

BIAŁA KSIĘGA

# Rozwiązania WDR dla materiału dowodowego

Marzec 2026

# Streszczenie

Sceny zawierające zarówno bardzo ciemne, jak i bardzo jasne obszary są dla kamery problemem. W systemach bezpieczeństwa typowymi przykładami scen o szerokim zakresie dynamiki (wide dynamic range – WDR) są drzwi wejściowe, zadaszone parkingi oraz tunele, w których występuje duży kontrast między światłem wpadającym z zewnątrz i ciemniejszym wnętrzem. Sporym wyzwaniem są także sceny zewnętrzne z bezpośrednim światłem słonecznym i cieniami.

Opracowano kilka metod umożliwiających kamerom lepsze odwzorowywanie całej zawartości sceny. Żadna technika samodzielnie nie jest optymalnym rozwiązaniem we wszystkich scenach i sytuacjach, a każda metoda ma swoje wady, do których należy m.in. wprowadzanie różnych nieprawidłowości wizualnych nazywanych artefaktami.

Axis oferuje różne rozwiązania WDR, w tym dwa rozwiązania przeznaczone do materiałów dowodowych, które stanowią rewolucyjny krok naprzód w dziedzinie obrazowania trudnych scen z wysokim kontrastem. Ich niezrównana zdolność do wydobywania szczegółów w ciemnych partiach sceny bez prześwieclania jasnych obszarów pozwala uzyskiwać obrazy, które mają wyjątkową wartość na etapie prac dochodzeniowych.

Rozwiązania WDR firmy Axis obejmują Forensic WDR, WDR – Forensic Capture, WDR – Dynamic Capture oraz WDR – Dynamic Contrast. Większość kamer firmy Axis wykorzystuje technologię Forensic WDR, która opiera się na podwójnej ekspozycji. Gdy ta funkcja jest wyłączona, kamery automatycznie przełączają się na tryb WDR – Dynamic Contrast.

Niektóre kamery Axis poszerzają zakres dynamiki przy użyciu niewymienionych połączeń poszczególnych metod. W kamerach tych rozwiązanie WDR jest dostosowane do konkretnego modelu urządzenia, a w kartach katalogowych i innych informacjach o produkcie jest określone skrótem „WDR”.

Zakres dynamiki kamery zazwyczaj określa się w decybelach (dB), ale rzeczywista wydajność w trybie WDR jest trudna do zmierzenia i zależy także od innych czynników, takich jak złożoność sceny, ilość występującego w niej ruchu i możliwości przetwarzania obrazu dostępne w kamerze.

Podczas opracowywania kamer dla firmy Axis priorytetem jest nie tyle pomiar i wyspecyfikowanie wysokiej wartości dB, ile użyteczność w pracach dochodzeniowych i jakość obrazu. To sprawia, że kamera Axis o określonym zakresie dynamiki może wydajnością przewyższać konkurencyjną kamerę o wyższej wartości dB.

# Spis treści

1	Wprowadzenie	4
2	Sceny z szerokim zakresem dynamiki	4
3	Fizyczne ograniczenia zakresu dynamiki kamery	5
3.1	Rozmiar pikseli i czas ekspozycji	5
3.2	Szumy i głębia bitowa	5
3.3	Wyświetlanie obrazu	6
4	Najczęstsze metody zwiększenia zakresu dynamiki kamery	6
4.1	Korzystanie z wielu ekspozycji	6
4.2	Korzystanie z pikseli o różnej czułości	6
4.3	Korzystanie ze wzmocnienia kontrastu	7
4.4	Korzystanie z lokalnego wzmocnienia kontrastu	7
5	Obrazowanie WDR w kamerach Axis	7
5.1	Wydajność WDR według Axis	7
5.2	Rozwiązania WDR oferowane przez Axis	8
6	Dostępny zakres dynamiki podany w dB	10
7	Artefakty na obrazach rejestrowanych w trybie WDR:	10

# 1 Wprowadzenie

Kamery zazwyczaj mają problemy ze scenami o szerokim zakresie dynamiki, czyli takimi, w których występuje duże zróżnicowanie poziomów oświetlenia. W tym dokumencie omówiono techniczne uwarunkowania ograniczeń zakresu dynamiki kamery, opisano najważniejsze dostępne metody uzyskiwania dobrych efektów w trybie WDR oraz przedstawiono rozwiązania WDR od Axis, dzięki którym można uzyskać materiał wizyjny o maksymalnej użyteczności i wartości podczas prac wyjątkowych.

## 2 Sceny z szerokim zakresem dynamiki

Zakres dynamiki odnosi się do różnic w poziomie oświetlenia między najjaśniejszymi i najciemniejszymi partiami sceny lub obrazu. Dlatego scena o szerokim zakresie dynamiki zawiera zarówno bardzo jasne, jak i bardzo ciemne obszary. Oto typowe przykłady takich scen występujące w dozorze:

- Drzwi wejściowe ze światłem dziennym na zewnątrz i ciemniejsze wnętrze pomieszczenia
- Zadaszone parkingi lub tunele ze światłem dziennym na zewnątrz i niskim poziomem oświetlenia wewnątrz
- Sceny zewnętrzne z bezpośrednim światłem słonecznym i cieniami
- Budynki biurowe lub galerie handlowe z dużą ilością światła odbitego od okien

Poniżej znajduje się przykład sceny o szerokim zakresie dynamiki, która została zarejestrowana przy użyciu kamery bez technologii obsługującej sceny WDR.



Ilustracja 2.1 Typowa scena objęta dozorem, w której występuje szeroki zakres dynamiki: wnętrze zadaszonego parkingu z wjazdem. Przedstawione dwa obrazy zostały zarejestrowane przy użyciu różnych czasów ekspozycji: krótszego w przypadku obrazu po lewej i dłuższego w przypadku obrazu po prawej stronie.

W zależności od użytego czasu ekspozycji kamera może uwidocznić dobrze oświetlony wjazd i jasne otoczenie parkingu lub ciemne wnętrze obiektu. Kamera bez funkcji WDR nie jest w stanie zarejestrować całej zawartości sceny na jednym obrazie.

Poniżej na obrazie o długim czasie ekspozycji wstawiono fragment obrazu o krótkim czasie ekspozycji i na odwrót. Dzięki temu widać, że kamera bez funkcji WDR nie zarejestrowała ważnych obiektów występujących w scenie.



Ilustracja 2.2 *Ta sama scena co wcześniej. Na obrazie po lewej stronie widać szczegóły, które nie zostały zarejestrowane przy krótkim czasie ekspozycji. Na obrazie po prawej stronie widać szczegóły, które nie zostały zarejestrowane przy długim czasie ekspozycji.*

Aby można było zarejestrować całą zawartość sceny, potrzebna jest kamera dozorowa z funkcją WDR. Pozwala ona na jednym obrazie zarejestrować obie skrajności, a więc wyraźnie przedstawić obiekty znajdujące się zarówno w mocno oświetlonym wjeździe, jak i w głębokich cieniach wewnątrz parkingu. Kamera bez funkcji WDR może rejestrować użyteczny obraz jedynie w ciemnych lub jasnych fragmentach sceny, podczas gdy pozostała część będzie niedoświetlona lub prześwietlona.

### 3 Fizyczne ograniczenia zakresu dynamiki kamery

Główne czynniki ograniczające zakres dynamiki kamery są związane ze sposobem przechwytywania światła przez przetwornik kamery, sposobem przetwarzania obrazu, a także samą naturą światła. W ujęciu bardziej praktycznym zakres dynamiki zależy od rozmiaru pikseli, czasu ekspozycji, szumów i głębi bitowej.

#### 3.1 Rozmiar pikseli i czas ekspozycji

Światło składa się z odrębnych cząstek energii nazywanych fotonami. Jeśli natężenie światła w scenie rośnie, w kierunku kamery zmierza większa liczba fotonów. Jednak kamera, a raczej zawarty w niej przetwornik obrazu, w określonym czasie ekspozycji jest w stanie wykryć tylko pewną ograniczoną liczbę fotonów.

Przetwornik obrazu składa się z milionów światłoczułych punktów nazywanych pikselami, które przekształcają przechwycone fotony na elektrony. Kiedy kamera tworzy obraz, mierzy liczbę elektronów odpowiadającą każdemu pikselowi, dzięki czemu uzyskuje informacje o poziomie oświetlenia w różnych częściach zarejestrowanej sceny.

Każdy piksel ma określony rozmiar i może pomieścić określoną liczbę elektronów, po której osiągnięciu zostaje nasycony. Producenci nowoczesnych kamer dążą do maksymalizacji liczby pikseli, ale – ze względu na koszty – bez zwiększania rozmiarów przetwornika, co skutkuje ograniczeniem rozmiaru pikseli.

W przypadku sceny o szerokim zakresie dynamiki długi czas ekspozycji doprowadzi do nasycenia pikseli w jaśniejszych partiach obrazu. Przez skrócenie czasu ekspozycji (a więc czasu gromadzenia fotonów) można uniknąć przepełnienia fotonami w najjaśniejszych obszarach. Jednak krótszy czas ekspozycji może także spowodować, że w ciemniejszych partiach obrazu zostanie przechwycona bardzo niewielka liczba fotonów. Ze względu na właściwości cząstek światła i zjawisko nazywane szumem śrutowym fotonów w tych partiach obrazu będą widoczne wyraźne szumy. Prawidłowy czas ekspozycji piksela to taki czas, który zapewnia maksymalny stosunek sygnału do szumu, a zatem w przypadku pikseli umiejscowionych w jaśniejszych partiach obrazu będzie krótszy niż dla pikseli w ciemniejszych obszarach.

#### 3.2 Szumy i głębia bitowa

Na poziomie pikseli zakres dynamiki definiuje się jako iloraz maksymalnej wartości sygnału i poziomu szumów własnych. Poziom szumów własnych określa najniższe możliwe do odróżnienia natężenie sygnału przewyższające natężenie sumy wszystkich źródeł szumów. Część szumów powstaje na skutek niedoskonałości

przetwornika analogowo-cyfrowego, który zlicza elektrony i generuje odczyt dla każdego piksela. Kolejnym rodzajem szumu jest szum śrutowy fotonów, którego nie da się uniknąć nawet w przypadku doskonałego sprzętu. Każdy rodzaj szumów sprawia, że wartości pikseli nie odzwierciedlają rzeczywistych wartości natężenia występujących w obserwowanej scenie.

Głębina bitowa określa liczbę bitów służących do rejestrowania informacji w jednym pikselu, co przekłada się na liczbę możliwych do wykrycia poziomów oświetlenia. Kamery stosowane w systemach bezpieczeństwa zazwyczaj mają głębokość 10-bitową. Większa głębokość bitowa teoretycznie powinna zwiększać liczbę wykrywanych poziomów oświetlenia, ale w rzeczywistości podnosi ona jakość obrazu tylko wtedy, gdy piksele przetwornika są wystarczająco duże, a szумы wystarczająco niewielkie. Jeśli dane z przetwornika zawierają dużo szumów, zwiększenie liczby bitów niewiele pomoże.

### 3.3 Wyświetlanie obrazu

Jeśli chodzi o głębokość bitową, warto też pamiętać, że typowy monitor, na którym pracownik ochrony będzie oglądać materiał wizyjny z systemu dozoru, udostępni zaledwie 8-bitową głębokość na każdy kanał koloru. To oznacza, że algorytm przekształcający 10-bitowy obraz z przetwornika na 8-bitowy w monitorze ma kluczowe znaczenie dla uzyskania dobrych rezultatów w zakresie szerokiego zakresu tonalnego WDR.

## 4 Najczęstsze metody zwiększenia zakresu dynamiki kamery

Na przestrzeni lat opracowano różne metody przewyższania ograniczeń zakresu dynamiki kamery i uzyskiwania obrazów o dobrym szerokim zakresie tonalnym (WDR). Czasem metody te łączą się w celu osiągnięcia lepszych efektów. Żadna z metod w pojedynkę nie jest optymalnym rozwiązaniem we wszystkich zastosowaniach, ponieważ każda z nich skutkuje występowaniem nieprawidłowości wizualnych nazywanych artefaktami. Artefakty, które w jednym zastosowaniu są niewidoczne, w drugim mogą całkowicie wykluczyć daną metodę. Opisy często występujących artefaktów można znaleźć w rozdziale 7.

### 4.1 Korzystanie z wielu ekspozycji

Przy użyciu algorytmu scalania można połączyć wiele obrazów zarejestrowanych z różnymi czasami ekspozycji i uzyskać jeden obraz. Jest to najpopularniejsza metoda zwiększania zakresu dynamiki. Jednak z uwagi na sekwencyjną rejestrację obrazu wprowadza ona artefakty związane z ruchem w scenie. Typowym źródłem problemów może być szybki ruch, ponieważ nie da się połączyć obu ekspozycji ze względu na możliwość przemieszczenia się obiektów między dwoma ujęciami.

Podwójna ekspozycja wymaga dwóch czasów ekspozycji: jednego bardzo krótkiego i drugiego długiego. Ponieważ krótkiego czasu ekspozycji nie da się zsynchronizować ze wszystkimi rodzajami nowoczesnego sztucznego oświetlenia (diody LED), migotanie jasnych fragmentów obrazu może być bardzo widoczne.

Do typowych artefaktów spowodowanych podwójną ekspozycją zalicza się:

- Migotanie
- Rozmycie spowodowane ruchem i efekt ducha
- Szумы w ciemnych fragmentach sceny
- Nietypowe szумы we fragmentach sceny o średnim odcieniu szarości

### 4.2 Korzystanie z pikseli o różnej czułości

W przypadku tej metody kamera używa przetwornika obrazu, który zawiera dwa lub więcej rodzajów pikseli o różnej światłoczułości. Dzięki temu podczas jednej ekspozycji zasadniczo powstają dwa obrazy — jeden ciemniejszy i jeden jaśniejszy — odpowiadające każdemu zestawowi pikseli. Końcowy obraz jest generowany w czasie rzeczywistym poprzez połączenie obu obrazów składowych przy użyciu algorytmu scalania oraz mapowania tonalnego. Na ogół w tej metodzie występują pewne ograniczenia, na przykład stały współczynnik czułości, który określa, jak bardzo sąsiadujące piksele mogą się różnić światłoczułością, co ogranicza zakres

dynamiki możliwy do osiągnięcia dzięki tej metodzie. Jednoczesna ekspozycja pozwala uniknąć artefaktów związanych z ruchem i migotaniem, ale w ich miejsce mogą pojawić się inne. Na przykład charakterystyczna dla tej metody niższa rozdzielczość (wynikająca z używania mniejszej liczby pikseli do utworzenia obrazu) może to powodować powstawanie efektów mory i klatki schodowej. Ponadto proces łączenia dwóch zestawów pikseli może być skomplikowany i w pewnych przypadkach powodować inne problemy. Oto typowe artefakty:

- Mora i efekt klatki schodowej
- Szумы
- Rozmycie

### 4.3 Korzystanie ze wzmocnienia kontrastu

Jest to metoda cyfrowa wykorzystująca niedoświetlony obraz, która powoduje cyfrowe rozjaśnienie jego najciemniejszych obszarów. W rzeczywistości nie poszerza ona rejestrowanego zakresu dynamiki, ale zwiększa możliwości detekcji w końcowym obrazie, w szczególności w partiach, które w przeciwnym razie byłyby prześwietlone. Metoda ta bardzo przydaje się w scenach o ograniczonym zakresie dynamiki i z dużą ilością ruchu. Jej typowe artefakty są następujące:

- Nietypowe szумы w najciemniejszych obszarach
- Bardzo niewielka liczba poziomów szarości w niektórych obszarach
- Nienaturalne kolory

### 4.4 Korzystanie z lokalnego wzmocnienia kontrastu

Kamery zazwyczaj korzystają z globalnych metod korekcji krzywej tonalnej, co oznacza, że do wszystkich pikseli w obrazie stosowane jest to samo przekształcenie. Jednak można także użyć metody lokalnej, która powoduje wprowadzenie różnych korekt krzywej tonalnej w różnych miejscach przetwornika. Ta metoda tak naprawdę nie poszerza rejestrowanego zakresu dynamiki, ale stanowi wydajne narzędzie do wizualizacji, ponieważ łagodzi kontrast i pozwala uzyskać lepszy wygląd na ekranie o niewielkim zakresie dynamiki. Typowe artefakty zależą od intensywności stosowania tej metody i mogą obejmować następujące zjawiska:

- Efekt ducha
- Kreskówkowy wygląd
- Brak kontrastu
- Zbyt intensywne kolory

## 5 Obrazowanie WDR w kamerach Axis

Axis oferuje kilka rozwiązań do obrazowania w trybie WDR, które łączą część ogólnych metod opisanych w poprzednim rozdziale z najnowocześniejszymi technikami przetwarzania obrazu i procedurami ograniczającymi powstawanie artefaktów.

### 5.1 Wydajność WDR według Axis

W Axis wybraliśmy kilka głównych aspektów oceny i klasyfikowania naszych rozwiązań WDR. Określając optymalne rozwiązanie do konkretnego zastosowania systemu dozoru, aspektom tym należy przypisać inną wagę odpowiednio do specyfiki tego zastosowania. Ocena aspektów opiera się na rzeczywistym wykorzystaniu i subiektywnym osądzie.

Tabela 5.1 *Aspekty służące do oceny wydajności WDR.*

Aspekt	Znaczenie
Ruch	Jak skutecznie unika się artefaktów związanych z ruchem i migotaniem?
Rozpiętość	Praktyczny zakres dynamiki. Powiązany z wartością dB.
Wygląd	Jak wiernie obraz odwzorowuje trudną scenę?

Ocena aspektu **ruchu** podsumowuje zdolność rozwiązania do zarejestrowania sceny z ruchem bez wprowadzania artefaktów związanych z techniką próbkowania. Do ważnych elementów tego aspektu należą radzenie sobie z migotaniem i unikanie artefaktów scalania.

Ocena aspektu **rozpiętości** wskazuje, jak duża może być różnica jasności między najjaśniejszą i najciemniejszą partią obrazu, aby obraz zachował użyteczność do celów dozoru.

Ocena aspektu **wyglądu** podsumowuje zdolność rozwiązania do odwzorowania trudnych warunków oświetleniowych w taki sposób, aby uzyskany obraz nadawał się do oglądania przez pracowników ochrony na monitorze komputerowym. Nie chodzi tutaj o jak najwierniejsze odwzorowanie sceny, ponieważ wówczas część szczegółów pozostałaby zakryta przed oglądającym.

## 5.2 Rozwiązania WDR oferowane przez Axis

Zakres dynamiki kamery zazwyczaj podaje się jako wartość w decybelach (dB), która jest powiązana z aspektem rozpiętości omówionym w poprzedniej sekcji. Aby jednak zapewnić użyteczność i szczegółowość w typowych scenach występujących w systemach dozoru, w rozwiązaniach WDR Axis większą wagę przywiązuje się do aspektów ruchu i wyglądu niż do aspektu rozpiętości. Takie podejście oznacza, że kamery Axis mogą mieć lepszy zakres dynamiki, niż wynikałoby to z ich wartości dB. Wziąwszy pod uwagę redukcję artefaktów i większą użyteczność, kamera Axis o niższej wartości dB może działać lepiej od kamery innego producenta o wyższej oficjalnej wartości dB. Więcej informacji na temat wartości dB zawiera rozdział 6.

Poniżej wymieniono rozwiązania WDR oferowane przez Axis.

- **Forensic WDR** to połączenie metod dwukrotnej ekspozycji i lokalnego wzmocnienia kontrastu. Uzyskiwane w ten sposób obrazy cechują się maksymalną użytecznością podczas prac dochodzeniowych. Dzięki zastosowaniu najnowszej generacji algorytmów przetwarzania obrazu technologia ta skutecznie redukuje widoczne szумы i artefakty. Forensic WDR sprawdza się również w scenach zawierających ruch, a także w kamerach o ultra wysokiej rozdzielczości.
- **WDR – Forensic Capture** to połączenie metod dwukrotnej ekspozycji i lokalnego wzmocnienia kontrastu. Uzyskiwane w ten sposób obrazy cechują się maksymalną użytecznością podczas prac dochodzeniowych.
- **WDR – Dynamic Capture** wykorzystuje metodę dwukrotnej ekspozycji do scalania obrazów o różnych czasach ekspozycji.
- **WDR – Dynamic Contrast** wykorzystuje metodę wzmocnienia kontrastu, dając dość ograniczony zakres dynamiczny, ale przy bardzo niewielkiej ilości artefaktów. Ponieważ używana jest tylko jedna ekspozycja, rozwiązanie to dobrze się sprawdza w scenach z dużą ilością ruchu.

Niektóre kamery Axis poszerzają zakres dynamiki przy użyciu niewymienionych połączeń poszczególnych metod. W kamerach tych rozwiązanie WDR jest dostosowane do konkretnego modelu urządzenia, a w dokumentach z informacjami o produkcie jest określane skrótem „WDR”.

Rozwiązania AXIS WDR są wstępnie skonfigurowane, ale można włączyć lub wyłączyć funkcję podwójnej ekspozycji. Niektórzy klienci kupują kamerę z funkcją Forensic WDR, wyłączają podwójną ekspozycję, ponieważ w scenie występuje dużo ruchu, i w rezultacie pozostaje im jedynie lokalne wzmocnienie kontrastu. Niektóre czujniki i układy SoC nie są w stanie obsłużyć wysokiej rozdzielczości w połączeniu z podwójną ekspozycją ze względu na ograniczenia wydajnościowe. Kamery te obsługują wyłącznie lokalne wzmocnienie kontrastu.

W niektórych kamerach wyłączenie podwójnej ekspozycji pozwala na zwiększenie poklatkowości (czasem nawet dwukrotne).

W poniższej tabeli przedstawiono klasyfikację rozwiązań WDR Axis na podstawie aspektów wydajności.

Tabela 5.2 Rozwiązania WDR oferowane przez Axis oceniono pod kątem takich aspektów jak wykrywanie ruchu, zasięg i jakość obrazu. +: odnosi się do oceny wydajności. -: odnosi się do wydajności zwykłej kamery bez funkcji zakresu dynamicznego.

Rozwiązanie WDR	Ruch Jak skutecznie unika się artefaktów związanych z ruchem i migotaniem?	Rozpiętość W jakim stopniu kamera radzi sobie z różnicą między najciemniejszym a najjaśniejszym obszarem w rzeczywistej scenie? (określana również jako wartość dB)	Wygląd Jak wiernie obraz odwzorowuje trudną scenę?
Forensic WDR	+++	+++	+++++
WDR – Forensic Capture	++	+++	+++
WDR – Dynamic Capture	+	+	++
WDR – Dynamic Contrast	+++++	-	-

Zgodnie z tą klasyfikacją ogólnie najlepszą wydajnością wśród rozwiązań WDR cechuje się technologia Forensic WDR, która w porównaniu z WDR – Forensic Capture oferuje lepsze parametry aspektów ruchu i wyglądu. Jednak oba te rozwiązania przeznaczone do prac dochodzeniowych (stąd częśćka Forensic w nazwie) stanowią rewolucyjny krok naprzód w dziedzinie obrazowania trudnych scen. Ich niezrównana zdolność do wydobywania szczegółów w ciemnych partiach sceny bez prześwietlania jasnych obszarów pozwala uzyskiwać obrazy, które mają wyjątkową wartość na etapie prac dochodzeniowych.

Ponieważ w obu rozwiązaniach typu Forensic priorytetem jest użyteczność w pracach wyjaśniających, wszystkie cienie są rozjaśniane, a szczegóły uwypuklane, skutkiem czego powstaje obraz, który pod względem wyglądu i ogólnego charakteru bardzo odbiega na przykład od obrazu oglądanego w telewizji. Kamera z technologią Forensic WDR kompresuje pierwotny zakres dynamiki sceny do znacznie węższego zakresu, nie powodując przy tym utraty szczegółów. Optymalizuje to materiał wizyjny pod kątem komfortowego oglądania w centrum bezpieczeństwa, w którym specjaliści przeglądają przekazywany na żywo i wcześniej zarejestrowany materiał.

Na poniższej ilustracji porównano scenę zarejestrowaną przy użyciu dwóch urządzeń: kamery niezawierającej funkcji WDR (po lewej) oraz kamery Axis z technologią Forensic WDR (po prawej). W przypadku Forensic WDR szczegóły zarówno w oświetlonym od tyłu wnętrzu pomieszczenia, jak i na zewnątrz są wyraźne i dobrze widoczne.



Ilustracja 5.1 *Scena wewnętrzna z silnym oświetleniem tylnym. Porównanie kamery bez funkcji WDR (po lewej) z kamerą Axis wyposażoną w technologię Forensic WDR (po prawej).*

## 6 Dostępny zakres dynamiki podany w dB

Dostępny zakres dynamiki kamery zazwyczaj podaje się w decybelach (dB) jako wartość związaną z aspektem rozpiętości omówionym w rozdziale 5.

Wartość dB wyraża stosunek zdolności emisyjnej najjaśniejszego obiektu i zdolności emisyjnej najciemniejszego obiektu możliwego do zarejestrowania przez kamerę. Jeśli stosunek zdolności emisyjnych wynosi 1000:1, wspomniana wartość jest równa 60 dB, a oblicza się ją jako logarytm stosunku zdolności emisyjnych (w tym przypadku 3) pomnożony przez 20.

Najciemniejszy wykrywalny poziom można zdefiniować jako poziom szumów własnych piksela przetwornika, ponieważ każdy sygnał nieprzekraczający tego poziomu ginie w szumie. Zgodnie z tą definicją dobry przetwornik obrazu normalnie osiąga zakres dynamiki na poziomie około 70 dB. Techniki WDR sprawiają, że bez zmieniania rzeczywistej wartości dB kamery można zwiększyć praktyczny zakres dynamiki, czyli jej rozpiętość.

Jednak ani sama wartość dB, ani rozpiętość nie wyrażają w pełni dostępnego zakresu dynamiki kamery. Jakość obrazu WDR zależy także od użytej metody WDR, od tego, czy na obrazie pozostały jakieś widoczne artefakty, oraz od jakości przetwarzania obrazu. Część tych czynników w zwięzły sposób podsumowują aspekty wyglądu i ruchu omówione w rozdziale 5.

Obraz przedstawiony poniżej po prawej stronie został zarejestrowany przy użyciu kamery, której oficjalna wartość dB jest niższa niż w przypadku obrazu po lewej stronie. Wbrew temu, czego można by się spodziewać, w tej scenie o szerokim zakresie dynamiki kamera o niższej wartości dB niewątpliwie wygenerowała obraz lepiej przystosowany do dozoru wizyjnego. Jak można się domyślić, kamera o niższej wartości dB miała też inne funkcje, takie jak lepsze przetwarzanie obrazu, które polepszały jej parametry WDR.



Ilustracja 6.1 *Oświetlone od tyłu wnętrze zarejestrowane przez kamery o różnych wartościach dB. Wbrew temu, czego można by się spodziewać, obraz przedstawiony po prawej stronie został zarejestrowany przy użyciu kamery, której oficjalna wartość dB jest niższa niż w przypadku obrazu po lewej stronie.*

## 7 Artefakty na obrazach rejestrowanych w trybie WDR:

W tym rozdziale opisano kilka najczęściej występujących artefaktów wizualnych i ich przyczyny.

- **Rozmycie obiektów w ruchu:** Rozmycie obiektów w ruchu może wystąpić, jeśli rejestrowany obraz ulegnie zmianie w czasie trwania jednej klatki – z powodu dynamicznego ruchu w scenie lub zbyt długiego czasu ekspozycji. W kamerach WDR wykorzystujących wiele ekspozycji występują różne stopnie rozmycia obiektów w ruchu w różnych fragmentach obrazu, w zależności od ich jasności.



- **Efekt ducha:** Kiedy kamera tworzy obraz przez połączenie większej liczby ekspozycji, poruszający się obiekt może zostać zarejestrowany w różnych miejscach. Może to powodować powstawanie efektu „ducha” wokół poruszających się obiektów lub osób.

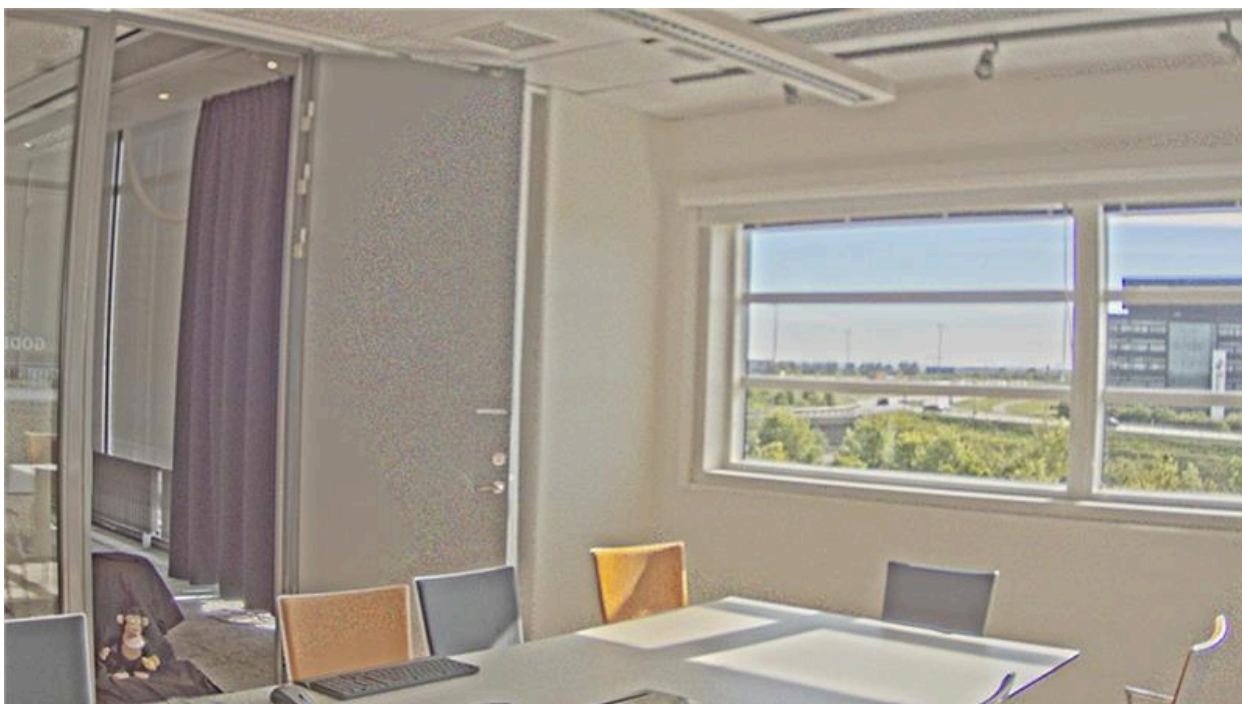


- **Artefakty spowodowane migotaniem:** Artefakty powodowane przez migoczące światło mogą wystąpić we wszystkich rodzajach kamer. Ponieważ normalnie zakłada się oświetlenie stałe, modulowane źródła światła, takie jak oświetlenie jarzeniowe lub LED-owe, stanowią wyzwanie. W zależności od rodzaju kamery powstałe

artefakty mogą mieć postać pasków lub widocznego pulsowania obrazu. W kamerach WDR wykorzystujących wiele ekspozycji efekt ten jest zazwyczaj najsilniejszy w przypadku krótkiej ekspozycji, co może powodować większą widoczność migotania na obrazie, ponieważ między obszarami zarejestrowanymi przy różnych czasach ekspozycji może występować wyraźne przejście.



- **Nietypowe szumy:** Gdy połączy się dwa lub więcej obrazów w celu uzyskania nowego obrazu o większym zakresie dynamicznym, nowy obraz nie będzie charakteryzował się takim samym poziomem szumów jak obraz o naprawdę dużym zakresie dynamicznym. Jednym z kompromisów, który trzeba zaakceptować, jest fakt, że połączony obraz będzie zawierał więcej szumów niż obraz idealny. Szumy te nie rozkładają się równomiernie na wszystkich poziomach jasności, lecz są bardziej widoczne we fragmentach, gdzie połączono oba obrazy. Jeśli filtry szumów w kamerach nie są w stanie zniwelować tego efektu, wynik może być nieoczekiwany – mogą być widoczne szumy w obszarach, w których zwykle nie powinno ich być.



- **Kreskówkowy i nienaturalny wygląd:** Scena o bardzo szerokim zakresie dynamicznym może być trudna do wyświetlenia na standardowym monitorze. Kamera może poprzez zaawansowane przetwarzanie obrazu starać się za wszelką cenę zachować kolory i kontrast, jednak czasami może to nie wystarczyć do uzyskania naturalnego wyglądu obrazów. W efekcie może być rejestrowany dziwny kolor lub ogólnie obraz o nienaturalnym wyglądzie.



- **Fioletowe obwódki:** Fioletowe lub niebieskie obwódki to zjawisko, w którym ostre, silnie kontrastujące krawędzie na obrazie mogą nabrać fioletowego odcienia ze względu na aberracje chromatyczne obiektywu. Aberracje chromatyczne występują, gdy fale światła o różnych długościach nie załamują się w obiektywie tak samo, skutkiem czego w chwili dotarcia do przetwornika są nieznacznie przemieszczone lub nieostre. Efekt ten może się nasilać w pobliżu krawędzi przetwornika. Kamery WDR są bardziej wrażliwe na aberracje

chromatyczne niż inne kamery, ponieważ lepiej zachowują kolor i kontrast. Podczas gdy kamera bez funkcji WDR może powodować nasycenie lub przeświecenie obszarów znajdujących się najbliżej jasnych źródeł światła, kamera WDR często pozwala zachować informacje o kolorze, co w tym przypadku może sprawić, że słabe punkty układu optycznego będą bardziej widoczne.



- **Odbicia i zamglonie:** Gdy światło wchodzi do dowolnego układu soczewek, pewna jego część nie jest przechwytywana prawidłowo, lecz rozprasza się w układzie. Część tego światła wychwytyją wewnętrzne

przegrody mające na celu ograniczenie odbić promieni świetlnych, ale część w końcu dociera do przetwornika w niewłaściwym miejscu, powodując różnego rodzaju artefakty. Najczęściej występującym artefaktem jest tzw. flara obiektywu, którą można zaobserwować na obrazie z większości kamer zwróconych w stronę silnego źródła światła, na przykład słońca. Kolejne zjawisko to zamglenie, które zmniejsza kontrast i nasycenie kolorów w większych partiach obrazu. Oba zjawiska szczególnie przeszkadzają w sytuacji, gdy w obrazie występuje silne źródło światła, scena cechuje się szerokim zakresem dynamiki, przednia soczewka jest zabrudzona lub do obiektywu przedostał się kurz. Zamontowanie na kamerze osłony chroniącej przed wpływem warunków atmosferycznych może ograniczyć zarówno odbicia, jak i zamglenie. Wydajność kamery WDR, czyli jej zdolność do rejestrowania i odtwarzania obrazów o bardzo szerokim zakresie dynamicznym, będzie nadal ograniczona przez rozproszenie światła w układzie optycznym.



## O firmie Axis Communications

Axis wspiera rozwój inteligentnego oraz bezpiecznego świata przez poprawę bezpieczeństwa, ochrony, efektywności działania i wiedzy biznesowej. Jako firma zajmująca się technologiami sieciowymi oraz lider branży, Axis oferuje rozwiązania z zakresu dozoru wizyjnego, kontroli dostępu, systemów domofonowych i systemów audio. Ich rozszerzeniem i uzupełnieniem są inteligentne aplikacje analityczne oraz wysokiej jakości szkolenia.

Axis zatrudnia około 5000 pracowników w ponad 50 krajach oraz współpracuje z partnerami z obszaru technologii i integracji systemów na całym świecie w celu dostarczania swoich rozwiązań klientom. Firma została założona w 1984 roku i ma swoją siedzibę w Lund w Szwecji.