

## Parametry anten WLAN

Dobór anten do sieci WLAN wymaga zrozumienia, co kryje się za ich parametrami:

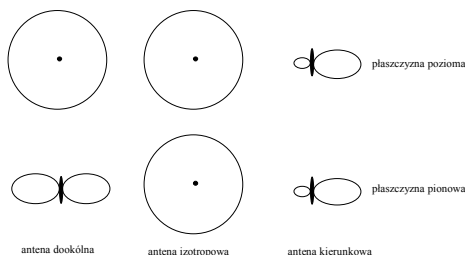
- charakterystyka promieniowania – opisuje wartość natężenia pola dla różnych kierunków promieniowania anteny, określony w tej samej odległości od anteny
- zysk anteny – mówi ile razy moc promieniowana przez antenę jest większa od mocy promieniowanej przez antenę wzorcową. Zazwyczaj anteną wzorcową jest antena izotropowa (bezkierunkowa),
- impedancja anteny – obciążenie jakie reprezentuje antena,
- polaryzacja – płaszczyzna, w której zmienia się pole elektryczne,
- pasmo – zakres częstotliwości w którym antena zachowuje nominalne parametry.

### Charakterystyka promieniowania anten

Jeżeli energia z anteny wypromieniowywana jest w każdym kierunku jednakowo, to jest antena o charakterystyce dookolnej. Gdy energia jest wypromieniowywana w określonym kierunku, mówimy o antenie kierunkowej.

Szczególnym przypadkiem anteny dookolnej jest antena izotropowa, której charakterystyka jest w kształcie kuli. Antena izotropowa jest anteną wzorcową, czyli taką która jest odniesieniem przy ocenie i pomiarach parametrów anten rzeczywistych.

Typowym zastosowaniem anten dookolnych są stacje bazowe czy punkty dostępowe. Większość anten dookolnych pracuje z polaryzacją pionową, jednym z wyjątków są anteny wyposażone w szczeliny z dwóch stron falowodu, które pracują, podobnie jak zwykłe anteny szczelinowe (z zestawem szczelin z jednej strony falowodu), z polaryzacją poziomą. Warto pamiętać, że anteny szczelinowe o przekroju falowodu około 10\*2,5 cm mają polaryzacją pseudo dookólną (to znaczy po bokach są luki w charakterystyce), dopiero zwiększenie przekroju do około 10x5 cm powoduje, iż charakterystyka jest zbliżona do dookolnej.



charakterystyki promieniowania anten

### Zysk anteny

Zysk anteny określa zdolność anteny do kierunkowego wypromieniowywania energii przez daną antenę w porównaniu do anteny wzorcowej. Inaczej mówiąc, ten parametr informuje nas, ile razy moc promieniowana przez antenę w kierunku maksymalnego promieniowania jest większa od mocy promieniowanej (przy tej samej mocy doprowadzonej) anteny wzorcowej.

Zazwyczaj anteną wzorcową jest antena izotropowa (bezkierunkowa) i wtedy zysk oznaczamy symbolem  $G_{dBi}$ . Gdy anteną odniesienia jest dipol półfalowy, wtedy zysk oznaczamy  $G_{dBd}$ .

Obie wielkości są związane zależnością:

$$G_{dBi} = G_{dBd} + 2,15.$$

Oznacza to, iż zysk liczony względem anteny izotropowej jest większy liczbowo niż względem anteny dipolowej, dlatego producenci podają właśnie zysk  $G_{dBi}$ , gdyż przeciętny klient zawsze woli antenę o większym zysku. Jeśli nie jest zaznaczone, względem czego jest obliczany zysk, to jest on liczony w odniesieniu do anteny izotropowej.

### Impedancja anteny

Kolejny parametr, to impedancja anteny, czyli obciążenia jakie przedstawia antena dla generatora (urządzenia będącego źródłem sygnału). Impedancja anteny zależy od geometrii anteny oraz od częstotliwości. Poza tym na impedancję wpływa obecność innych anten i obiektów znajdujących się w pobliżu. Z punktu widzenia sprawności układu urządzenie-kabel-antena wymagane jest, by wszystkie elementy toru transmisyjnego miały taką samą impedancję. Tylko wtedy następuje przekazanie całej (prawie, bo kable i złącza mają pewne tłumienie) energii z urządzenia do anteny i jej wypromieniowanie. W skrajnym przypadku duże niedopasowanie impedancji może spowodować uszkodzenie urządzeń nadawczych. Problem dotyczy urządzeń większej mocy (od kilku W). W radiokomunikacji, generalnie, stosujemy urządzenia o impedancji 50 omów.

### Polaryzacja

Drgania fal elektromagnetycznych odbywają się w ściśle określonych płaszczyznach. Fale elektromagnetyczne mogą drgać zarówno w płaszczyźnie poziomej jak i pionowej.

W przypadku gdy drgają tylko w jednej płaszczyźnie – mówimy o polaryzacji liniowej – pionowej lub poziomej.

Gdy drgają w obu płaszczyznach – mówimy o polaryzacji kołowej lub eliptycznej – prawoskrętnej i lewoskrętnej. Dość często spotykane jest pojęcie polaryzacji ortogonalnej, oznacza ono polaryzację przeciwną do danej. Np. polaryzacje ortogonalne to pionowa i pozioma czy prawoskrętna i lewoskrętna. Warto pamiętać, że choć antena nadaje w jednej polaryzacji to na skutek odbić i przejść przez obiekty sferyczne następują zmiany polaryzacji, wskutek czego do anteny odbiorczej dochodzą fale w obu polaryzacjach. To zjawisko ogranicza możliwość niezależnej pracy dwóch systemów w jednym kanale, nadających na polaryzacji ortogonalnej.

## Pasmo

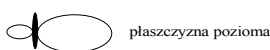
Pasmo anteny to zakres częstotliwości w którym antena zachowuje nominalne (deklarowane) parametry. Wyznaczając pasmo pracy najważniejsze jest dopasowanie, i w mniejszym stopniu zysk oraz charakterystyka. Dość często dopasowanie i inne parametry anteny są zachowane w szerszym zakresie niż jest to podawane (zazwyczaj jeśli antena przeznaczona jest np. do sieci na 2,4 GHz, to podaje się pasmo pracy 2,400-2,4835 GHz, choć naprawdę może być ono większe).

# Typy anten

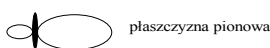
## Anteny Yagi – idealne anteny klienckie



Popularność anten typu Yagi wynika z ich niskiej ceny i parametrów, które są optymalne dla anten pracujących u abonentów. Najważniejsze zalety to łatwy montaż, wynikający z optymalnego kąta połowy mocy. Jest on na tyle duży że ustawienie anteny nie musi być tak dokładne jak w antenach parabolicznych czy offsetowych, a jednocześnie na tyle mały iż skutecznie pozwala na eliminację zakłóceń przychodzących z innych kierunków. Kąt połowy mocy dla anteny ATK-8/2,4GHz [A7120](#) wynosi w poziomie 46 stopni i w pionie 42 stopnie, natomiast dla anteny ATK-16/2,4GHz [A7124](#) wynosi w poziomie 25 stopni i w pionie 29 stopni.

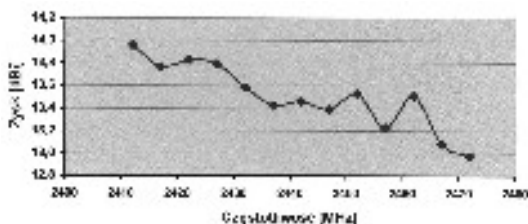


płaszczyzna pozioma



płaszczyzna pionowa

Charakterystyki anten Yagi



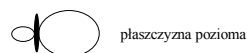
Charakterystyka zysku anteny ATK-16 [A7124](#) w funkcji częstotliwości. Charakterystyki wykonano w Centralnym Laboratorium Badań Technicznych analizatorem sieci HP8752A na stanowisku pomiarowym umieszczonym w komorze bezodbiciowej Instytutu Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej

## Anteny panelowe

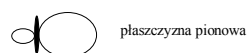


Podobnie jak anteny Yagi-Uda są przeznaczone do stosowania jako anteny klienckie, choć czasem także w stacjach bazowych, gdzie współpracują z punktami dostępowymi. Zazwyczaj mają zysk 8 dBi, choć są też w wykonaniach o zysku 12 dBi i

większym. Anteny panelowe mają kąt połowy mocy w poziomie węższy niż sektorowe, ale za to szerszy w pionie. Typowo kąt połowy mocy w poziomie i pionie w antenach panelowych wynosi od 70 (anteny o zysku 7dBi, [A7132](#)) do 19 stopni (anteny o zysku 15dBi, [A7127](#)).



płaszczyzna pozioma



płaszczyzna pionowa

### Charakterystyki anten panelowych

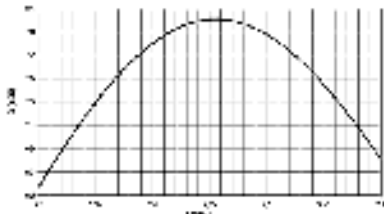
## Anteny mikropaskowe – odmiana anten panelowych



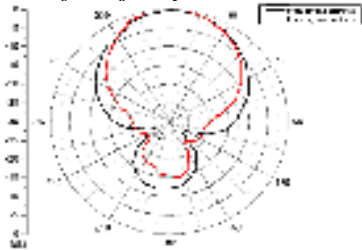
W przypadku sieci WLAN, poza dobrymi parametrami anteny wymagane są małe wymiary i masa oraz estetyka wyglądu. Anteny mikropaskowe spełniają te wymogi, a na dodatek, przy zachowaniu reżimu technologicznego (m.in. kontrola parametrów laminatu stosowanego w produkcji) zapewniają wysoką powtarzalność parametrów i dużą odporność anten na warunki atmosferyczne. Anteny mikropaskowe cechuje możliwość wykonania w wersjach pracujących na częstotliwościach kilku i więcej GHz i o różnych charakterystykach promieniowania, np. sektorowej. Przykładem takich anten są ATK-P1/2,4GHz z 5m kabla [A7130](#) oraz ATK-P1/2,4GHz z 3m kabla [A7132](#). Obie anteny wyposażone są we wtyki SMA R/P, mają zysk 7 dBi (bez uwzględnienia tłumienia kabla).



Uproszczony schemat anteny mikropaskowej



Charakterystyka zysku anteny ATK-P1/2,4GHz [A7130](#) w funkcji częstotliwości



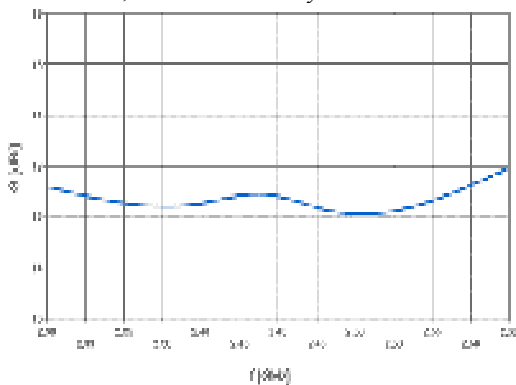
Charakterystyka promieniowania anteny ATK-P1/2,4GHz w płaszczyźnie pionowej i poziomej



Antena w trakcie badań w komorze bezodbiciowej



Antena WLAN Wi-Fi mikropaskowa panelowa ATK-4 / 2,4GHz [A7127](#) - zysk 15dBi



Charakterystyka zysku anteny WLAN Wi-Fi mikropaskowa panelowa ATK-4/2,4GHz 15dBi [A7127](#). Charakterystyki wykonano w komorze bezodbiciowej Instytutu Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej

## Anteny Yagi czy anteny panelowe

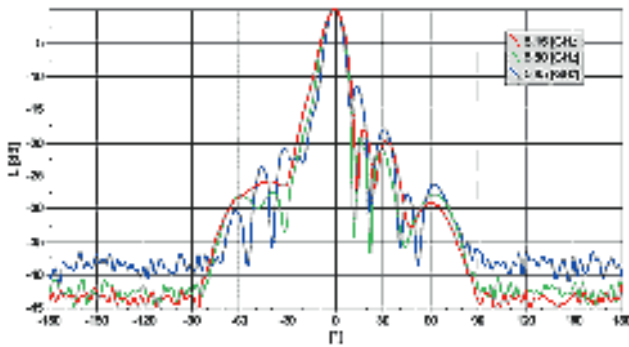
Popularność anten typu Yagi wynika z ich niskiej ceny i parametrów, które są optymalne dla anten pracujących u abonentów. Najważniejsze zalety to łatwy montaż, wynikający z optymalnego kąta połowy mocy. Jest on na tyle duży że ustawienie anteny nie musi być tak dokładne jak w antenach parabolicznych czy offsetowych, a jednocześnie na tyle mały iż skutecznie pozwala na eliminację zakłóceń przychodzących z innych kierunków. Anteny panelowe, podobnie jak anteny Yagi-Uda są przeznaczone do stosowania jako anteny klienckie, choć czasem także w stacjach bazowych, gdzie współpracują z punktami dostępowymi. Ich zyski są podobne jak te osiągnięte przez anteny Yagi. Są jednak zasadniczo różnice. Anteny panelowe mają kąt połowy mocy węższy niż Yagi, czyli są bardziej kierunkowe. Poza tym dobrze zaprojektowana antena panelowa powinna być odporna na sygnały o polaryzacji ortogonalnej, czyli np. gdy odbieramy polaryzację pionową, polaryzacja pozioma powinna być maksymalnie stłumiona. Antena ATK-P4 [A7127](#) tłumi polaryzację ortogonalną o co najmniej 29 dB.

Nazwa	ATK 16/2,4 GHz	ATK-P4/2,4GHz
Kod	<b>A7124</b>	<b>A7127</b>
Zysk [dB]	13	> 15
Pasma [MHz]	2400-2483	2400-2483
Polaryzacja	V/H	V/H
Szerokość wiązki H/V	25/29	19/19
Promien. przód/tył [dB]	>15	>25

## Anteny panelowe w paśmie 5 GHz



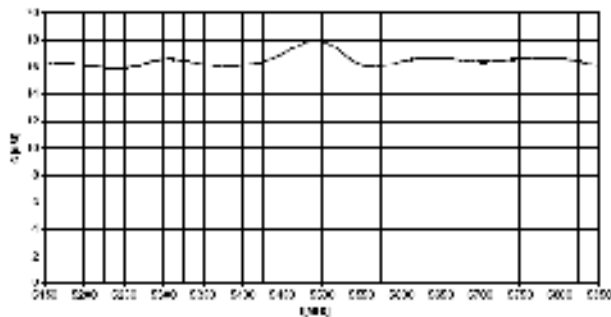
Anteny Yagi-Uda, popularne w paśmie 2,4 GHz nie nadają się do pracy w pasmach wyższych. Ze względów konstrukcyjnych anteny Yagi-Uda powinny być projektowane i budowane do częstotliwości 1 GHz. Jednakże w praktyce jeszcze w paśmie 2,4 GHz da się zaprojektować i wprowadzić do produkcji seryjnej antenę Yagi. W pasmach powyżej 1 GHz najczęściej stosuje się anteny paraboliczne – gdy potrzebna jest antena o dużym zysku, tubowe oraz mikropaskowe. Przykładem może być antena ATK-P8/5,5 GHz [A73902](#), którą wyróżnia duże tłumienie polaryzacji ortogonalnej, czyli niepożądaną, co zwiększa jej odporność na zakłócenia oraz wysokie tłumienie listków bocznych oraz duży stosunek promieniowania przód-tył, antena jest zoptymalizowana by była jak najmniej wrażliwa na sygnały dochodzące spoza głównej wiązki anteny.



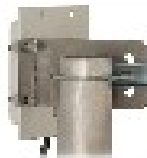
Charakterystyka promieniowania anteny ATK-P8/5,5GHz [A73902](#) w płaszczyźnie pionowej



Antena panelowa ATK P4/5,5 GHz [A73901](#) posiada wyżej wymienione zalety anteny ATK-P8/5,5, dużą popularność na rynku zdobyła dzięki małym wymiarom i stosunkowo dużemu zyskowi wynoszącemu 16 dB.



Charakterystyka zysku anteny ATK P4/5,5 GHz [A73901](#)



W wielu zastosowaniach anten panelowych konieczne jest stosowanie pochylenia anten służy do tego uchwyt ATK-PI [E9260](#)

## Anteny offsetowe i paraboliczne



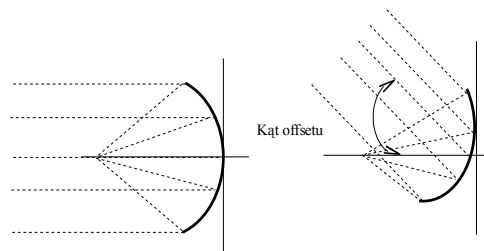
Ta grupa anten posiada największy zysk i kierunkowość. Takie anteny są stosowane do połączeń punkt-punkt (czyli do tworzenia linków radiowych) oraz jako anteny klienckie, gdy ci są znacznie oddaleni od AP.

Anteny paraboliczne posiadają dwie wersje, jedna z reflektorem symetrycznym, a druga z reflektorem offsetowym.

W sieciach bezprzewodowych, rozpatrując łatwość montażu, zdecydowanie lepsze są anteny paraboliczne symetryczne. W antenach parabolicznych offsetowych (podświetlonych) aby prawidłowo skierować oś główną charakterystyki anteny na inną antenę umieszczoną przy ziemi, należy antenę skierować ku ziemi o wartość kąta offsetu (zwany też kątem podświetlenia, zazwyczaj wynoszący 22-26 stopni) co czasem jest dość kłopotliwe, ze względu na sposób mocowania.

Dlatego z punktu widzenia montażu lepsze są anteny paraboliczne proste lub anteny z reflektorem paraboloidalnym (np. firmy Pacific Wireless [A73302](#)

25dB GRID56025, [A73303](#) 28dB GRID56028 Pacific). Z kolei anteny offsetowe, z racji tego, iż korzystają z reflektora od typowych anten satelitarnych są dużo tańsze, a ich parametry elektryczne są też dobre. Przykładem są anteny FUSSION 2,4 GHz 21dB [A7134](#).



Antena paraboliczna symetryczna i podświetlana (offsetowa)



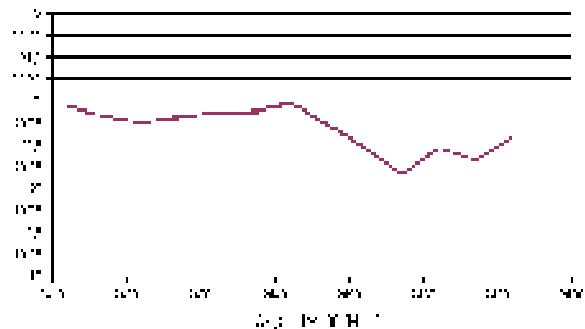
płaszczyzna pozioma



płaszczyzna pionowa

Charakterystyki anten kierunkowych parabolicznych i offsetowych

Zysk w dB A7134



Charakterystyka zysku anteny WLAN Wi-Fi Fussion [A7134](#) 21dBi. Charakterystyki wykonano w komorze bezodbiciowej Instytutu Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej

## Anteny dookolne



Anteny dookolne są to anteny posiadające w poziomie szerokość wiązki równą 360 stopni. W poziomie zaś kąt połowy mocy zwykle nie przekracza 15 stopni.

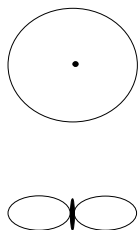
Anteny te są głównie stosowane jako punkt bazowy w sieci typu punkt-wielopunkt. Przy zastosowaniu takiej anteny nie ma już konieczności tworzenia w punkcie bazowym połączeń kilku anten np. sektorowych, co wprowadzałoby dodatkowe tłumienie na rozgałęźnikach. Przy projektowaniu



łącza z anteną dookólną należy pamiętać, że zbyt duży zysk może być źródłem zakłóceń istniejących już sieci. Tak więc optymalna to nie to samo co najmocniejsza. Podczas projektowania łącza z anteną dookólną, należy szczególnie pamiętać, aby anteny znajdowały się na zbliżonej wysokości, ponieważ mały kąt połowy mocy w pionie może powodować, że emitowana wiązka nie będzie trafiać w antenę odbiorczą.

Przykładem anteny dookólnej pracującej w paśmie 2,4 GHz jest Patria 10dB [A7113](#).

W paśmie 5GHz można skorzystać z anten firmy Mars MA-WO58-9X WLAN 9 dB [A73121](#) lub Pacific Wireless OD58 polaryzacja V 12dB [A73320](#).



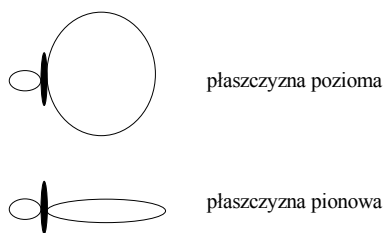
Charakterystyki anten dookólnych

## Anteny sektorowe



Antena sektorowa to antena o szerokim kącie połowy mocy w poziomie i bardzo wąskim w pionie. Zazwyczaj anteny te pracują w zestawach po kilka anten połączonych tak by w sumie dawały kołową charakterystykę promieniowania. Zazwyczaj kąt połowy mocy w poziomie wynosi 45, 60, 90, 120 a czasem 180 stopni. W pionie typowo 4-10 stopni. Anteny sektorowe stosowane są do pokrycia dużych obszarów o dużej gęstości ruchu. Klasyczną anteną sektorową jest antena szczelinowa sektorowa Vector Mini WLAN 2,4 GHz 19 dB [A72311](#) lub antena szczelinowa sektorowa Radius XP WLAN 2,4 GHz [A72314](#).

W przypadku pasma 5 GHz polecamy antenę sektorową TetraAnt WLAN 5 GHz 16 dB [A73811](#) lub antenę sektorową GigaSektor WLAN 5 GHz 16 dB [A73721](#).

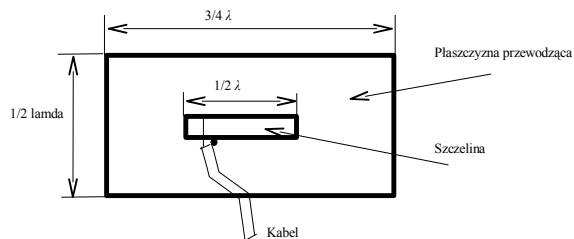


Charakterystyki anten sektorowych

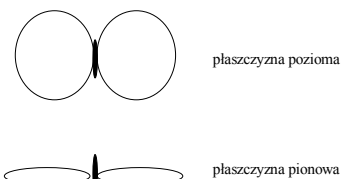
## Anteny szczelinowe

Zazwyczaj anteny sektorowe i niektóre dookólne wykonane są jako anteny szczelinowe. Budowa podstawowej wersji anteny szczelinowej jest dość prosta. Antena składa się z kawałka płaszczyzny przewodzącej i wyciętej w niej szczeliny o takich samych wymiarach jak antena liniowa (np. połowa długości fali). Ciekawą cechą takiej anteny jest polaryzacja – dla szczeliny wyciętej poziomo jest ona pionowa, a dla szczeliny wyciętej pionowo jest ona pozioma. Charakterystyka takiej anteny

jest kierunkowa, o kącie połowy mocy w poziomie rzędu 120 stopni i kącie połowy mocy w pionie rzędu 10 stopni. W tej technice można też wykonać anteny o charakterystyce pseudo-dookólne, poprzez wycięcie szczelin z obu stron falowodu anteny. Ten typ anteny dookólnej ma charakterystykę typu 2\*120 stopni.



Charakterystyki anten sektorowych dookólnych



Prosta antena szczelinowa

## Anteny WiMAX

Anteny pracują w paśmie 3400-3700 MHz, zabezpieczając pokrycie praktycznie całego pasma WiMAX. Wszystkie anteny są wyposażone w gniazdo N.

Kod	Antena	Zysk
<a href="#">A74101</a>	panelowa P-1035 3,5 GHz	8,5 dBi
<a href="#">A74111</a>	offsetowa IRIS-35 3,5 GHz	22 dBi
<a href="#">A74121</a>	sektorowa VS-1035 3,5 GHz	10,5 dBi
<a href="#">A74211</a>	sektorowa MA-WE36-7X	15 dBi
<a href="#">A74201</a>	panelowa MA-WA35-2X	18 dBi

## Anteny adaptacyjne – przyszłość sieci radiowych

Anteny adaptacyjne to, tak naprawdę układ anten gdzie możliwe jest sterowanie ich charakterystyką. Możliwe staje się np. naprowadzenie głównej wiązki anteny na stację kliencką (jak również naprowadzenie głównej wiązki anteny stacji klienckiej na stację bazową), co pozwala na optymalizację warunków pracy sieci, ogranicza zakłócenia interferencyjne – czyli poprawia wykorzystanie widma. Adaptacyjny układ antenowy składa się z kilku elementów rozmieszczonych przestrzennie i połączonych za pomocą układu sumująco-decyzyjnego, który stosowanie do odbieranego sygnału i jego parametrów zmienia współczynniki przetwarzania sygnałów z poszczególnych elementów antenowych, tym samym zmieniając charakterystykę wypadkową. Jednym z przykładów takiej anteny jest antena z fazowaną matrycą. Idea takich anten znana jest od dość dawna, choć niektórzy producenci anten WLAN reklamują jako nowość, używając, zgodnie z modą, nazwy anteny inteligentne.

# Zabezpieczenia anten nadawczych



Wiele anten może pełnić rolę zabezpieczenia przed wyładowaniami atmosferycznymi urządzeń nadawczych, np. punktów dostępowych. Są to anteny, których elementy promieniujące są zwarte dla innych częstotliwości niż częstotliwość pracy. Jednakże, nie jest to idealne zabezpieczenie, gdyż nie chroni przed bezpośrednim wyładowaniem. Jednym z lepszych rozwiązań jest montaż

anteny na maszcie, którego podstawę podłączamy do instalacji odgromowej, i dodatkowo, przedłużamy maszt, tak, by przewyższał on zamontowaną na nim antenę. W razie wyładowania, jest ono odprowadzane poprzez maszt do instalacji odgromowej. Między AP a anteną warto zamontować odgromnik. W przypadku instalacji 2,4 GHz, może to być [N6015](#) pracujący w paśmie od 2,3 do 2,6 GHz. Należy bezwzględnie uziemić odgromnik poprzez zacisk uziemiający przewodem miedzianym.

## Kabel

### Wpływ kabla na zasięg sieci WLAN

Zmiana kabla na inny, o mniejszym tłumieniu, pozwala zwiększyć moc doprowadzoną do anteny, a tym samym zwiększyć moc promieniowaną, co wpływa na zasięg. Np. zamiana 10m kabla H155 na 10m kabla H1000 zwiększa moc promieniowaną dwukrotnie, co przekłada się na zwiększenie zasięgu o 20-40%. W przykładzie i tabelce założono, iż tłumienie jest tłumieniem w wolnej przestrzeni i jest wolna pierwsza strefa Fresnela. Jak widać, do 10 m, nie jest istotne czy użyjemy kabla H-155 czy H-1000, dopiero powyżej tej długości wpływ jest znaczący.

Długość [m]	Tłumienie [dB]		wzrost mocy [dB]	wzrost zasięgu [%]
	H-155	H-1000		
5	2,5	1,15	1,35	16
10	5	2,3	2,7	36
15	7,5	3,45	4,05	68
20	10	4,6	5,4	86
25	12,5	5,75	6,75	110

### Złącza i kable na 5 GHz

Do pracy w zakresie 5-6 GHz przystosowane są kable CNT-400 [E1162](#) i TriLan 240 [E1171](#). Należy też pamiętać, iż większość powszechnie dostępnych tanich złączy pracuje poprawnie tylko do częstotliwości około 1 GHz lub maksymalnie 2 GHz. Przy większych częstotliwościach wymagane jest zastosowanie specjalnych złączy. Do kabla CNT-400 można polecić 400-PNM-C [E84726](#) i 400-PNF-BHC [E84312](#) firmy Andrew, natomiast do kabla Tri-Lan 240 – złącza typu N np. [E84704](#) [E84329](#) amerykańskiej firmy Telegartner. Kabel CNT-400 może być używany także w profesjonalnych systemach antenowych jako kabel

zasilający w urządzeniach mniejszej, czy łącznik w systemach większej mocy (przy mocach rzędu 0,2 kW przy 6 GHz, aż do 2 kW przy 100 MHz). Złącza pracują w całym zakresie częstotliwości pracy kabla. Przewód przeznaczony jest do używania na zewnątrz.

### Praca kabli H-1000 i H-155 na częstotliwości 5-6 GHz

W katalogach tłumienie tych kabli podawane jest tylko do 2,4 GHz. Jest to spowodowane faktem, były one projektowane do tego rzędu częstotliwości. Nie gwarantuje się poprawnej pracy na wyższych częstotliwościach.

### Tri-Lan 240 [E1171](#) - małe straty

Przewód, oprócz niskiej tłumienności, zapewniającej małe straty sygnału, pozwala oszczędzać na kosztach instalacji. Może być stosowany w instalacjach WLAN 2,4 GHz i 5 GHz. W pasmie pracy H-155, czyli do 2,4 GHz Tri-Lan 240 ma tłumienność o ponad 20% mniejszą. Zastosowanie go w systemach 2,4 GHz pozwoli na zwiększenie zasięgu przy tej samej długości kabla, a ponadto na ewentualną późniejszą migrację do 5 GHz bez konieczności zmiany okablowania. Należy stosować wtedy złącza przeznaczone do pracy do 6 GHz – złącza typu N np. [E84704](#) [E84329](#). Płaszcz przewodu jest wykonany w technologii PE (odporność na UV), co pozwala na stosowanie Tri-Lan 240 na zewnątrz.

