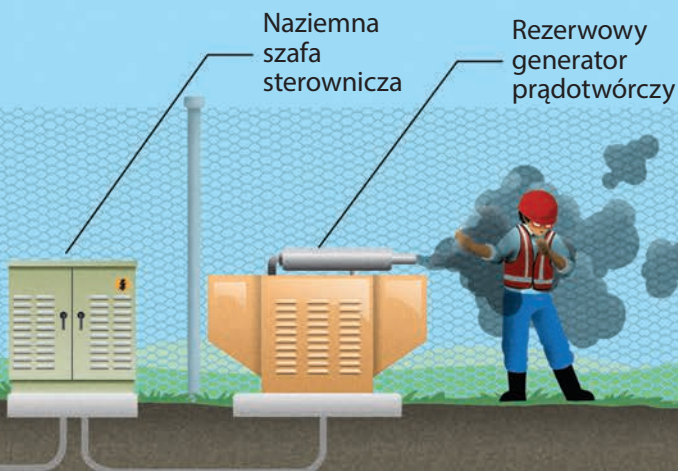
## ZWRÓĆ UWAGĘ



Satelity geostacjonarne znajdują się na orbicie znacznie bardziej oddalonej od Ziemi i dlatego słońce oświetla je przez całą noc. Ta odległość oznacza też jednak, że na nocnym niebie wyglądają o wiele bladziej. Zazwyczaj można je zobaczyć tylko przez teleskop, ale jest też inny sprytny sposób na to, by je zaobserwować – fotografia o długiej ekspozycji. Skieruj kamerę na statywie na równik niebieski i zostaw migawkę otwartą na czas od 2 do 4 minut. Na otrzymanej fotografii zobaczysz długie ślady gwiazd spowodowane obrotem Ziemi. Jeśli jednak przyjrzyj się dokładnie, zobaczysz rząd świetlnych punkcików. To satelity geostacjonarne, które orbitują z prędkością odpowiadającą dokładnie obrotowi Ziemi, dzięki czemu są zawsze widoczne w tej samej części nieba.



Zamaskowane nadajniki sieci komórkowej





## Komunikacja w sieciach komórkowych

Komunikacja bezprzewodowa wiąże się prze-  
ważnie albo z jednostronnym nadawaniem  
sygnału (na przykład radia AM lub FM), albo  
z dwukierunkowymi transmisjami w ograni-  
czonej grupie użytkowników (na przykład  
system łączności dyspozytorskiej policji). Do-  
stępność częstotliwości spektrum fal elektro-  
magnetycznych stosowanych w oddzielnych  
„kanałach” komunikacyjnych jest ograniczo-  
na. Do tego o dostęp do tych nielicznych pasm  
konkuruje wielu użytkowników sygnałów ra-  
diowych, między innymi organizacje bezpie-  
czeństwa publicznego, takie jak policja i straż  
pożarna, wojsko, kontrola ruchu lotniczego  
oraz stacje radiowe i telewizyjne. Udostęp-  
nienie bezprzewodowej telefonii i połącze-  
nia z internetem ogółowi społeczeństwa jest  
dużym wyzwaniem technicznym. Operatorzy  
sieci bezprzewodowych, dysponujący wąskim  
zakresem częstotliwości, potrafili jednak zna-  
leźć innowacyjne sposoby łączenia każdej  
osoby wyposażonej w telefon mobilny zarów-  
no z siecią telefoniczną, jak i z internetem.  
Podstawową innowacją, która to umożliwiła,  
było podzielenie dużych obszarów świadcze-  
nia usługi na mniejsze **komórki** – od których  
pochodzi też nazwa „sieć komórkowa”.

Chociaż bardziej ekonomiczne mogłoby się  
wydawać mocowanie anten komunikacyjnych  
na szczytach wysokich masztów, aby objąć nimi  
jak największy obszar, pozwoliłoby to jednak  
wykonywać jednocześnie tylko kilka połączeń  
(po jednym w każdym kanale dostępnego pas-  
ma częstotliwości radiowych). Zamiast tego  
operatorzy ustawiają wiele mniejszych anten,  
rozproszonych po całym terenie, do obsługi

mniejszych grup klientów. Strategia ta pozwala  
prowadzić przez kilkadziesiąt kanałów miliardy bez-  
przewodowych przekazów dziennie, gdyż w nie-  
przylegających do siebie komórkach można kor-  
zystać z tych samych kanałów (oznaczonych  
na rysunku różnymi kolorami). Każdy operator  
telefonii komórkowej buduje własną sieć ko-  
mórek i zapewnia pokrycie wszystkich terenów,  
poza tymi najrzadziej odwiedzanymi. Chociaż  
ideałem byłaby regularna sześciokątna siatka,  
rozmiary i kształty poszczególnych komórek de-  
terminują topografia terenu, dostępność miejsc  
do ustawiania anten, a szczególnie – zapotrze-  
bowanie na usługi. Komórki na gęściej zalud-  
nionych obszarach są mniejsze, a na obszarach  
wiejskich mogą być znacznie większe.

Utworzenie tych wszystkich komórek odcis-  
nęło w krajobrazie swoje piętno w postaci **stacji  
bazowych**. Stacja bazowa (zwana też *nadajni-  
kiem sieci komórkowej*) ma całą infrastrukturę  
niezbędną do świadczenia usług w jednej lub  
kilku komórkach bezprzewodowych, między  
innymi maszty, anteny, wzmacniacze, sprzęt do  
przetwarzania sygnałów, łącze dosyłowe sieci,  
a czasem, na wypadek zaniku zasilania, akumu-  
latory lub **rezerwowy generator prądotwórczy**.

Znajomym widokiem są wszechobecne  
wieże, na których mocuje się anteny. W prze-  
strzeni miejskiej są to zwykle **podpory jedno-  
słupowe** bądź konstrukcje kratowe. Przetwa-  
rzanie sygnału często następuje w **wyniesionej  
głowicy radiowej** umieszczonej tuż przy ante-  
nach, a kiedy indziej osprzęt radiowy znajduje  
się w **szafie sterowniczej** na poziomie ziemi.  
Wrażliwe urządzenia są chronione przed pio-  
runami przez **piorunochrony**. Na antenach

trzeba też montować środki odstraszające, by zapobiec ich uszkodzeniu przez dziką faunę. Jeśli przyjrzy się dokładnie, zauważy szeroką gamę pomysłów do tego problemu. Najczęściej spotyka się **atrapy** drapieżników (zazwyczaj sów), które odstraszają ptaki, albo wykonane z tworzywa sztucznego **kolce przeciw ptakom**, utrudniające im wspinięcie się i urządzanie noclegowisk. Innym elementem, który można zauważyć na wieży, jest **antena** GPS. Ma ona zwykle kształt jajka i pobiera z satelitów w kosmosie dokładny sygnał zegarowy, konieczny do synchronizacji sprzętu przetwarzającego sygnały.

Stacje bazowe nie zawsze są jednak wolno stojącymi wieżami. Będąc w mieście, miej oczy szeroko otwarte, a zauważy anteny na prawie każdej wysokiej konstrukcji, między innymi budynkach, wieżach ciśnień, słupach teleenergetycznych, a nawet tablicach reklamowych. W istocie wynajem przestrzeni na instalacje nadajników sieci komórkowej stał się dobrze rozwiniętym rynkiem, na którym działają agenci, firmy inwestycyjne i inni gracze znani z tradycyjnego rynku nieruchomości. Operatorzy często wspólnie użytkują wieże i budynki, by ograniczyć koszty i zmniejszyć wizualny wpływ na krajobraz tego rzucającego się w oczy rodzaju infrastruktury. Na jednej wieży nierzadko stosuje się dwie lub więcej **wysokości zawieszenia anten**. Innym sposobem ograniczenia widoczności wieży komórkowej jest przebranie jej za coś bardziej naturalnego, na przykład drzewo czy kaktus. Wśród tych **zamaskowanych nadajników sieci komórkowej** jedne przebijają drugie swoją niewidzialnością.

W dzisiejszych czasach człowiek prawie zawsze znajduje się w zasięgu zestawu prostokąt-

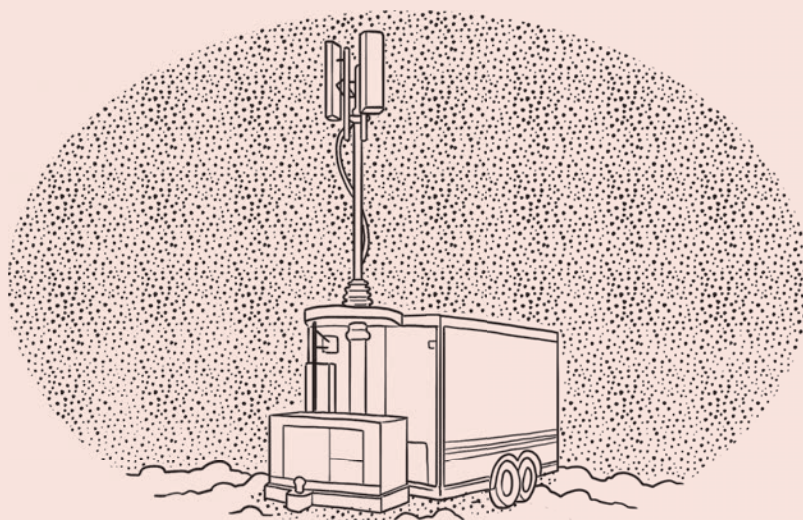
nych **anten sektorowych**, wysyłających sygnał do urządzeń mobilnych i odbierających go od nich. Te anteny są silnie kierunkowe i pozwalają zachować między komórkami wyraźne granice. Zwykle obejmują zasięgiem obszar o promieniu 120 stopni. Trójkątne **wsporniki** na szczytach niektórych wież pozwalają na obsłużenie antenami z jednej stacji trzech komórek. Każdą z anten starannie się wykierowuje, by uniknąć interferencji z sąsiednimi komórkami. Można zauważyć, że niektóre anteny są odchylone w dół, co ma ograniczyć przenikanie sygnału poza granice komórki. **Charakterystyka promieniowania** poszczególnych sektorów anten jest mniej więcej dookólna. Jeśli wziąć pod uwagę to, że ich sygnał musi na siebie zachodzić, aby możliwe było przekazanie w sposób cyfrowy urządzenia przenoszonego z jednej komórki do drugiej, otrzymujemy mniej więcej sześciokątną siatkę.

Połączenie poszczególnych stacji bazowych z siecią szkieletową nosi nazwę **dosyłu**. W większości wypadków dosył do stacji bazowej jest realizowany przy użyciu światłowodu prowadzącego do najbliższej centrali. Jeśli położenie światłowodu jest niemożliwe, operatorzy mogą korzystać z dosyłu bezprzewodowego. Okrągłe, wystające elementy przypominające kształtem bębny basowe, widoczne czasem na wieżach telefonii komórkowej, są tak naprawdę **antenami mikrofalowymi** o dużej wydajności. Pod pokrywą ochronną znajduje się paraboliczna czasza podobna do tych, za pomocą których sygnał jest wysyłany do satelitów i z nich odbierany. Są to anteny kierunkowe. Gdyby udało Ci się stanąć pod jedną z nich i popatrzeć przed siebie, być może wpadłoby Ci w oczy, że na odległej wieży znajduje się druga antena, skierowana bezpośrednio na Ciebie.

Spośród wszystkich zagadnień opisanych w tej książce to właśnie infrastruktura telefonii komórkowej prawdopodobnie zmienia się najszybciej. Z początku służyła do dostarczania mobilnych usług telefonicznych, a obecnie zapewnia wielu ludziom podstawowy dostęp do internetu. Rozmowy głosowe stały się w telefonie komórkowym funkcją drugorzędną, i to do tego stopnia, że wiele osób woli używać słowa „urządzenie” niż „telefon”. W sytuacji

gdy dostęp do internetu uzyskuje coraz więcej gadżetów (co często określa się terminem *internetu rzeczy* – IoT, ang. *Internet of Things*), można się tylko spodziewać, że zapotrzebowanie na usługi bezprzewodowe o dużej szybkości będzie rosło. Operatorzy sieci komórkowych nadal będą musieli wprowadzać innowacje, a to oznacza, że dzisiejsza infrastruktura komórkowa może w ogóle nie przypominać tej, która nadejdzie jutro.

## ZWRÓĆ UWAGĘ



Podczas dużych imprez sportowych i koncertów zapotrzebowanie na usługi sieci komórkowej znacznie przekracza jej pojemność. Do tego klęski żywiołowe i nagłe wypadki mogą przerwać działanie istniejących sieci telekomunikacyjnych wtedy, gdy są najbardziej potrzebne. Rozwiązaniem tego problemu są mobilne nadajniki sieci komórkowej, które umożliwiają rozszerzanie sieci komórkowych na życzenie w celu zwiększenia ich pojemności lub tymczasowego rozszerzenia świadczonych usług na nowe obszary. Takie wieże, mocowane do ciężarówek i przyczep, które Amerykanie nazywają czule „krowami” (ang. COWs, od *cell site on wheels* – przesyłny nadajnik sieci komórkowej), operator może w każdej chwili wynająć i wdrożyć w sieci. Na następnej dużej imprezie, na którą się wybierzesz, poszukaj teleskopowych masztów zamocowanych do przyczep lub ciężarówek i ciesz się z tego, że masz usługę sieci komórkowej wtedy, gdy potrzebujesz dostępu do biletu zapisanego w telefonie komórkowym albo chcesz wysłać gdzieś nagranie z imprezy.



# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA  
**Helion**



Bywa, że na wycieczkę w teren zabieramy ze sobą atlasy roślin, owadów czy ptaków, pozwalają nam bowiem poznać zachwycające cuda przyrody. Aby uzyskać kompletny obraz otaczającego nas świata, powinniśmy bliżej przyjrzeć się również konstrukcjom wykonanym ręką człowieka – na które, co często się zdarza, na pierwszy rzut oka nie zwracamy uwagi. Tymczasem dzieła inżynierów, stanowiące świadectwo ludzkiej pomysłowości i wytrwałości, fascynują szczegółami swojej budowy i funkcjonalności.

Potraktuj tę książkę jako świetnego towarzysza wycieczek. Zawarte w tym przewodniku barwne ilustracje i wyczerpujące, przejrzyste podane informacje sprawiają, że inaczej spojrzysz na różne elementy konstrukcji technicznych. Zrozumiesz fascynujące szczegóły działania urządzeń stworzonych przez ludzi. Nauczysz się rozpoznawać cechy charakterystyczne sieci elektroenergetycznej, dróg, kolei, mostów, tuneli, dróg wodnych i innych rozwiązań technicznych. Przekonasz się, jak wielką przyjemność daje „wypatrywanie infrastruktury”, a odkrywanie przeznaczenia napotkanych urządzeń stanie się Twoim hobby!



#### GRADY HILLHOUSE

jest inżynierem budownictwa i popularyzatorem wiedzy naukowej. Jego kanał w serwisie YouTube *Practical Engineering* ma ponad 2 miliony subskrybentów. Wcześniej pracował jako inżynier konsultant nad różnorodnymi projektami z dziedziny infrastruktury, szczególnie nad zaporami wodnymi i budowlami hydrotechnicznymi.

*Najszlachetniejszą przyjemnością jest radość zrozumienia.*

Leonardo da Vinci

**Helion**  
helion.pl  
HELION S.A.  
ul. Kościuszki 1c  
44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
helion@helion.pl

KOD KORZYŚCI  
Sięgnij po więcej! ▶



ISBN 978-83-289-1008-9



Cena: 59,90 zł