

# Inspekcja złącz światłowodowych

- czystość, tłumienie, niezawodność.

Wizualna inspekcja złącz światłowodowych staje się coraz łatwiejsza dzięki nowoczesnym narzędziom, jakim są video-mikroskopy inspekcyjne. W obecnej chwili, eliminacja najczęstszej przyczyny awarii w sieciach optycznych, czyli złącz o niskiej jakości i zabrudzonych, nie stanowi już większego problemu. Rosnąca popularność mikroskopów (kamer) do inspekcji złącz wynika z jednej strony z ich przystępnej obecnie ceny, a z drugiej z rosnącej świadomości instalatorów i operatorów.

Złącza rozłączne są krytycznym elementem wpływającym na jakość transmisji w torze światłowodowym. Ponieważ umożliwiają (w teorii niskostratne) łączenie ze sobą odcinków toru, są nieodzownymi częściami składowymi każdej sieci światłowodowej. Tym niemniej, pomimo pozornej prostoty konstrukcji i zasady działania złącz światłowodowych, mogą one łatwo stać się przyczyną bólu głowy operatora sieci i ekip technicznych.

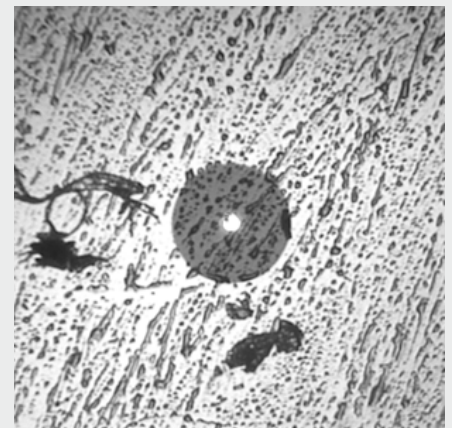
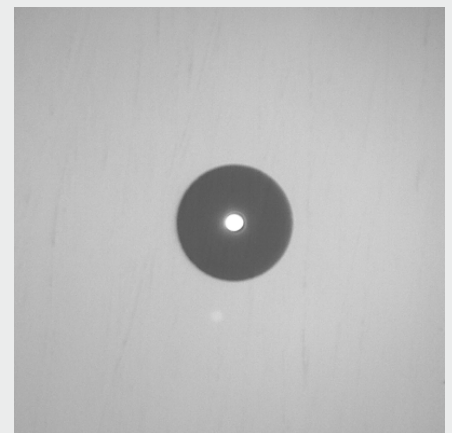
Powszechnie szacuje się, że **nawet 70% awarii w optycznych sieciach dostępowych ma związek z jakością złącz**, w tym bardzo często z ich czystością (a raczej jej brakiem). Wynika to przede wszystkim z faktu, że oprócz wysokiej precyzji wykonania (o tolerancji rzędu dziesiątych części mikrometra) złączek światłowodowych, ogromny wpływ na jakość transmisji optycznej ma czystość i jakość powierzchni czołowej złącz. Niestety, niewątpliwym postępem technicznym poprawiającym jakość fabrycznie nowych złącz niewiele jest wstanie pomóc w walce z zabrudzeniami i zanieczyszczeniami. W dalszym ciągu najwięcej tutaj zależy od sumienności i kultury technicznej instalatorów i ekip utrzymaniowych.

## Dlaczego „brud Twój wróg”?

Średnica rdzenia (i jednocześnie średnica płamki modowej) włókna jednomodowego jest rzędu ok. 9  $\mu\text{m}$ . Jeśli wydaje Ci się, że włókno światłowodowe 250  $\mu\text{m}$  jest cienkie, to sam rdzeń jest ponad 25 razy cieńszy! Każdy, **nawet niewidoczny gołym okiem pyłek może całkowicie zastąpić rdzeń światłowodu, powodując ogromny wzrost tłumienia złącza**, a w efekcie obniżając jakość transmisji. Wystarczy chwila nieuwagi instalatora, aby wysokiej jakości wtyk zamienił się w ognisko zapalne, zabijające transmisję w łączu. Dla przykładu, obok pokazano zdjęcia mikroskopowe tego samego złącza – zaraz po rozpakowaniu z fabrycznego opakowania i po lekkim potarciu o (czystą!) dłoń operatora. Tłumienie złącza z początkowych 0.16 dB wzrosło do zatrważających 1.8 dB. Łatwo sobie wyobrazić, że po pierwsze nie da się w praktyce uniknąć tego typu przypadkowego kontaktu wtyku z brudnymi powierzchniami, a po drugie co się stanie w łączu, w którym takich złącz jest np. dziesięć!

O ile tak duże zmiany tłumienia złącza zostaną z reguły wykryte (i następnie, miejmy nadzieję,

Złącze o czystej ferruli, tłumienność 0.16 dB.



To samo złącze po przypadkowym dotknięciu dłonią czoła ferruli, tłumienność 1.8 dB.

usunięte) na etapie pomiarów reflektometrycznych wykonanej sieci, to nie zawsze tak musi być. Niestety, **wiele problematycznych złączy to tykające bomby zegarowe, które ujawniają się dopiero później, podczas eksploatacji sieci!** Np. często zanieczyszczenia organiczne powodują początkowo niewielkie zmiany tłumienia złącza, które na przebiegu OTDR mogą być albo mało znaczące, albo całkiem niewidoczne, ale mogą znacząco degradować się w czasie, zwłaszcza w przypadku stosowania źródeł światła wysokiej mocy (np. wzmacniaczy optycznych EDFA), powodujących zwęglenie się zanieczyszczenia organicznego, czemu towarzyszy bardzo duży wzrost tłumienia. Co więcej, w najbardziej pechowych przypadkach moc optyczna absorbowana na takim zwęgleniu podnosi lokalnie temperaturę do tego stopnia, że na powierzchni wtyku powstają nieusuwalne wżery, które powodują, że nie da się go już wyczyścić i musi on zostać wymieniony.

Jeszcze bardziej **powszechną przyczyną**

**„magicznego” wzrostu tłumienia początkowo dobrych złączy jest migracja zabrudzeń.** Jeżeli zanieczyszczenie podczas pomiarów reflektometrycznych znajdowało się poza rdzeniem, to prawdopodobnie nie wpłynie znacząco na zmierzone tłumienie złącza. Niestety, zabrudzenia mogą migrować w czasie (z powodu wibracji, zmian temperatury, wilgotności, rozłączania i ponownego łączenia, itp.) i nagle złącze, które miało początkowo np. 0.2 dB, ma tłumienie 1.5 dB! Wiele dzisiejszych sieci optycznych (w tym sieci FTTH przy stosowanym splecie 1x64 lub 1x128) ma tak napięte budżety mocy, że taka zmiana tłumienia powoduje nieakceptowaną utratę jakości transmisji. Co więcej, **bardzo często nie ma możliwości zdiagnozowania przyczyny nagle pojawiających się problemów bez przerywania całej transmisji w łączu**, gdyż nawet jeśli operator posiada reflektometr 1310/1550 nm, to te długości fal mogą być już wykorzystywane do transmisji (a reflektometry 1625/1650 nm są dużo mniej popularne)! **Wykrycie degradujących się w czasie złączy jest bardzo trudne, czasochłonne oraz**

**kosztowne – każde takie zdarzenie podnosi istotnie koszty operacyjne sieci.**

Warto mieć także świadomość, że zabrudzone złącze to nie tylko jeden, izolowany problem. Bardzo często (np. w przypadku zanieczyszczonych złączy pomiarowych) **zabrudzony wtyk staje się źródłem infekcji i przerzutów w całej sieci** – wiele zanieczyszczeń (drobin pyłów) jest na tyle twardych, że trwale rysują i uszkadzają powierzchnię złącza, tak więc łącząc tak zanieczyszczony wtyk z innym, jednocześnie nieodwracalnie uszkadzamy ten drugi.

Oczywiście zniszczone lub zabrudzone złącze w żadnym wypadku nie może być stosowane jako złącze odniesienia (pomiarowe), gdyż będzie przekłamywało wyniki pomiaru wszystkich mierzonych względem niego wtyków!

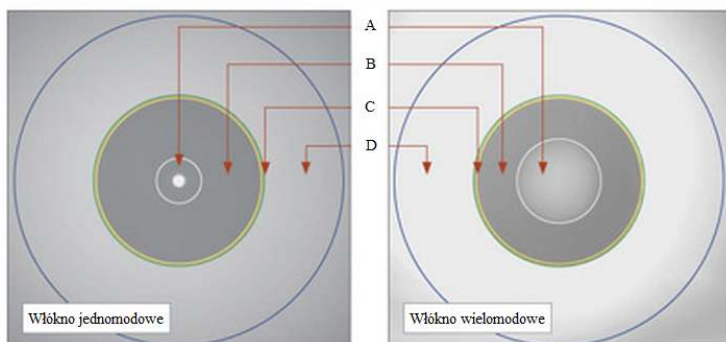
## Jak szacować siły wroga?

Branża światłowodowa od dawna ma świadomość wagi problemu utrzymaniem czystości złączy i wiele wysiłku zostało włożone w zbadanie wpływu zanieczyszczeń na jakość transmisji. **Obowiązująca w Polsce i całej Europie norma PN-EN 61300-3-35 (Światłowodowe złącza i elementy biernie - Część 3-35: Optyczna i automatyczna kontrola czoła cylindrycznego złącza światłowodowego) określa dopuszczalne zanieczyszczenia i uszkodzenia powierzchni czołowej złącza**, które nie powinny znacząco obniżać jakości transmisji. W tym celu wyróżnione zostały cztery obszary na powierzchni czołowej wtyku; dla włókien jednomodowych:

- A - obszar rdzenia (średnica 25 µm),
- B - obszar płaszczka (25-120 µm),
- C - pierścień epoxy (120-130 µm),
- D - obszar kontaktu (130-250 µm).

Oraz dla włókien wielomodowych:

- A - obszar rdzenia (średnica 65 µm),
- B - obszar płaszczka (65-120 µm),
- C - obszar kleju (120-130 µm),
- D - obszar kontaktu (130-250 µm).



## Wymagania jakościowe powierzchni czołowej złączy światłowodowych dla włókien jednomodowych

	Rysy	Defekty	Zabrudzenie
Strefa A	brak $\geq 1 \mu\text{m}$	brak $\geq 1 \mu\text{m}$	brak $\geq 1 \mu\text{m}$
Strefa B	$3 \geq 1 \mu\text{m}$ bez limitu $\leq 1 \mu\text{m}$	brak $\geq 1 \mu\text{m}$	brak $\geq 1 \mu\text{m}$
Strefa C	bez limitu	bez limitu	brak luźnych drobin
Strefa D	bez limitu	bez limitu	brak luźnych drobin

\*wg PN-EN 61300-3-35 (2002, ed. 1.0)

Należy zwrócić uwagę na wymóg, aby **w żadnym wypadku na całej powierzchni ferruli nie znajdowały się luźne pyły i zanieczyszczenia**. Wynika to oczywiście ze wspomnianego powyżej ryzyka migracji zanieczyszczeń, powodującej niewytłumaczalną (na pierwszy rzut oka) degradację złączy, które „jeszcze wczoraj były dobre”!

## Video-mikroskopy inspekcyjne – Twój sojusznik w walce z wrogiem

Na szczęście obecnie ogromnej większości problemów ze złączami światłowodowymi można w łatwy sposób uniknąć, korzystając z odpowiednich przyrządów pomiarowych i diagnostycznych. W tym celu, na **wyposażeniu technika i instalatora światłowodowego, oprócz zestawu do pomiaru tłumienia (i ew. reflektometru) powinny znaleźć się video-mikroskopy do inspekcji złącz**. Są to zwykle sondy z kamerą, pozwalające obserwować powierzchnię czołową wtyku na ekranie (np. laptopa). Nowoczesne video-mikroskopy inspekcyjne umożliwiają utrzymanie złącz w czystości i w dobrym stanie, identyfikację wtyków nieodwracalnie uszkodzonych, pozwalają na wykonanie dokumentacji i generowanie raportów.

Kluczowymi parametrami użytkowymi video-mikroskopów jest przede wszystkim jakość obrazu (**norma PN-EN 61300-3-35 wymaga detekcji detali o wielkości co najmniej 1  $\mu\text{m}$** ) oraz pole widzenia (ang. *field of view*, im większe, tym lepiej, gdyż pozwala na detekcję i usunięcie większej ilości zanieczyszczeń, które mogą migrować w stronę rdzenia). Wielu użytkowników ceni również oprogramowanie **Pass/Fail automatycznie oceniające**, czy złącze wymaga czyszczenia, jak również możliwość **zautomatyzowanego generowania dokumentacji pomiarowej**. Podobnie ważna jest **bogata paleta wymiennych końcówek**, pozwalających na inspekcję różnych rodzajów złącz, jak również możliwość inspekcji zarówno wtyków wolnodostępnych (na

patchcordzie), jak i wpiętych w adapter (wewnątrz przełącznicy). **Ze względów praktycznych najłatwiej jest zawsze stosować końcówkę męską (umożliwiającą inspekcję wtyków w przełącznicy)**. W przypadku konieczności inspekcji złącza wolnodostępnego na kablu, na taką końcówkę montuje się zwykły adapter (taki sam jak w przełącznicy). Takie podejście jest efektywne kosztowo (adaptory są zwykle dużo tańsze, niż końcówka do video-mikroskopu) i szybsze (w przypadku złącz kątowych nie trzeba dbać o odpowiednią pozycję kluczy wtyku i końcówki mikroskopu względem siebie). Bardzo często nieocenione są również specjalne końcówki pozwalające na dostęp do zattoczonych miejsc (przykład poniżej).



Warto w tym miejscu zauważyć, że dostępne w dalszym ciągu mikroskopy przezierny (czyli klasyczne mikroskopy, w których użytkownik patrzy przez okular) są zdecydowanie mniej funkcjonalne, gdyż zwykle nie pozwalają na inspekcję wtyków wewnątrz przełącznicy, nie pozwalają na generowanie raportów oraz (mimo stosowanych filtrów podczerwieni) mogą powodować zagrożenie dla wzroku, w przypadku zagłądania w „żywe” włókno, w którym transmitowana jest wysoka moc optyczna.

## Mikroskopy inspekcyjne ODM

Wiodącym na rynku producentem video-mikroskopów inspekcyjnych jest renomowana amerykańska firma ODM, której wyłącznym przedstawicielem w Polsce jest firma ELMAT. W ofercie znajdują się dwie rodziny urządzeń do inspekcji złącz światłowodowych:

- sonda cyfrowa o wysokiej rozdzielczości ODM VIS400-HDP,
- rodzina sond z opcjonalnym ekranem LCD ODM VIS300.

Urządzenia firmy ODM objęte są standardową 24-miesięczną gwarancją.

## ODM VIS400-HDP

Video-sonda inspekcyjna ODM VIS400-HDP wyposażona jest w elastyczny kabel ze złączem USB, pozwalającym na połączenie z każdym laptopem lub tabletem. Dzięki opcjonalnej przystawce Wi-Fi możliwe jest również połączenie ze smartphonami. Wymienne końcówki umożliwiają inspekcję większości typów złącz światłowodowych, zarówno wpiętych w adapter, jak i wolnodostępnych (na patchcordzie). Duże pole widzenia i wysoka rozdzielczość (live image 1600x1200 pikseli!) gwarantują, że żaden brud, który mógłby migrować w stronę rdzenia włókna, nie zostanie przeoczony. Rozbudowane, w pełni automatyczne oprogramowanie Pass/Fail (zgodne z IEC 61300-3-35) pozwala w łatwy i szybki sposób analizować pomiary, archiwizować wyniki i generować raporty (z informacjami np. kto wykonał pomiar, kiedy, z identyfikatorem złącza, itp.), co jest nieodzowne przy certyfikacji sieci. Duża rozdzielczość i świetne oświetlenie pozwalają na uzyskanie dobrej jakości obrazów złącz APC nawet przy stosowaniu końcówek PC (w odróżnieniu od innych urządzeń tego typu na rynku). Unikalny system ustawiania ostrości (obracając całą sondę o ćwierć obrotu) jest niezastąpiony w zimie, gdy operator pracuje w rękawicach.



### Funkcjonalność:

- cyfrowa sonda video do inspekcji wtyków światłowodowych, zarówno wolnodostępnych, jak i w adapterze,
- rozdzielczość obrazu live 1600x1200,
- wyjątkowo **duże pole widzenia** 860x640  $\mu\text{m}$ ,
- w pełni automatyczne oprogramowanie Pass/Fail zgodne z IEC 61300-3-35,
- **automatyczne generowanie raportów pomiarowych**,
- **wymienne końcówki** dla różnych typów złącz światłowodowych,
- cztery końcówki w standardzie (2.5 mm uniwersalna żeńska, 1.25 mm uniwersalna żeńska, SC PC męska, LC PC męska),
- jasne i równomierne oświetlenie - dobry kontrast nawet przy **inspekcji złącz APC przy użyciu końcówki PC**,
- unikalny system ustawiania ostrości.



# ODM VIS300

Video-mikroskop inspekcyjny ODM VIS300 dostępny jest w trzech wersjach:

- VIS300-SND – sonda inspekcyjna z konwerterem USB, do podłączenia do laptopa, 4 wymienne końcówki (2.5 mm uniwersalna żeńska, 1.25 mm uniwersalna żeńska, SC PC męska, LC PC męska),
- VIS300-KIT – sonda inspekcyjna wraz z przenośnym ekranem LCD 3.5", 4 wymienne końcówki (2.5 mm uniwersalna żeńska, 1.25 mm uniwersalna żeńska, SC PC męska, LC PC męska),
- VIS300-KIT-USB – sonda inspekcyjna wraz z przenośnym ekranem LCD 3.5" z portem USB, z oprogramowaniem Pass/Fail (po podłączeniu do laptopa), 4 wymienne końcówki (2.5 mm uniwersalna żeńska, 1.25 mm uniwersalna żeńska, SC PC męska, LC PC męska).

Unikalny system ustawiania ostrości usprawnia pracę w trudnych warunkach. Podobnie jak w przypadku VIS 400-HDP, zaletami urządzeń serii VIS300 są duże pole widzenia i wysoka rozdzielczość, które gwarantują, że żadne zabrudzenie po wyczyszczeniu złącza nie będzie z czasem migrowało w stronę rdzenia włókna. Również długi czas pracy na bateriach doceni każdy pracujący w terenie.

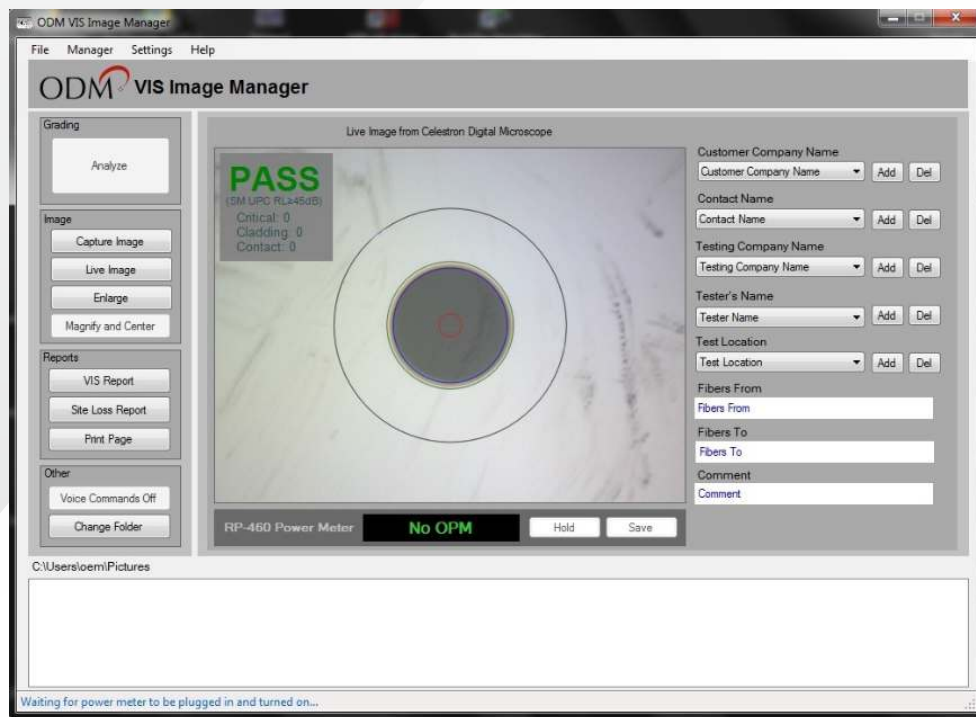


## Funkcjonalność:

- wersja z **ekranem LCD 3.5"**, w etui ochronnym,
- wersja z oprogramowaniem **Pass/Fail zgodnym z IEC 61300-3-35** (podłączana do laptopa),
- wyjątkowo duże **pole widzenia** 630x440 μm,
- **wymienne końcówki** dla różnych typów złącz światłowodowych,
- jasne i równomierne oświetlenie,
- **wbudowane akumulatory**,
- długi czas pracy na baterii – do **10 godz!**
- możliwość pracy podczas ładowania akumulatorów,
- unikalny system ustawiania ostrości,
- dostępne 3 wersje, pozwalające na dobór optymalnego wyposażenia.

## Jaka jest cena zwycięstwa?

Urządzenia pomiarowe i diagnostyczne są często traktowane jako nie zawsze usprawiedliwiony wydatek, który zwraca się w bliżej nieokreślonym czasie. Na szczęście wraz z upowszechnianiem się sieci światłowodowych i wraz ze wzrostem poziomu wiedzy operatorów i instalatorów (bardzo często nabytej na własnych błędach), podejście to bardzo szybko się zmienia. Zasadniczą różnicą między sieciami miedzianymi, a optycznymi są wymogi co do czystości złącz. Czy się to komuś podoba, czy nie, **sieci światłowodowe wprowadzają do świata telekomunikacji wymagania zachowania czystości znane do tej pory z różnych dziedzin optyki**. Ma to odbicie w awaryjności sieci światłowodowych, w których typowo ponad 50% problemów ma związek ze złączami światłowodowymi (a ściślej z ich jakością i czystością). Niestety, bardzo często te problemy są trudne do zdiagnozowania (pomimo tego, że po zdiagnozowaniu z reguły są proste do usunięcia), dlatego też ich występowanie znacząco podnosi koszty operacyjne operatora. Na szczęście z drugiej strony technologia video-mikroskopów inspekcyjnych pozwala na uniknięcie ogromnej większości z tych awarii, a ceny mikroskopów inspekcyjnych są obecnie bardzo przystępne. Wszystko to razem sprawia, że **mikroskopy te powinny być obecnie traktowane jako sprzęt pierwszej potrzeby, będący na wyposażeniu każdego technika i instalatora światłowodowego**.



Widok okna oprogramowania ODM InScope.