Ocena stanu technicznego instalacji do oświetlania elewacji Stadionu PGE Narodowy w Warszawie

Spis treści

1. Przedmiot i cel opracowania

Część I. <u>Zakładane warunki pracy instalacji oświetlenia elewacji</u>

2. Opis wymagań i założeń technicznych dla instalacji i urządzeń

2.1. Założenia projektowe oświetlenia elewacji;

2.2. Schemat instalacji

2.3. Rozmieszczenie opraw oświetleniowych na elewacji

2.4. Pozostałe informacje

2.5. Funkcje i podzespoły modułu Liner Shield AC XB-36

2.6. Funkcje modułu XB SHIELD-XB AC

3. Wybrane zalecenia konstrukcyjno-montażowe

3.1. zalecenia montażowe i eksploatacyjne producenta urządzeń Traxon

3.2. Informacje producenta złącz Wieland

4. Podsumowanie

Część II. <u>Diagnoza przyczyn awarii modułów</u>

1. Uszkodzenia wewnątrz obudów modułów Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC Data Injector

2. Przyczyny powstawania uszkodzeń poszczególnych podzespołów

2.1 Główny czynnik powstawania uszkodzeń wewnątrz badanych modułów

2.2 Miejsca nieszczelności kwestionujące klasyfikację IP66

A. Otwór montażowy obudowy modułu pod gniazdo „Wieland"

B. Wewnętrzna konstrukcja złącz kablowych „Wieland"

C. Miejsca możliwego zamakania złącz systemu Wieland. Podsumowanie.

D. Nieszczelności pomiędzy podstawą obudowy modułu i jego pokrywą

E. Właściwe promienie gięcia kabli łączących moduły

3. Analiza przyczyny awarii modułów Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC;

A. Najczęstsze przypadki i powody awarii

B. Czynniki eksploatacyjne wpływające na nasilenie awarii

C. Najistotniejsze przyczyny występowania awarii - podsumowanie

Część III. <u>Zalecenia służące zmniejszeniu ryzyka występowania awarii</u>

1. Zalecenia

2. Inne wnioski

1. **Przedmiot i cel opracowania**

Przedmiotem opracowania jest specjalistyczne oświetlenie zamontowane na elewacji Stadionu PGE Narodowy (dalej „oświetlenie fasady") służące wyświetlaniu symbolicznej grafiki i napisów w postaci statycznych lub dynamicznych scen świetlnych.

Założenia projektowe i opisy oświetlenia fasady zawarte są w dokumencie „Specyfikacja dostaw i robót NSW 2165"- w pkt 2." Techniczne uwagi wstępne" oraz w pkt. 3.
„Dodatkowe techniczne uwagi wstępne w kwestii dostaw oraz montażu elektrycznego i mechanicznego lamp". Założenia te wskazują, że instalacja i zamontowane na zasadzie oprawy powinny posiadać następujące właściwości użytkowe, cyt.:

1.1 „ Lampy firmy Traxon i zewnętrzna instalacja oświetlenia fasady obiektu Stadion Narodowy w Warszawie - żywotność 50 000 godzin"

Oznacza to wprost, że po deklarowanym wyżej okresie, oprawa będzie wytwarzała określoną wartość strumienia świetlnego w stosunku do modułu nowej oprawy LED (przyjmuje się standardowo 70%). Mimo że ten warunek nie odnosi się wprost do częstości występowania całkowitych awarii opraw oświetleniowych, to przy tych wskazaniach dopuszczalnej awaryjności modułów należy przyjąć, że przypadek całkowitej utraty zdolności świecenia tj. 100% utraty wartości strumienia świetlnego, także odnosi się do deklarowanej żywotności 50 000 godzin. Dalej została określono oczekiwany ilościowy parametr awaryjności lamp oświetlenia elewacji w tak zadeklarowanym czasie. Należy oczekiwać, że lampy nie powinny przestawać działać, ponad liczbę wskazaną w przywołanych w opracowaniu dokumentach, którą określoną następująco;

1.2 - „współczynnik przepalania max. 6%"

Każde współczesne źródło światła oparte na półprzewodnikowych diodach świecących, musi posiadać własny zasilacz zintegrowany ze źródłem promieniowania gdy korzysta z sieci energetycznej 230V AC, gdyż wymaga do pracy wielokrotnie niższego napięcia zasilania. Przywołany współczynnik przepaleń oznacza, że w okresie deklarowanej niezawodności 50 000 godzin, wśród 1584 zamontowanych opraw lamp Liner Shield AC XB awaria nie powinna wystąpić więcej niż 95,04 razy".

Okres 5 lat i 5 miesięcy eksploatacji, jaki upłynął do chwili sporządzania niniejszego opracowania, odpowiada upływowi ok. 48 500 godzin. Natomiast od chwili oddania obiektu do użytkowania, z pośród 1584 lamp Liner Shield AC XB-36. firmy Traxon, awarii uległo aż 351 szt. modułów (oraz 2 szt. modułów Injector Box wprowadzania danych typu XB SHIELD- XB AC). Praktycznie we wszystkich przepalonych lampach, przestawały funkcjonować moduły zasilająco sterujące promienników LED. Ma to miejsce po upływie ok. 48 500 godzin, czyli jeszcze przed upływem czasu deklarowanej utraty 30% strumienia świetlnego, kiedy to współczynnik przepalania obecnie wynosi 22,16% . Podkreślmy, że ten prawie 4 krotnie wyższy udział awarii przekracza zakładany 6% odsetek, co uzasadnia potrzebę przeprowadzenia bardziej wnikliwej analizy przyczyn tej anomalii.

Celem opracowania jest ustalenie przyczyn nadmiernej awaryjności modułów zasilająco sterujących lamp oświetlenia fasady oraz wskazanie możliwych zaleceń celem zmniejszenia częstości występowania awarii.

Analizie podlegać powinny, na co też wskazuje zakres zlecenia, zawsze uszkadzająca się część tj. moduł zasilająco sterujący lamp oświetleniowych oraz ich okablowanie, które znajdują się na fasadzie PGE Narodowy.

Część I. Zakładane warunki pracy instalacji oświetlenia elewacji

2 Opis elementów i rozwiązań tworzących zewnętrzną instalację oświetleniową

2.1 Założenia projektowe oświetlenia;

Cytaty z zapisów ze „Specyfikacji dostaw i robót NSW 2165" określające wymagania dot. trwałości, szczelności instalacji oświetleniowej, bezpośrednio wpływające na sprawne działanie zewnętrznego oświetlenia:

- „Wszelkie lampy i elementy oświetlenia muszą odpowiadać warunkom w których zostały założone i posiadać odpowiednią ochronę przed kurzem i wilgocią

- Celem dotrzymania wymogów stopnia ochrony podczas instalowania należy stosować odpowiednie uszczelnienia i mocowania dostarczone przez dostawcę oraz przestrzegać instrukcji montażu.
- Konieczność przedłożenia producenckiej deklaracji zgodności
- Otwory i przepusty kablowe wyposażone w śrubunki uszczelniające PG oraz pozbawione zadziorów.
- Wysokość montażowa:: ok. 6 do 26,0 m, trudnodostępna
- Producent: np. Thorn Lighting // Traxon Technologies // Philips lub równoważny
- Uszczelki: odporne na starzenie się, wymagana odporność na ultrafiolet i stabilność kształtu, wymagane znaki ENEC i CE."

Cytowane poniżej wymagania są powtórzone w czterech punktach w przytaczanej specyfikacji wymagań, tj. w pkt. : 01.01.01.02; 01.01.01.03; 01.01.01.04; 01.01.01.05;

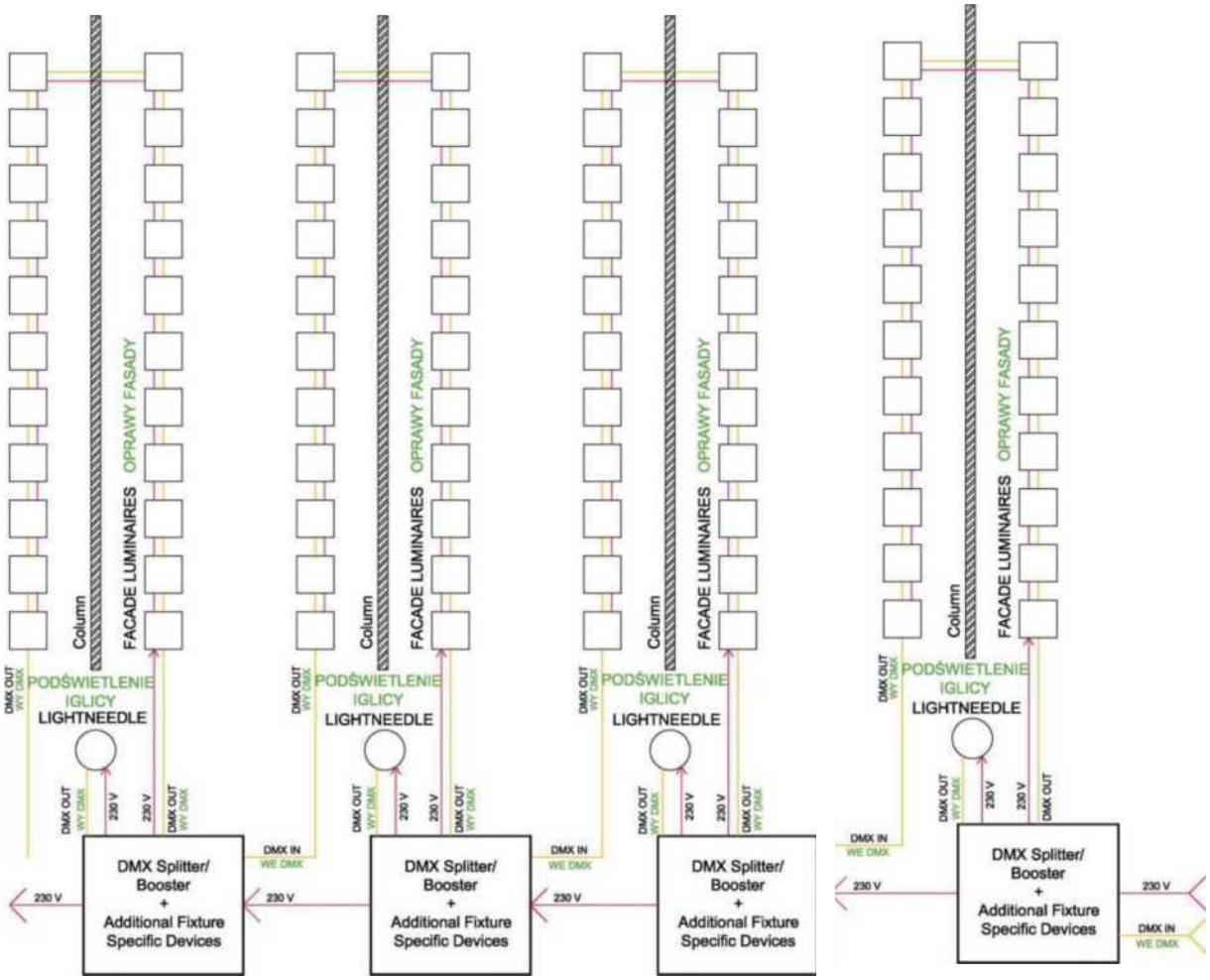
- „ Stopień ochrony: IP65
- Zasilanie: urządzenie gotowe do montażu i podłączenia do zasilania (in/out) w zależności od producenta, przez jedną lub dwie wtyczki, okablowanie przelotowe, wszystkie kable i wtyczki w klasie IP65, przekrój przewodów sterujących zasilających dobrany tak aby zapewniał parametry zasilania, sterowania i szczelności oprawy, ...
- jakolamparezerwowa do przechowywania w magazynie wraz z osprzętem oświetleniowym i mechanicznym" *(dla każdego z typów i kolorów lamp odpowiednie rezerwy* - 17,000 szt. lub 14,000 szt.)

- Zespół pomiarowy; Czujnik: NTC 10k; Zakres pomiarowy: - 45°C do + 75°C; Rozdzielczość: 1/10°C
- Plastikowa szafa sterownicza (z ogrzewaczem, higrostatem, spustem kondensatu), Stopień ochrony IP 66 , 72,000 szt.
- Licznik godzin pracy diodowego oświetleniafasadowego *(pozycja ewentualna)* ..... służy do monitorowania układu w kwestii żywotności, procentu zaniku skuteczności działania i spadku wartości strumienia świetlnego."

2.2 Schemat instalacji

Poniższy schemat ideowy obejmuje elementy wydzielonej części instalacji oświetlenia, w którym występują awarie.

Architektura połączeń elektrycznych instalacji oświetlenia fasady na przykładzie fragmentu pionów oświetlenia;



L- IP65 Housing (cooled and heated)
Obudowa IP65 (chłodzona i ogrzewana)

'— IP65 Housing (cooled and heated)
Obudowa IP65 (chłodzona i ogrzewana)

Powyższy schemat architektury połączeń obejmuje połączenia stosowane w elewacyjnej części instalacji w tym:

a) obwód elektryczny sygnału DMX służącego sterowaniu scenami świetlnymi (świeceniem poszczególnych lamp)

b) obwód dystrybucji energii elektrycznej 230V AC dla zasilania obwodów sterowania i świecenia promienników LED „opraw fasady".

Na schemacie przedstawiono przykład wydzielonego fragmentu całości który stanowią cztery piony oświetleniowe. Każdy pion posiada własny wzmacniacz /rozdzielacz sygnału DMX i zasilania 230V AC (Dalej: „Injector Box". Ten schemat połączeń powtarzany jest w kolejnych sektorach wszystkich 72 pionów oświetleniowych.

UWAGA;

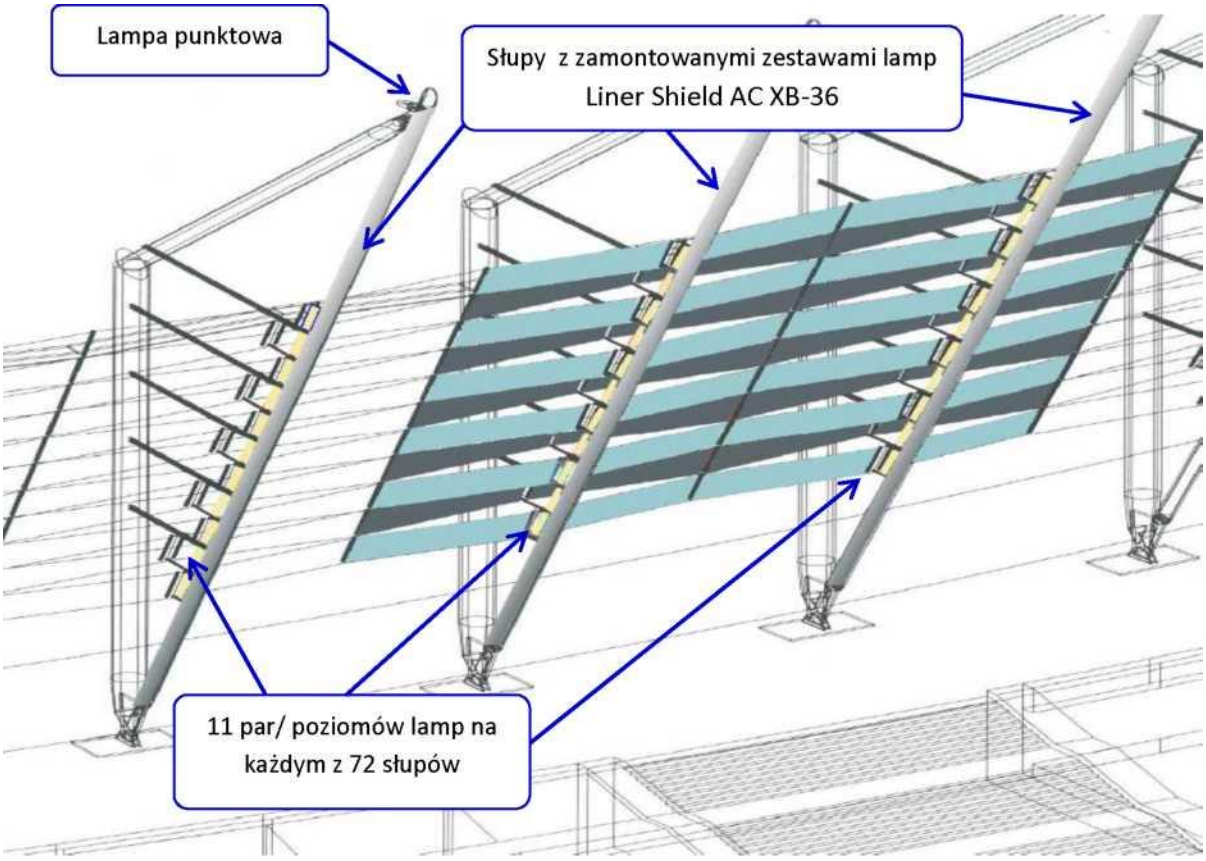
Zorientowanie urządzeń na powyższym rysunku"góra - dół" jest odwrotne, tj. w rzeczywistości moduł wprowadzania danych sterujących Injector Box sygnału sterującego DMX znajduje się na górze, na konstrukcji dachu obiektu i nie jest zamknięty w ogrzewanej/ /chłodzonej obudowie IP65 wskazanej na schemacie oraz w specyfikacji zamówienia.

2.3 Rozmieszczenie opraw oświetleniowych na elewacji

Oprawy rozmieszczone są na odchylonych od pionu zewnętrznych słupach konstrukcji wspierającej dach. Na jeden pion oświetlenia składają się równomiernie zamontowane po bokach każdego z 72 słupów 11 par lamp typu Liner Shield AC XB-36, z oprawami LED, oświetlającymi płaszczyznowo poszczególne ekrany elewacji oraz 1 lampa LED oświetlenia punktowego zamontowana na szczycie każdego słupa.

Na rysunku przedstawiono konfigurację elewacyjnej części systemu na przykładzie fragmentu - czterech pionów oświetleniowych. Każdy pion posiada własny dodatkowy wzmacniacz /rozdzielacz sygnału DMX i zasilania 230V AC (dalej: Injector Box).

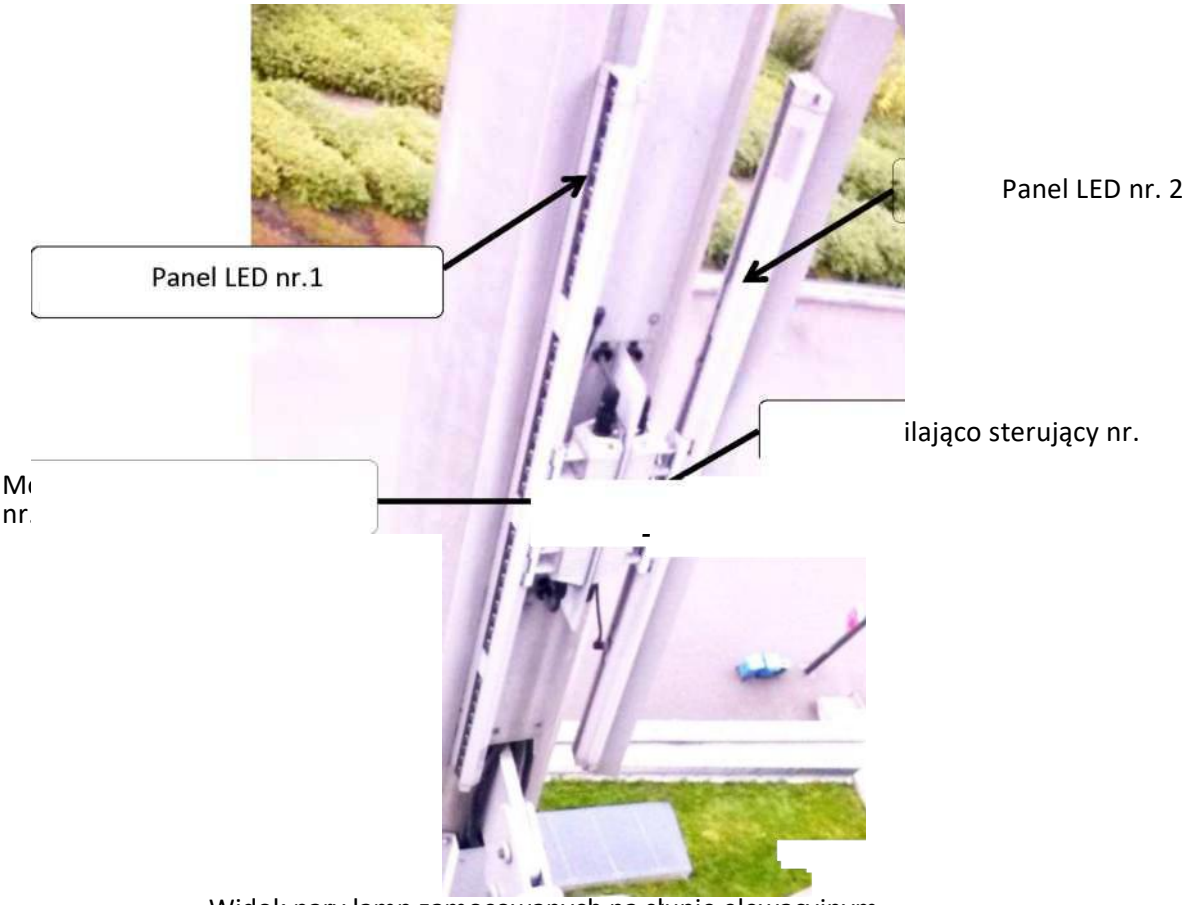
Ten schemat połączeń powtarzany jest w całej instalacji we wszystkich 72 pionach oświetleniowych.



Razem w parach, na obiekcie zainstalowano więc 1584 szt. zamontowanych pionowo na 72 słupach lamp tupu Liner Shield AC XB-36, świecących zwężonym strumieniem światła skierowanym na perforowane ekrany oraz 72 moduły Injector Box rozprowadzania danych sterujących sygnału DMX i zasilania 230V AC. Na szczycie każdego ze słupów zamontowana jest oprawa LED światła punktowego, które do listopada 2017 r nie ulegały awariom.

Każdy słup z zainstalowanymi na nim lampami stanowi w strukturze sterowania wydzielony logicznie pion w odtwarzania przypisanej mu sceny świetlnej, o co jest zależne od sprawności modułu Injector Box przypisanego temu pionowi.

Widok pary opraw oświetleniowych LED typu Liner Shield AC XB-36 zamontowanych na wys. 26m n.p.t..



Widok pary lamp zamocowanych na słupie elewacyjnym.

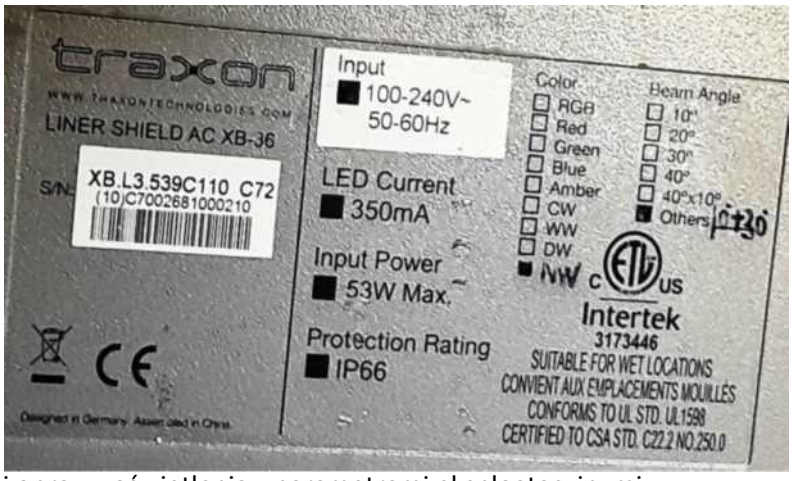
Badane elementy instalacji na elewacji PGE Narodowy od 2012 r. wystawione są na bezpośrednie i nieprzerwane działanie skrajnych temperatur, opadów atmosferycznych. Większość z nich nie posiada zadaszeń czy innych osłon przed deszczem, śniegiem itd. .

Wyjątkiem są tu indywidualne, przeciwdeszczowe osłony złącz górnej części pary modułów zasilająco sterujących (przykład widoczny poniżej), które są montowane pewnego czasu przy okazji wymian tych jednostek po awariach.

Daszek obejmujący górę jednej pary modułów zasilająco sterujących

2.4 Pozostałe informacje:

Podstawowe parametry eksploatacyjne zamieszczone z tabliczek znamionowych modułów:



Moduł przykładowej oprawy oświetlenia z parametrami eksploatacyjnymi.

2.5 Funkcje i podzespoły modułu Liner Shield AC XB-36

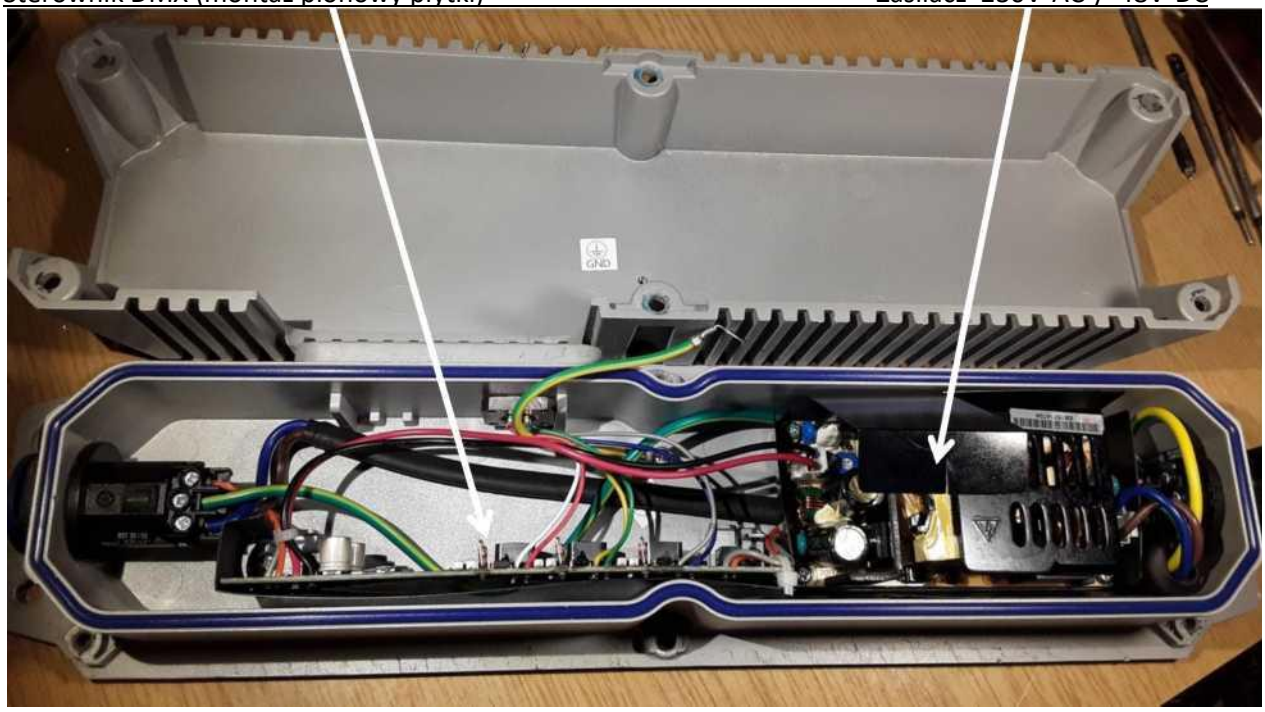
W liczbie 351 awarii lamp które wystąpiły na fasadzie Stadionu PGE Narodowy uszkodzeniu ulegały wyłącznie moduły zasilająco - sterujące tj. ich podzespoły; zasilania lub/i sterowania

świeceniem modułu LED, na które skierowana jest dalsza uwaga.

Na każdą lampę składają się dwa oddzielne elementy, są to;

1. oprawa oświetleniowa z promiennikami - *(dalej „panel LED")* oprawa z diodami świecącymi zasilanymi w trzech sekcjach R G B , połączona specjalistycznym 3 parowym kablem i szczelnym skręcanym złączem z hermetyczną obudową modułu zasilająco sterującego danej lampy.
2. moduł zasilająco sterujący Liner Shield *(dalej „moduł"*) zawiera wewnątrz dwa podzespoły elektryczne; zasilacz AC/DC i sterownik oświetlenia działający w standardzie DMX512. Moduł wyposażony jest w dwa 5 stykowe przyłącza firmy Wieland; Wejściowe „IN" i Wyjściowe „OUT" posiadające fabryczne certyfikaty szczelności IP66 .

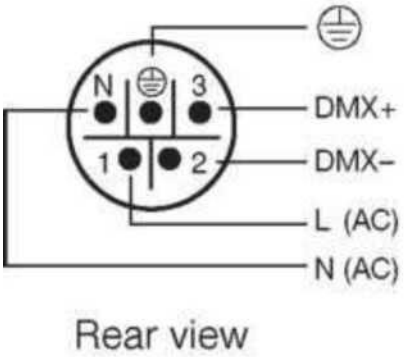
Sterownik DMX (montaż pionowy płytki) Zasilacz 230V AC / 48V DC

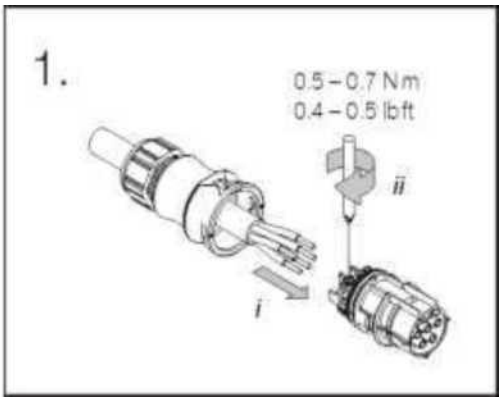


Wnętrze modułu zasilająco sterującego - wnętrze w nienaruszonym stanie fabrycznym.

W każdym złączu Wieland 3 styki służą zasilaniu modułu i dalszej dystrybucji napięcia jednofazowego zasilania 230V AC (z uziemieniem łączonym we wnętrzu obudowy modułu); oraz 2 styki wykorzystywane są do dystrybucji niskonapięciowego cyfrowego sygnału wg. specyfikacji DMX512, sterującego w czasie rzeczywistym działaniem sterownika, który ma za zadanie sterowanie natężeniem światła panela LED.

Fotografia przedstawia rodzaje gniazd Wejścia „IN" i Wyjścia „OUT" - 5 stykowych złącz „Wieland" montowanych w obudowie modułu zasilająco sterującego lamp Traxon





Rysunek przedstawia sposób wykorzystania styków i metodę montażu przewodów wewnątrz wtyków Wieland.

Foto. Gniazdo z boku modułu skręcanego złącza stałoprądowego zasilania panela LED

Obudowa modułu zasilająco sterującego jest połączona z wspornikiem panela LED za pomocą śrub wkręcanych w hermetyczne otwory w górnej części duralowej obudowy tego modułu (jest to 9 otworów pod śruby M5).

Zasada działania modułu zasilająco sterującego:

Sterownik DMX każdej z lamp oświetleniowych, „oczekuje" na otrzymanie przeznaczonych tylko dla niego „bitów rozkazów" w sygnale sterującym, wtedy w czasie rzeczywistym dostosowuje do tych wskazań intensywność świecenia panela LED. Strumień ciągłej transmisji cyfrowej jest realizowany od komputera realizującego program scen oświetleniowych (wewnątrz budowli) do sektorowych węzłów – szaf dystrybucyjnych a następnie na zewnątrz budowli kolejno do każdej grupy pionów pomiędzy poszczególnymi węzłami Injector Box. Tak więc realizacja scen jest realizowana poprzez przetwarzanie informacji o żądanym poziomie prądu w obwodach RGB zasilających panel LED co jest interpretowane i realizowane indywidualnie w każdym z modułów Liner Shield AC XB-36.

UWAGA: W razie braku w określonym fragmencie obwodu sterowania sygnału DMX, jeśli tylko zasilacze i sterowniki modułów Liner Shield są sprawne, spowoduje to stałe, maksymalne rozświetlenie paneli LED tych lamp.

2.6 Funkcje modułu XB SHIELD-XB AC

W stosunkowo łatwo dostępnej części konstrukcji dachu zainstalowano poziomo 72 szt. Injector Box typu XB SHIELD-XB AC tj. po jednym dla każdego pionu oświetleniowego. Moduł ten pośredniczy w doprowadzaniu jednofazowego zasilania 230V AC oraz służy rozdzielaniu i regeneracji sygnału DMX sterującego świeceniem 22 lamp w danym pionie, zainstalowanych w parach na słupie elewacji na 11 poziomach.

Moduł Injector Box dystrybucji zasilania i transmisji sygnału DMX zamontowany na konstrukcji kanału kablowego. Widok z góry.

W skład modułu XB SHIELD-XB AC wchodzi zasilacz 230V AC / 12V DC, regenerator - dystrybutor sygnału DMX oraz pole łączenia dwóch kabli: zasilania oraz sygnału sterującego w jeden kabel wyjściowy na pięciostykowym złączu wyjściowym Wieland, podłączonym kablem do pierwszej lampy w pionie. Następnie każda lampa jest połączona z kolejną sąsiadującą z nią w pionie w danej gałęzi oświetlenia elewacji. W obwód ten włączona jest też lampa światła punktowego na szczycie słupa.

3.1 Wybrane zalecenia konstrukcyjno-montażowe

Wybrane zalecenia montażowe i eksploatacyjne producenta urządzeń Traxon

Producent Traxon informuje, że :

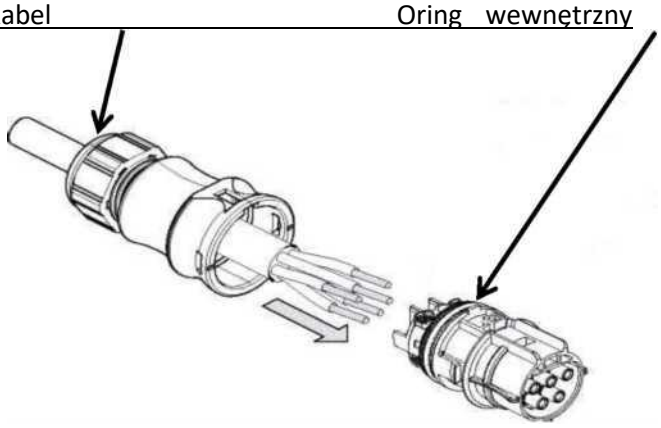
1. linia produktów omawianej serii Liner Shield AC XB nie jest kontynuowana, (strona http://www2.traxontechnologies.com/lighting solutions/discontinued products)
2. sprzęt ten nadaje się do użytku wewnętrznego lub zewnętrznego,
3. określa następujące środki ostrożności, zalecenia i wskazuje, że każda niezgodność postepowania z wytycznymi „Podręcznika instalacji" spowoduje utratę gwarancji, (jak np.) :
   a. nieodłączanie zasilania przed jakimkolwiek przełączaniami w okablowaniu gdyż grozi to zniszczeniem urządzeń, w tym nie wymieniać urządzeń w aktywnej instalacji,
   b. nie należy używać niesprawnych kabli lub urządzeń,
   c. aby zapewnić wodoszczelność zawsze należy utrzymywać system z podłączonymi urządzeniami i kablami ,
   d. nie wolno przekręcać gniazd i złączy kabli zamontowanych do modułu. Dla ich rozłączenia należy odblokować zatrzask blokady (np. płaskim śrubokrętem 3mm),
   e. po połączeniu instalacji należy mieć pewność, że zatrzask blokujący złącze jest prawidłowo umieszczony i zatrzaśnięty,
   f. należy zadbać, aby ani elementy instalacji ani urządzenia przed montażem ani w jego trakcie nie były zawilgocone,
   g. należy dochować najwyższej dbałości w zakresie kolejności czynności montażowych, właściwego montażu elementów uszczelniających,
   h. w rozdziale 3.2.1 „... przygotowanie kabli i złącz zaleca się aby: Zgłaszać wszelkie znalezione usterki funkcjonalne w najbliższym biurze firmy Traxon Technologies. Nie należy próbować instalować wadliwych elementów,
   i. w dziale „Przygotowanie kabli i złączy" opisano konstrukcję wraz z systemem uszczelnień oraz określa się sposób zarabiania kabli i montażu złącz.

3.2 Informacje producenta złącz Wieland

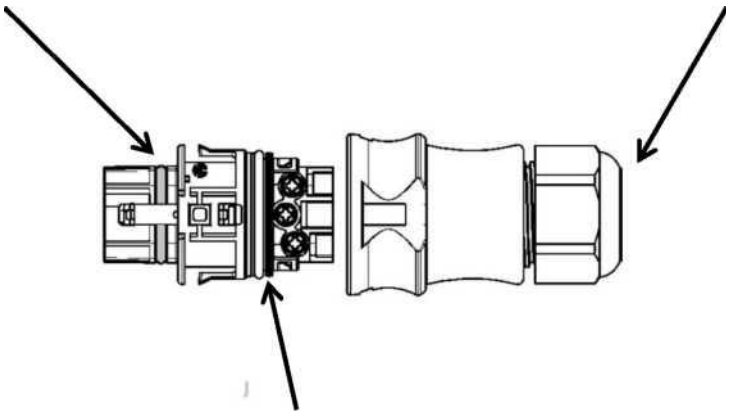
Opis konstrukcji złączy kablowych i gniazd zamontowanych w obudowach modułów, ze wskazaniem przyjętych sposobów uzyskiwania szczelności.

Wtyk żeński, stosowany w instalacji modułów Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC wykonany jest z poliamidu

Dławica uszczelniająca kabel Oring wewnętrzny



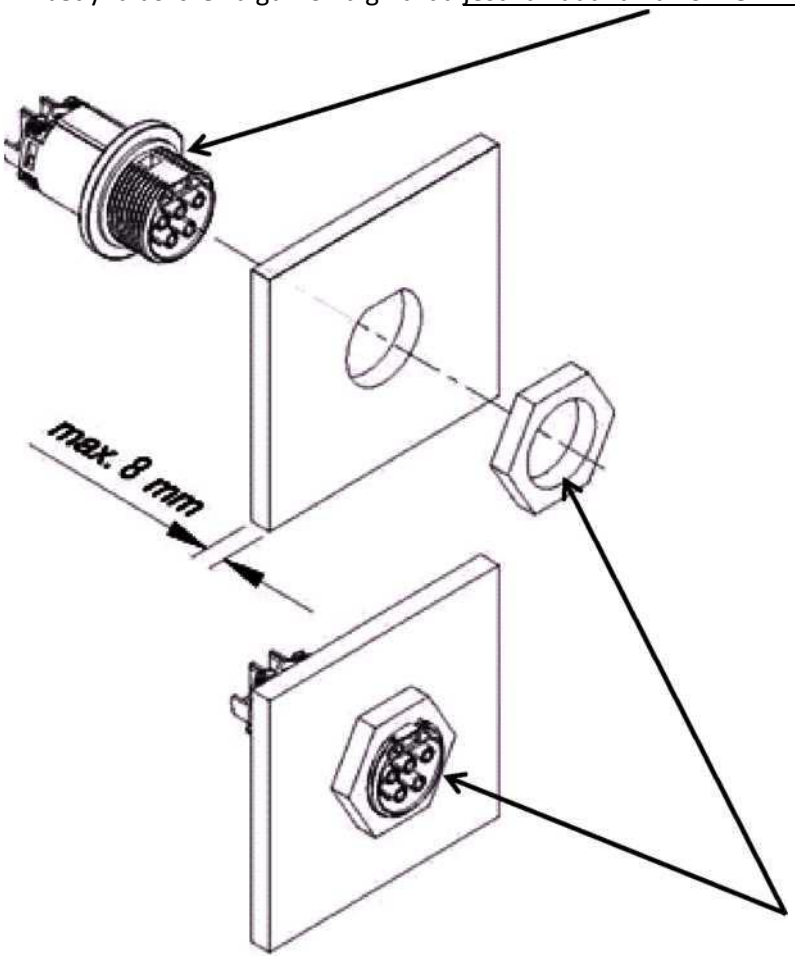
Oring uszczelniający zewnętrzny Dławica uszczelniająca kabel



Oring uszczelniający wewnętrzny

Wtyk męski, stosowany w instalacji modułów Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC wykonany jest z poliamidu

Gniazdo montowane do obudowy modułów Liner
Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC
Jedyna uszczelka gumowa gniazda jest zakładana na kołnierz wewnątrz obudowy



Zewnętrzna nakrętka nie posiada własnego uszczelnienia
Gniazdo wykonano z poliamidu

4. Podsumowanie:

Z przedstawionych założeń ma wynikać, że użycie elementów instalacji o jednostkowo ustalonej klasie szczelności IP66, jest wystarczające dla wymagań wieloletniej eksploatacji, całosezonowej szczelności urządzeń stosowanych na zewnątrz, w bardzo rozległej przestrzennie instalacji, składającej się z ponad 3.400 par złącz Wieland oraz paru kilometrów kabli; rozprowadzonych po trudnodostępnej stalowej konstrukcji nośnej; nie posiadającej ułatwień dostępu dla dokonywania przeglądów i konserwacji. W projekcie nie

przewidziano żadnych dodatkowych środków ochrony przed wpływem skrajnych miejscowych warunków pogodowych .

Powierzona dokumentacja nie określa szczególnych wymagań eksploatacyjnych dla aplikacji oświetlenia Traxon na PGE Narodowy, np. przeprowadzania sukcesywnych przeglądów czy konserwacji 1728 instalowanych na zewnątrz samodzielnych elektrycznych podzespołów podatnej na zamakanie instalacji oświetleniowej, w tym np. konieczności utrzymywania wysokokwalifikowanego zespołu pracowników ze zdolnościami spinaczkowymi, bądź eksploatacji wysięgników do prac na wysokości.

Część II. Diagnoza przyczyn awarii modułów

1. Uszkodzenia wewnątrz modułów Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC Data Injector

Badania przeprowadzono na podstawie wizji lokalnej, oraz inspekcji 8 losowo wybranych modułów zasilająco sterujących Liner Shield AC XB spośród 351 uszkodzonych oraz jednego modułu „Data Injector Box" zdemontowanych po awariach. Na kolejnych fotografiach przedstawiono reprezentatywne anomalie mające związek z uszkodzeniami.

Foto.1A

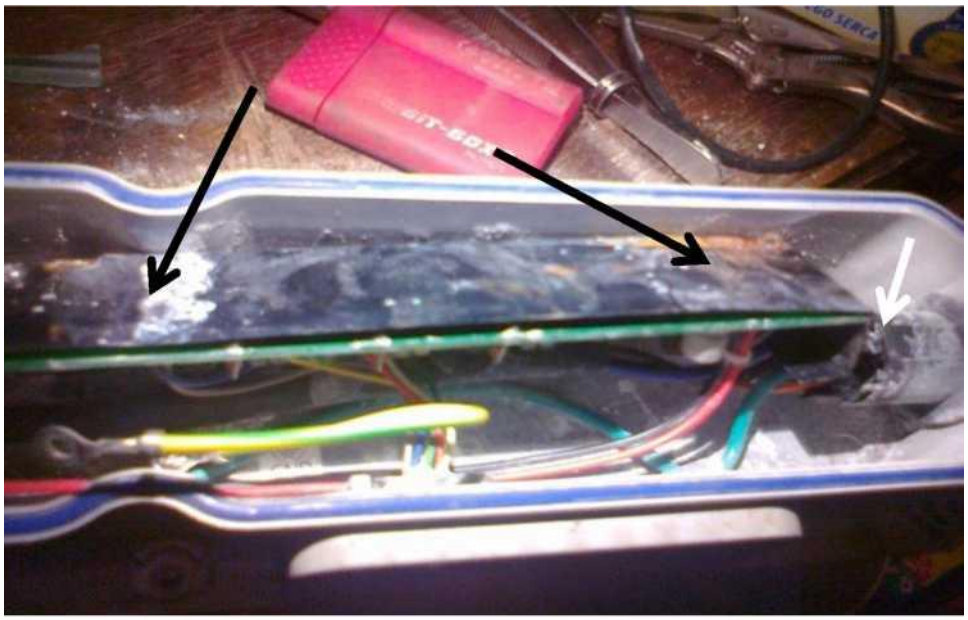


Foto. Wnętrze modułu Liner Shield AC XB - spód sterownika DMX

Na zdjęciu 1A.; widoczne (od lewej) ślady korozji obudowy aluminiowej, stalowych wsporników płytki strownika DMX, efekty korozji stalowych- chromowanych śrubek zaciskowych w kablowym złączu wyjściowym.

Foto.1B

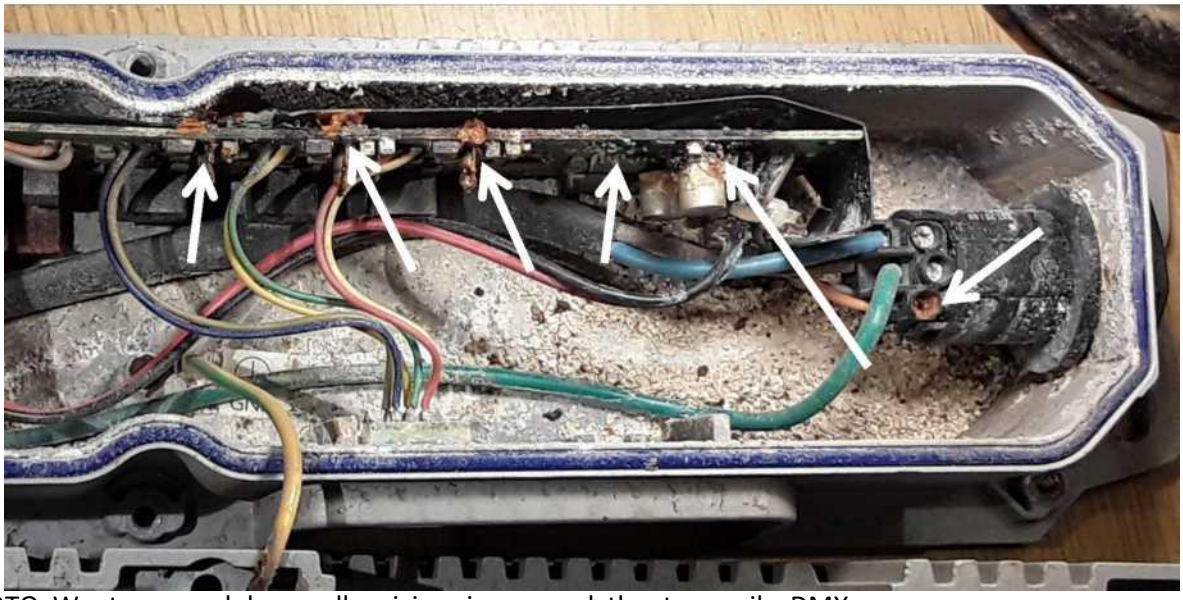
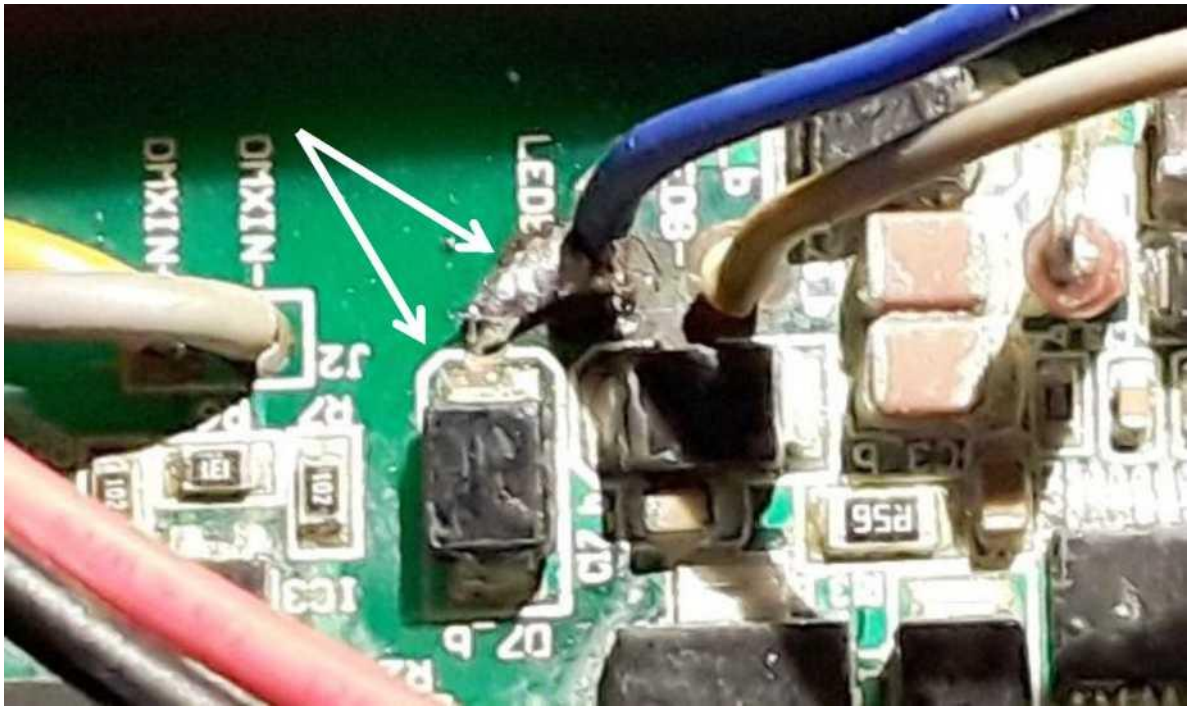


FOTO. Wnętrzne modułu ze całkowicie zniszczoną płytką sterownika DMX

Widoczne powyżej poważne uszkodzenia elementów elektronicznych i obwodów elektrycznych, liczne naloty i wszechobecne produkty korozji

Foto. 2A



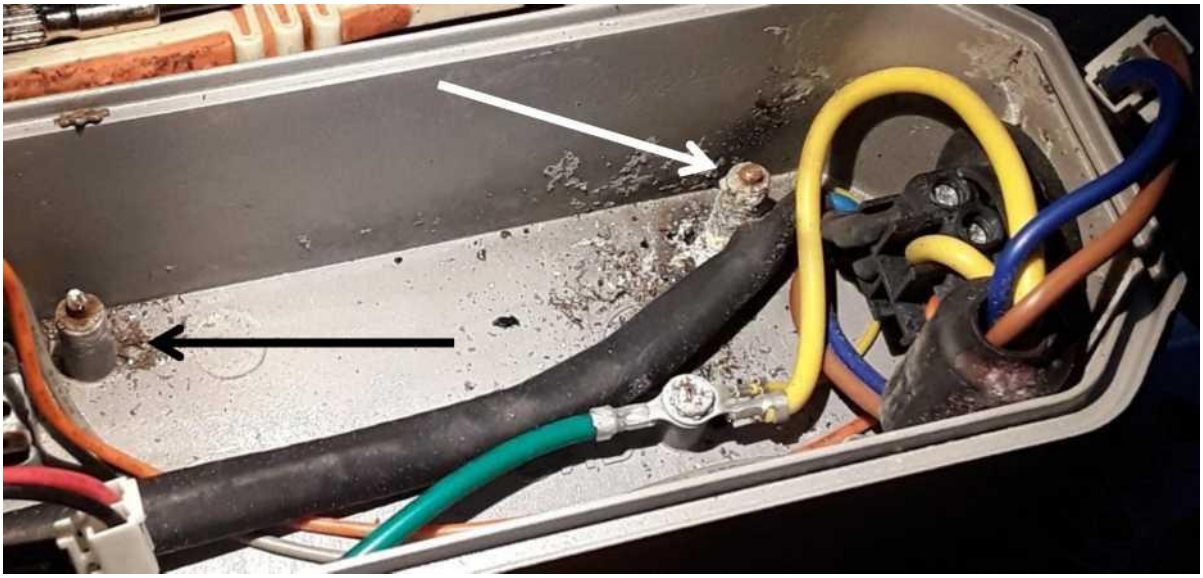
Przykład miejscowego uszkodzenia płytki obwodów sterownika DMX.

Na Fot.2A widoczne są skutki niepożądanego przepływu prądu pomiędzy przewodami i elementami elektroniki płytki sterownika DMX zasilających panel LED.

Foto. 2B

Na płytce drukowanej Injector Box , Fot.2B, obserwujemy skutki zjawisk elektrochemicznych pomiędzy sąsiadującymi punktami lutowniczymi obwodów elektronicznych. Uszkodzeniom elektroniki zawsze towarzyszy utrata właściwości izolacyjnych lakieru ochronnego płytek.

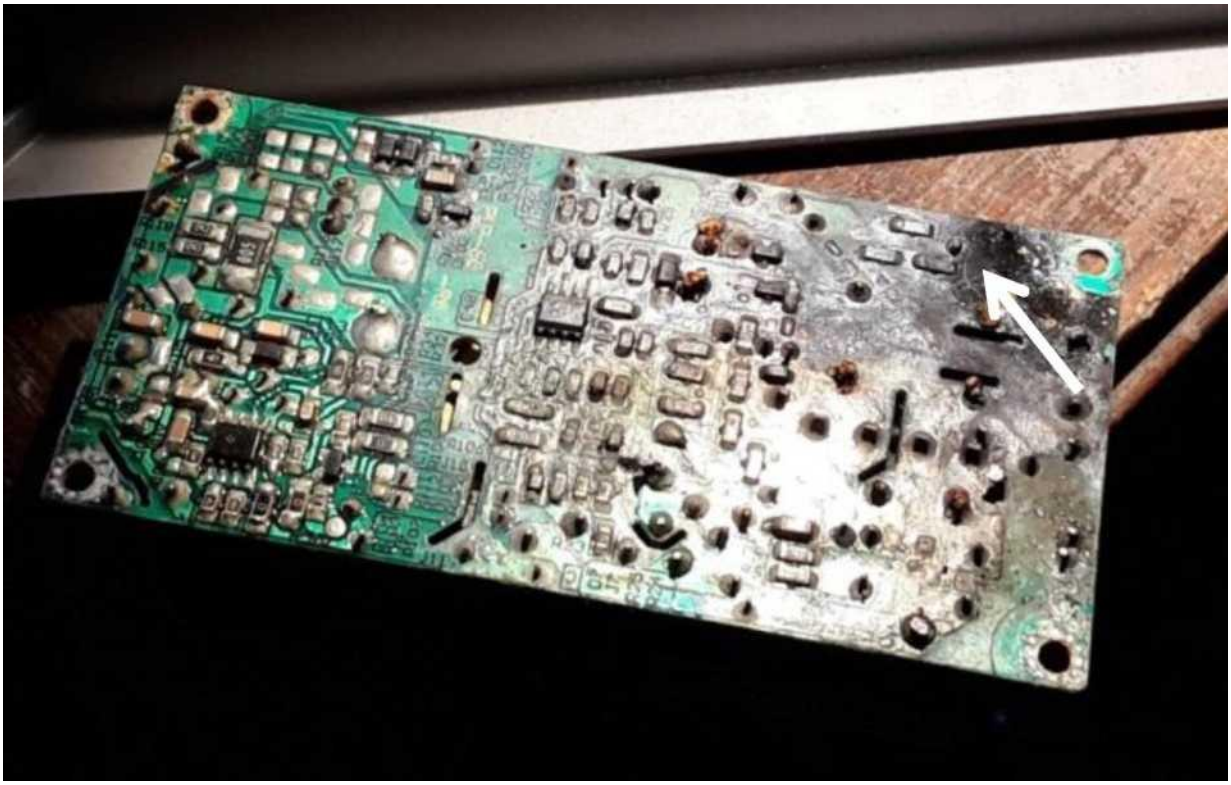
Foto.3



Wnętrze modułu Liner Shield AC XB pod zdemontowanym zasilaczem.

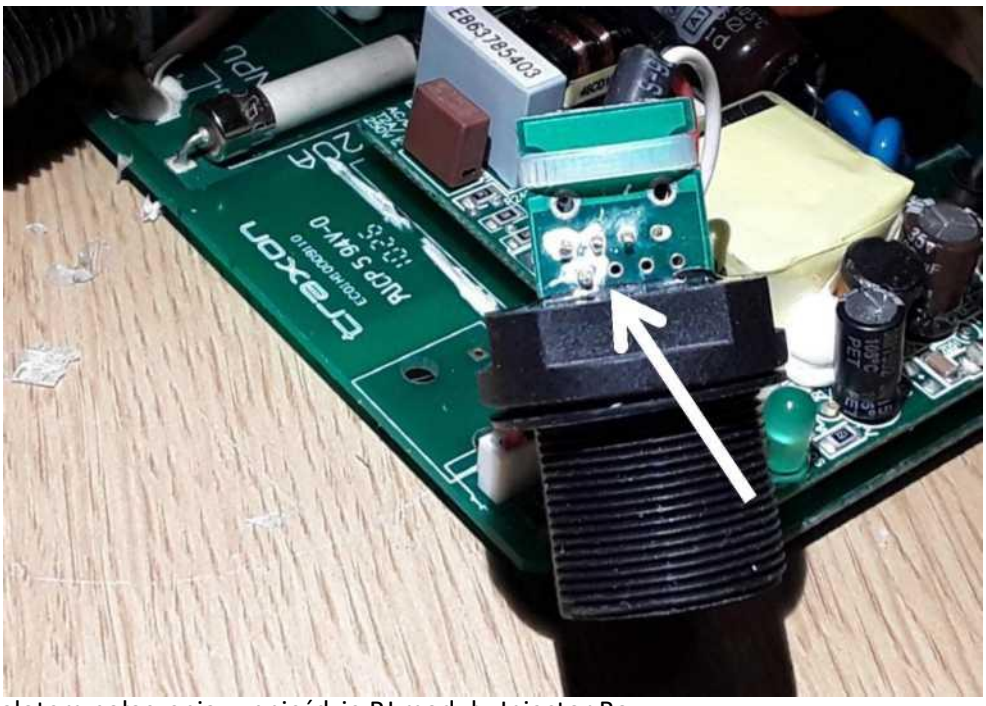
Na Foto.3 widać skutki niekontrolowanych przepływów prądów, w zawilgoconym środowisku poza płytką elektroniki zasilacza. Widoczny efekt zwarcia w obwodzie napięcia zasilania 230V AC od strony złącza wejściowego modułu Liner Shield AC XB. Prawie w całości skorodowane są śruby montażowe M3, mocujące płytkę drukowaną elektroniki zasilacza do wsporników duraluminiowego odlewu obudowy (uszkodzenie to praktycznie jest nienaprawialne).

Foto 4.



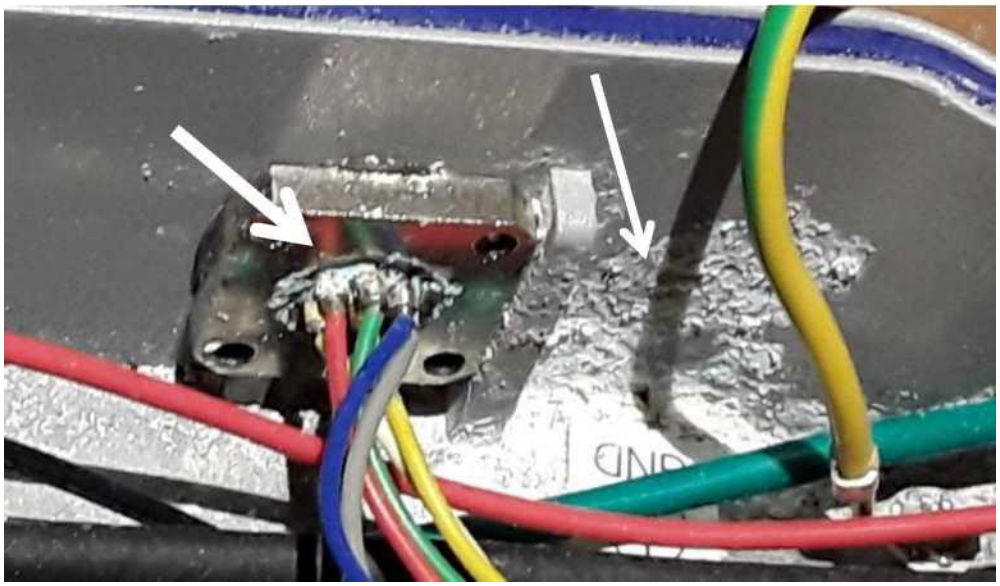
Płytka drukowana zasilacza modułu Liner Shield AC XB. zniszczonego „zwarciem elektrycznym" w obwodzie zasilania

Widoczne są ślady łuku elektrycznego pomiędzy obwodem zasilania energetycznego 230V AV na płytce elektroniki zasilacza modułu i obwodem masy urządzenia. Także tu widoczne są rozległe zniszczenia lakieru ochronnego obwodów drukowanych oraz punktów lutowniczych elementów montażu powierzchownego.

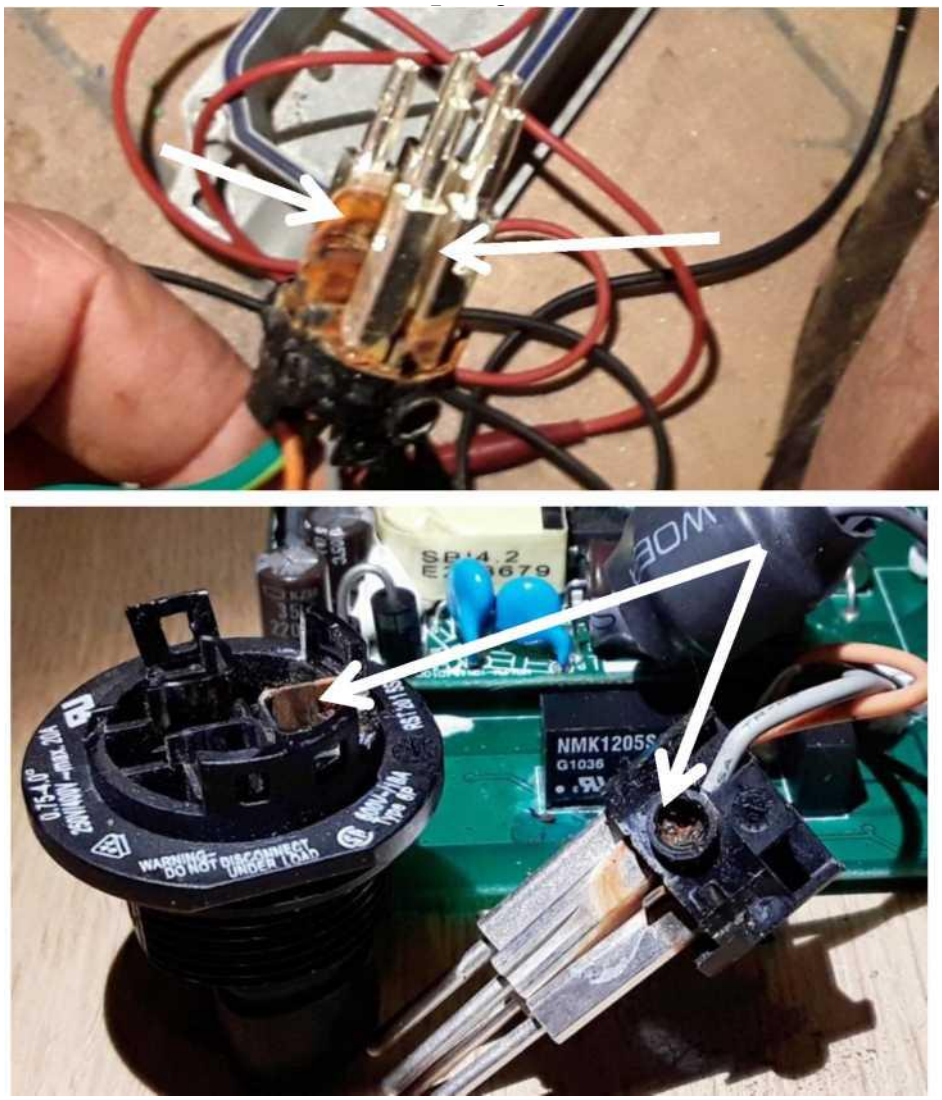


Pokryte nalotem połączenia w gnieździe RJ modułu Injector Box

Foto.5B


Naloty na złączu RGB zasilania panela LED w module Liner Shield AC XB

Na zdjęciach uwidoczniono naloty produktów korozji elektrochemicznej w miejscu łączenia kabli na przyłączu danych Injector Box (Foto.5A) oraz w złączu modułu Liner Shield, który zasila obwody RGB diod LED promiennika lampy (Foto 5B).



Złączki z gniazd Wieland modułów Liner Shield AC XB oraz Injector Box

Widoczne są ślady zjawisk elektrochemicznych na złączkach wtyku produkcji „Wieland" służącego dystrybucji napięcia zasilającego 230V AC oraz cyfrowego sygnału sterującego lampami w scenach oświetlenia.

Poza powyższymi spostrzeżeniami zaobserwowano, że w połowie nakrętki gniazd Wieland mocowanych w otworach aluminiowych w obudów objętych inspekcją modułów były luźne, możliwe do odkręcenia bez użycia narzędzi.

Zaobserwowane anomalie - podsumowanie:

- utrata właściwości izolacyjnych lakieru ochronnego płytek drukowanych obwodów elektroniki
- obfite ilości tlenku glinu we wnętrzu obudów Liner Shield oraz XB SHIELD Wszechobecne ślady korozji stali, często bardzo zaawansowanej :
    - o stalowych - cynkowanych wsporników płytki sterownika DMX, o elementów mocująco montażowych i śrub M3
    - o cynkowanych (lub kadmowanych) stalowych śrub do zaciskania kabli w złączkach gniazd przyłączeniowych, montowanych na obudowach modułów
- ślady prawdopodobnie samoistnej korozji elektrochemicznej pomiędzy miedzią, aluminium, stalą (metali różnym potencjale elektrochemicznym)
- ślady korozji powodowanej niekontrolowanym przepływem prądów elektrycznych;
    - o pomiędzy przewodami; na zewnątrz i wewnątrz gniazd i wtyków kablowych o pomiędzy sąsiadującymi ścieżkami płytki drukowanej i podzespołami elektroniki
    - o pomiędzy obwodami elektroniki i miejscami technologicznych połączeń z masą obudowy modułu, gdzie występują awarie o rozległych skutkach do zwarć w obwodzie napięcia zasilania z sieci energetycznej 230V AC włącznie.
- Niedokręcone gniazda złącz Wieland do obudowy
- Wszystkie badane moduły mimo licznych śladów obecności wody były suche, po ich rozmontowaniu do celów niniejszej inspekcji.

2. Powody powstawania uszkodzeń poszczególnych podzespołów

Zgodnie z opisem warunków pracy instalacji w Części nr. I opracowania, należy stwierdzić, że zainstalowane urządzenia Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC są zamontowane i pracują w warunkach nie odbiegających od zakładanych takich jak; temperatura pracy - 40°C do 60°C, praca na zewnątrz budowli tj. w ekspozycji na opady atmosferyczne (deszcz, mżawka, rosa, deszcz marznący, śnieg, szron, szadź), wahania temperatury z przejściami przez 0°C.) Ochrona przed wpływami atmosferycznymi ma być zapewniona przez szczelność zastosowanych elementów składowych instalacji, każdy z nich oddzielnie odpowiedni dla wymagań stawianej urządzeniom klasy szczelności IP66 tj. „ochrona urządzeń w pełni pyłoszczelna i odporna przed silną strugą wody (100 l/min) laną na obudowę urządzenia *(tj. dowolny element oświetlenia instalacji)* z dowolnej strony".

2.1 Główny czynnik powstawania uszkodzeń wewnątrz badanych modułów:

Większość zaobserwowanych w części opisanych wyżej przypadków awarii wewnątrz zdemontowanych po awariach modułów TRAXON, należy wiązać z obecnością wody której to wg. założeń technologicznych i gwarancji dostawcy systemu tam być nie powinno.

Stwierdzono tylko jeden przypadek awarii spowodowany niestarannością fabrycznego montażu połączeń elektrycznych na płytce sterownika wewnątrz modułu Liner Shield z jednoczesnym brakiem kontaktu kabla w niedokręconej złączce Gniazda Wieland.

2.2 Miejsca nieszczelności wskazujące na utratę klasy IP66

Poniżej omówiono miejsca, gdzie wystąpił brak zachowania klasy szczelności IP66, deklarowanej przez producentów podzespołów i dostawcę systemu:

A. Otwór montażowy obudowy modułu pod gniazdo „Wieland”

Foto. 7A

Foto. 7B

Na fotografiach nr. 7A i 7B jest widoczne naloty, zacieki, które występują wewnątrz i na krawędzi otworu mocowania gniazda złącza kablowego do obudowy. Na Foto 7B widać wyrazisty przykład ewidentnego braku szczelności połączenia gniazda z obudową modułu, skutki nieprzylegania wewnętrznej uszczelki gniazda do obudowy.

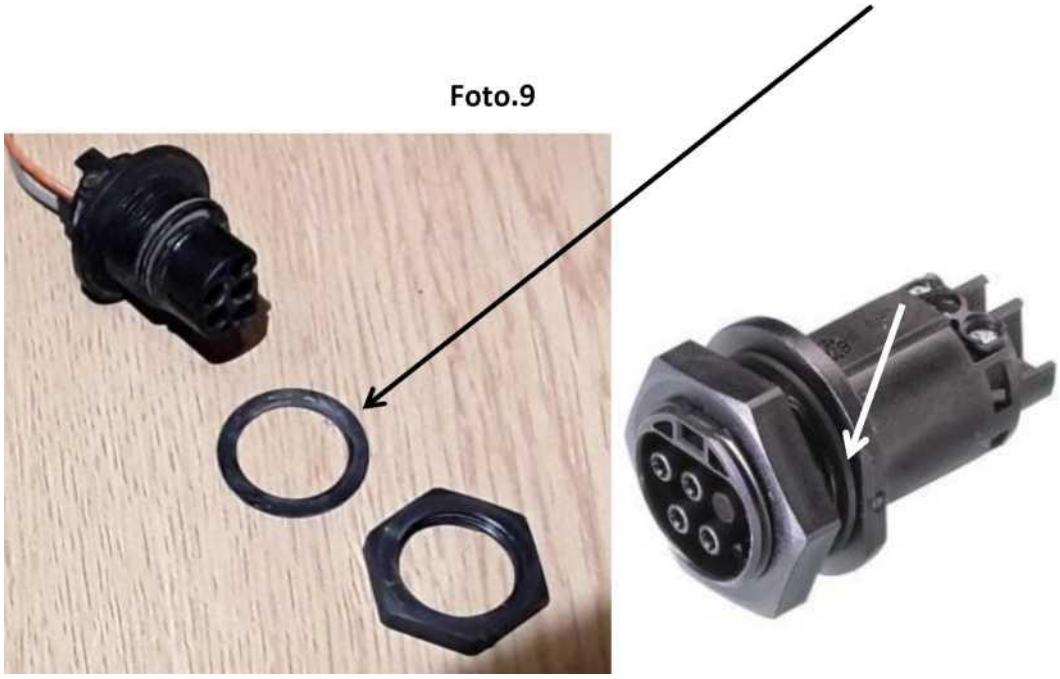
<u>Nieszczelności tego rodzaju może być spowodowana okolicznościami:</u>

i. Dokręcenia z niewłaściwą siłą gniazda do obudowy modułu podczas fabrycznego montażu urządzenia
ii. Samoczynnego rozkręcenia się nakrętki mocującej gniazdo do obudowy modułu.
iii. Brakiem korekty luźnego montażu gniazda bezpośrednio po zamontowaniu modułu i okablowania w miejscu jego przeznaczenia na konstrukcji oraz w trakcie eksploatacji np. po każdym sezonie jesienno-zimowym lub wiosenno-letnim.

iv. Zastosowaniem niewłaściwego mocowania gniazd Wieland do obudowy modułu, przez brak zabezpieczenia nakrętki przed samoczynnym rozkręcaniem się oraz brak zewnętrznego uszczelnienia styku nakrętka-obudowa.

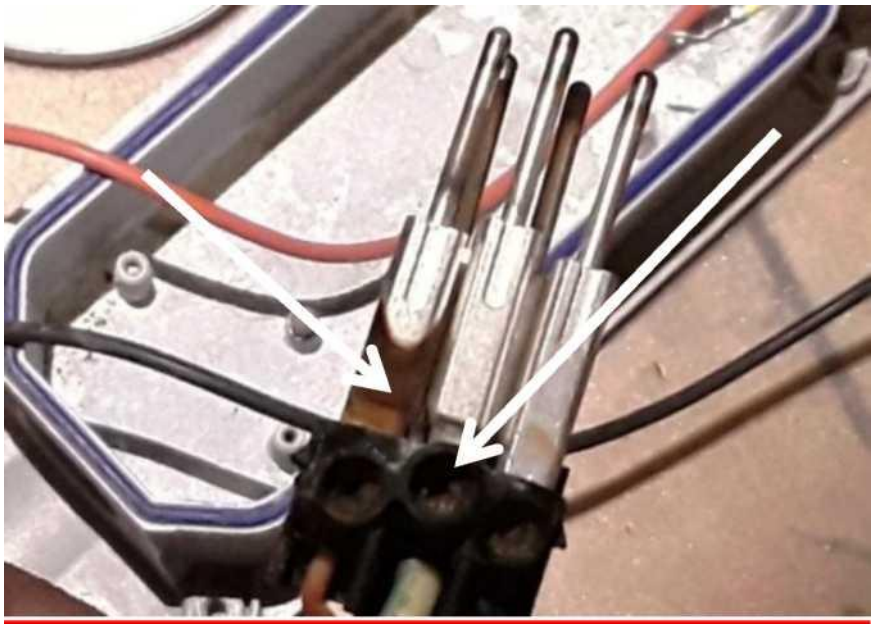
W stosowanym do tej pory rozwiązaniu uszczelnienia, w przestrzeń otworu obudowy pod nakrętkę gniazda sukcesywnie przy opadach, w czasie wieloletniej eksploatacji, po gwincie połączenia i pod nie doszczelnioną nakrętką może wnikać woda,. Następnie woda przez wielokrotnie zamarznie, naprężenia montażowe na kablach wewnątrz modułu lub zewnętrz mogą systematycznie doprowadzać do znacznego rozszczelnienia gniazda mocowanego niezablokowaną nakrętką do obudowy modułu. Konstrukcja uszczelnienia gniazda jest więc nieodpowiednia dla warunków wieloletniego użytkowania modułu przez wszystkie pory roku. Poliamidowa nakrętka oraz pojedyncza i tylko jedna uszczelka gumowa gniazda Wieland, montowana jest tylko od wewnętrznej strony duraluminiowej obudowy modułu.

Foto.9



B. Wewnętrzna konstrukcja złącz kablowych „Wieland"

Foto.10



Na fotografii nr. 10 oraz wcześniej na fotografii nr. 6 przedstawiono przypadki gdy wnętrze wtyku, nosi ślady obecności wody. Mosiężne, srebrzone łączówki są pokryte nalotem najprawdopodobniej pochodzącym z elektrolitycznej korozji stalowych śrub mocujących żyły kabli w tych łączówkach. Powyższy objaw występuje w większości złącz modułów po awariach, które objęto inspekcją.

W powyższym przypadku przyczyną zamakania może być nieszczelność połącznia gniazda z wtykiem kablowym lub samego wtyku, które są bezpośrednio wystawione są na opady atmosferyczne; deszcz, marznący deszcz, szadź i śnieg itp. .

C. Miejsca możliwego wnikania wody do złącz systemu Wieland. Podsumowanie.

Poniżej przedstawiono kompletny zestaw połączeniowy występujący w ponad 3400 przypadkach w instalacji oświetleniu elewacji PGE Narodowy. Każda para połączeń posiada pięć możliwych miejsc powstawania nieszczelności:

i. Płaszcz kabla nadmiernie poddający się naciskowi dławicy wtyku
ii. Oring wewnętrzny każdego wtyku kablowego

iii. Oring zewnętrzny nasadzony na wtyk typu męskiego

iv. Uszczelka pomiędzy obudową modułu i zamontowanym w niej gniazdem Może też w sporadycznych przypadkach dochodzić do zamakania modułów także z powodu:

v. Powstałe na trasie przesyłu uszkodzenia płaszcza kabla (jest to tylko pojedyncza warstwa miękkiej gumy) łączącego urządzenia

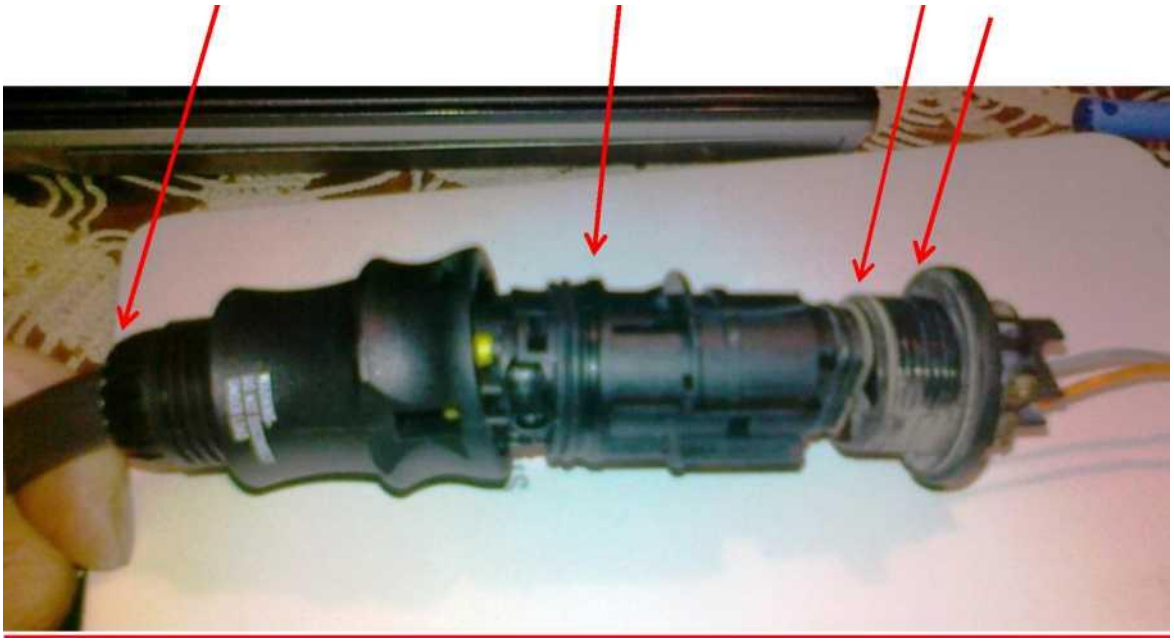
Foto.11

I. Dławica kablowa (tutaj bez nakrętki)

II. II. Oring wewnętrzny

III. III. Oring zewnętrzny

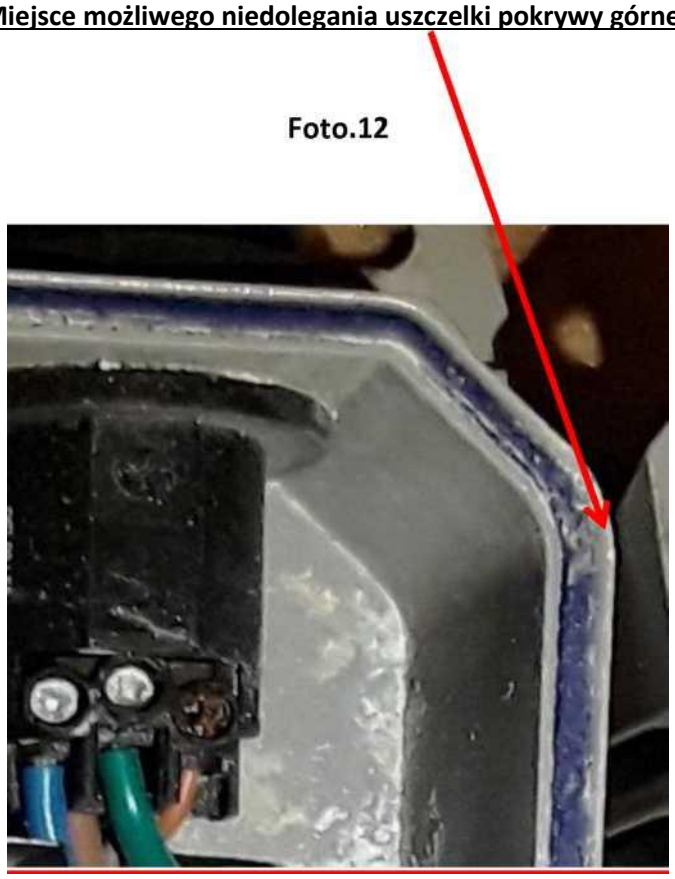
IV. IV. Wewnętrzna płaska uszczelka gniazda



D. Nieszczelności uszczelki pomiędzy podstawą obudowy modułu i jego pokrywa

Miejsce możliwego niedolegania uszczelki pokrywy górnej

Foto.12

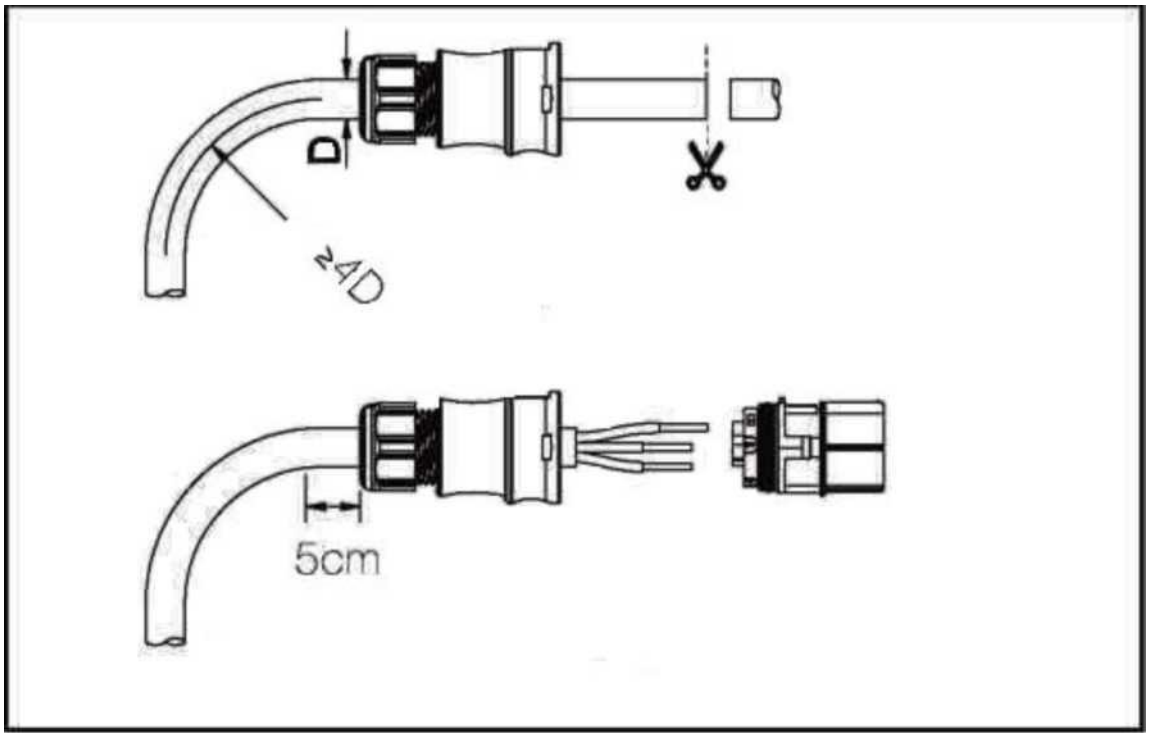


Stwierdzono dwa przypadki wyraźnych śladów nieszczelności styku górnej pokrywy z dolną częścią obudowy modułu. Nieszczelność ta najczęściej występuje w modułach ze znacznymi objawami zamakania. Przy obecnym zakresie badań i stanie wiedzy nie sposób rozstrzygnąć czy to jest przyczyna pierwotna czy wyłącznie skutek na wyraz intensywnego zamakania.

E. Niewłaściwe promienie gięcia kabli łączących moduły

Może występować szerzej skali brak zachowania zalecenia Traxon dotyczącego minimalnych promieni gięcia, odstępów zagięć do końca złącza i specjalny sposób zarabiania zagiętego kabla, prezentowane są na poniższym rysunku.

Rys.13

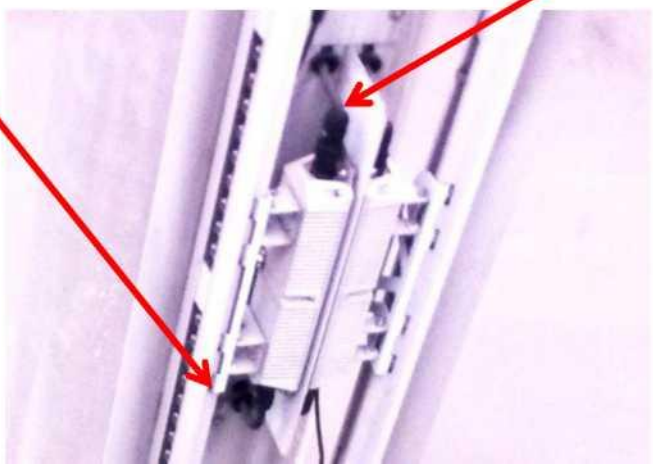


Dla średnicy kabli połączeniowym opraw zastosowanych na PGE Narodowy miń. odstęp zagięcia od złącza ma wynosić nie mniej niż 50 mm a sam promień gięcia kabla powinien wynosić co najmniej 48 mm. Warunki te nie zawsze są przestrzegane, co przedstawia poniższa fotografia fragmentu istniejącej instalacji ;

Właściwy promień gięcia kabla

Silnie zagięty kabel w pobliżu złącza wpływa na utratę szczelności dławicy wtyku

Foto. 14



3. Analiza przyczyn awarii modułów Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC

A. Najczęstsze przypadki i powody awarii

Z pośród wielu, mogących się multiplikować się przyczyn jak np. : - częste starty na zimno urządzeń systemu w rozległej instalacji, przepięcia w sieci zasilającej, pogorszające się parametry uziemienia, za mała obciążalność instalacji energetycznej, wyładowania atmosferyczne, ponad normatywnie złe warunki pogodowe, niewłaściwe materiały, błędy w montażu elektroniki modułów, wady projektowe, wady mechaniczne, wadliwie zamontowana instalacja, niewystarczające ekranowanie sygnałów sterujących, brak symetrii liniach transmisyjnych czy zbyt duże tłumienie sygnałów Należy przyjąć, że przyczyną powstawania awarii oświetlenia na elewacji PGE Narodowy ; - najprawdopodobniejszą, bezpośrednią przyczyną większości awarii omawianych modułów jest zamakanie i kondensacja pary wodnej wnętrz obudów urządzeń przez wtyki kablowe gniazda przyłączeniowe firmy Wieland, co w określonych przypadkach może być powodowane:

1. niewystarczająco szczelnymi gniazdami mocowanymi do obudów modułów,
2. nieszczelnym doleganiem kabla w dławicy wtyku,
3. nieszczelnością oringu wewnętrznego wtyku lub oringu na złączu zatrzaskowym, suwliwego połączenia wtyk - gniazdo.

B. Czynniki eksploatacyjne wpływające na nasilanie się awarii

Możliwym powodem utraty szczelności klasy IP66, szczególnie w długoletniej eksploatacji, może być:

i. Skłonność do samoczynnego rozluźniania się i rozszczelnienia połączenia gwintowanego mocowania gniazd do obudowy co stwierdzono w wielu badanych modułach. Może to być powodowane; dużymi zmianami temperatury aluminiowej obudowy, rozszerzającej i kurczącej się względem zamontowanego na niej poliamidowego złącza. Nakrętka gniazda ściskająca wewnętrzną uszczelkę z gumy może podlegać także innym nieprzewidzianym, dodatkowym, obciążeniom mechanicznym*, większym niż w szczególnym przypadku złącze jest w stanie przenieść, doprowadzając np. do

odkształceń wtyku czy uskoku nakrętki na gwincie gniazda, które tym samym utraci szczelność.

* Zastosowane złącza kablowe, jak wskazuje doświadczenie, posiadają małą odporność mechaniczną, a jednocześnie obsługują kable o znaczącej masie własnej, które nie są wystarczająco pomocowane do konstrukcji elewacji, wtedy postawać mogą dodatkowe, trudne do oszacowania obciążenia mechaniczne.

Z przyczyn jak wyżej wymienione może też dochodzić do przekoszenia wtyku względem gniazda obudowy modułu co może rozszczelniać oring zewnętrzny połączenia wtyku z gniazdem Wieland a następnie powodować utratę gwarantowanej fabrycznie klasy szczelności IP66

ii. W przypadku zbyt małego promienia zagięcia deformującego kabel w pobliżu złącza, woda może łatwo przenikać w przez dławicę a następnie do środka złącza i wnętrza modułu.

iii. Kabel połączeniowy jest stosunkowo podatny na siły ściskające, tzn. z upływem czasu „poddaje się" uszczelniającemu naciskowi dławicy. Mimo pokreślenia w specyfikacji ważności wymagań na trwałość uszczelek, wymaganie to nie zapewni szczelności przy łatwo podającym się, trwale odkształcającym się kablu. Niesprężyste odkształcenie kabla powoduje rozluźnienie zacisku kablowego, co też zmniejsza odporność na zamakanie złącza i następnie wnętrza modułu Liner Shield.

Foto.15

Powyżej przedstawiono przykład trwałego odkształcenia płaszcza kabla na dławicy, nawet w sytuacji gdy kabel był przechowywany bez dodatkowych naprężeń w komfortowych warunkach magazynowych.

C. Najistotniejsze przyczyny występowania awarii - podsumowanie.

Właściwości instalacji, które mogą powodować występowanie awarii :

- skłonności do poluzowywania się połączenia gwintowanego gniazda z obudową w górnej części modułu,
- przekoszenia w połączeniach wtyk-gniazdo,
- postępująca z upływem czasu nieszczelność dławicy wtyku
- utrata szczelności dławicy z powodu trwałej deformacji lub nadmiernego zagięcia kabla zbyt blisko dławicy
- niepożądane dodatkowe naprężenia powstające w okablowaniu na konstrukcji obiektu, które mogą powstawać:

iv. podczas nieumiejętnego poruszania się ekip interwencyjnych po konstrukcji elewacji np. przy przeglądach, czy usuwaniu awarii oświetlenia,

v. gdy niewystarczająco dbałe zamontowane okablowania do konstrukcji budowli, co może nasilić występowanie dodatkowych naprężeń kabli a następnie nieszczelności złącz w ciągu kolejnych lat eksploatacji instalacji oświetleniowej Traxon,

vi. w przypadku podwinięcia uszczelki oring podczas łączenia- nasuwania wtyku złącza na gniazdo obudowy

vii. w razie obecności obcego ciała lub zabrudzeniu gumki oringu zewnętrznego w złączu

viii. dodatkowe obciążenia kabli i złącz wynikających np. z oblodzenia czy opadów mokrego śniegu.

ix. Skłonność do kondensacji pary wodnej

Gdy moduł zamaka to nie posiadając konstrukcyjnych możliwości odprowadzania wody na zewnątrz, może następować stopniowe jej gromadzenie się. Należy też zauważyć, że przekazane do badań uszkodzone egzemplarze modułów Liner Shield już nie posiadały wewnątrz wody, która musiała jakąś drogą odparować w trakcie magazynowania.

W zamokniętym urządzeniu, po schłodzeniu go już o parę st. C, wewnątrz może następować kondensacja pary wodnej, co tworzy warunki dla niekontrolowanych przepływów prądów, początkowo prowadząc zanikających awarii, aż do całkowitego zniszczenia elektroniki i obwodów elektrycznych wewnątrz modułów.

Praktyka wynikającą z użytkowania instalacji oświetleniowej TRAXON na elewacji PGE Narodowy posuwa wniosek, że zastosowane rozwiązania projektowo wykonawcze mogły być odpowiednie dla instalacji, która miała działać albo w bardziej komfortowych warunkach klimatycznych albo w krótszym okresie eksploatacji niż o tym zapewniano użytkownika (50 000 godzin z określonym limitem awarii).

Przeprowadzone analizy założeń konstrukcyjnych wskazują, że wyizolowany moduł Liner Shield AC XB oprawy oświetleniowej wraz z podłączonymi kablami jest w założeniach spełnia wymagania szczelności klasy IP66. Jednak w skali ponad. 3400 szt. użytych złącz, w rzeczywistej eksploatacji występuje wysoka awaryjność oświetlenia elewacji, co twardo weryfikuje zastosowane rozwiązania techniczne.

Aplikacja założeń projektowych do warunków rzeczywistej eksploatacji wskazują jak się zdaje, że nie uwzględniono wszystkich istotnych okoliczności na etapie projektowania, montażu, ustalenia wymagań eksploatacyjnych systemu oświetlenia fasady.

Przy tak częstej konieczności serwisowania instalacji brak jest infrastruktury ułatwiającej dostęp do modułów, co stanowi znaczące utrudnienie, dalsze podnoszenie ryzyka awarii i kosztów napraw. Decydującym też utrudnieniem w bieżącej eksploatacji jest rozległość przestrzenna instalacji i wielka liczba elementów, które wymagają stałej konserwacji, bądź alternatywnie ciągłych napraw interwencyjnych co jest utrudnione z powodu;

- brak dróg dostępu do zewnętrznego oświetlenia nie grożących uszkodzeniem powierzchni dachu,
- kłopotliwość wykonywania niestandardowych, wysokospecjalistycznych prac konserwacyjnych na wysokości przez odpowiednio wyszkolony zespół,
- brak konstrukcyjnych ułatwień dostępu i montażu zabezpieczeń przed upadkiem z wysokości , które jednocześnie zapewniły by ochronę instalacji przed mechanicznymi naruszeniami przez osoby usuwające awarie.

Część III. Zalecenia dla zmniejszenia ryzyka występowania awarii

Ponieważ zastosowane złącza Wieland jak wykazano z czasem tracą pierwotną szczelność, awaryjność instalacji oświetleniowej Traxon zainstalowanej na fasadzie stadionu stała się dla użytkownika rzeczywistym problem eksploatacyjnym, co nie zostało zasygnalizowane w udostępnionych założeniach projektowych.

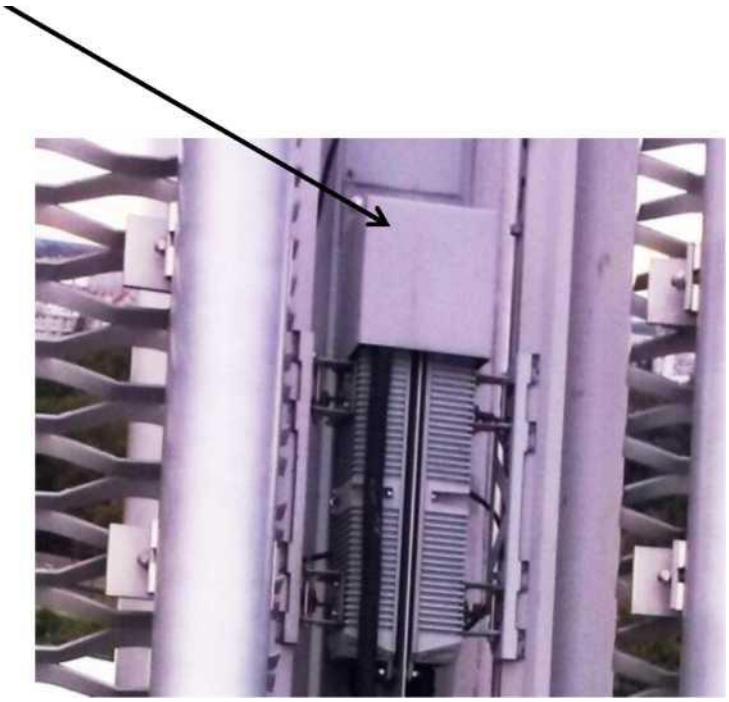
W instalacji oświetlenia elewacji na Stadionie PGE Narodowy nie zastosowano gdzie indziej typowych, dodatkowych uszczelnień czy innych rozwiązań ułatwiających eksploatację i konserwację systemu. Praktyczne wnioski, zalecenia zmniejszające ilość awarii łatwo wywieść z porównania badanej instalacji z instalacjami innych branż, także przeznaczonych do wieloletniej pracy na zewnątrz jak np. w profesjonalnych realizacjach zewnętrznych instalacji telekomunikacyjnych, gdzie :

1. Bazuje się na złączach o wyższej wytrzymałości mechanicznej, mniej podatnych na odkształcenia, skuteczniej doszczelnianych przez skręcanie a nie doszczelnianych z pomocą nasuwanych - zatrzaskowych połączeń jakie zastosowano na „IN" i „OUT" w modułach Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC.
2. Mimo stosowania bardziej szczelnych złącz skręcanych, po zmontowaniu urządzeń na konstrukcji nośnej, złącza zawsze zostają one skrupulatnie uszczelniane za pomocą mas lub taśm samo wulkanizacyjnych.
3. Podobnie bardziej skrupulatnie, niż w instalacji Traxon na PGE Narodowy traktowane jest prowadzenie kabli poprzez rozmieszczenie na konstrukcji budowli nośnej odpowiednich do potrzeb uchwytów kablowych, chroniące kable przed zaginaniem i złącza przed przenoszeniem obciążeń wynikających z siły ciążenia kabla.

1. Dla zmniejszenia częstości zamakania modułów Liner Shield AC XB oraz XB SHIELD-XB AC zaleca się :

1.1 Kontynuację wieszania daszków ochronnych domontowywanych nad parami modułów

Daszek osłaniający górna część pary modułów
Foto.16



Przykład zastosowanego rozwiązania

1.2 Podczas dotychczasowych działań interwencyjnych, ponad dotychczasowe czynności można także oceniać wizualnie stan mechaniczny kabli, gniazd i złącz w modułach nadal pracujących prawidłowo a w tym:

1.2.1 dokręcać gniazda złącz na obudowach wg. zaleceń ich producenta Wieland z siłą 2,5 ... 3,0 [Nm], według zaleceń producenta,

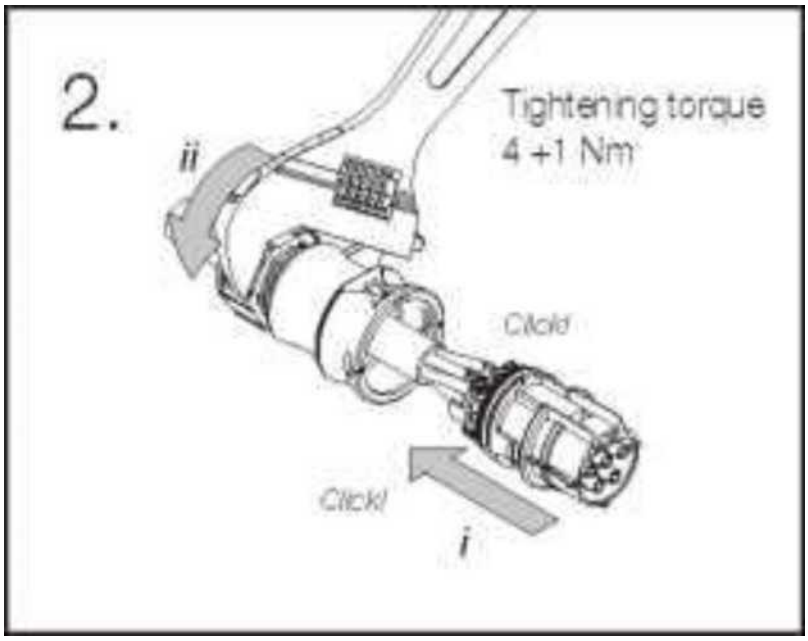
1.2.2 kontrolować czy gniazdo, wtyk na kablu nie było lub nie jest zawilgocone,

1.2.3 po rozmontowaniu złącza poddać ocenie jego szczelność,

1.2.4 ocenić stan miejsca połączenia dławicy z kablem, czy nadal ma szansę spełniać warunki szczelności klasy IP66, w tym sprawdzać czy nie ma trwałych odkształceń, uszkodzeń w miejscach uszczelnienia

1.2.5 sukcesywnie dokręcać dławice na kablach połączeniowych z zalecanym przez Traxon momentem obrotowym 4 +1 [Nm] (Rys. poniżej)

Rys. 17



1.2.6 Należy oczyścić wnętrze gniazda/ wtyku typu żeńskiego i ocenić stan oringu zewnętrznego wtyków / gniazd typu męskiego.

1.2.7 Podczas przebywania na wysokości, zachować ostrożność tj. zwracać baczną uwagę na zamontowane kable i złącza tak aby nie były poddawane dodatkowym obciążeniom przy przemieszczaniu się na wysokości po konstrukcji elewacji.

1.3 Wykonać dodatkowe uszczelnienia wtyków od strony kabla zaczynając z pomocą masy samowulkanizującej lub/i taśmy na bazie kauczuku poliizobutylowego PIB, przeznaczonych do wodo uszczelniania nadziemnych, podziemnych przewodów;

zabezpieczenia połączeń kabli w instalacjach zewnętrznych itp. - co pozwoli później pomijać część czynności konserwacyjnych.

1.4 Dla celów skutecznego diagnozowania przyczyn awarii notować nr. seryjny czas pracy i miejsce zamieszczenia modułu na elewacji w tym usytuowanie modułu „góra / dół" np. gniazda „IN" .

Przykładowa oferta materiałów uszczelniających

Praktyczny przykład dodatkowego izolowania złącz Wieland materiałami samowulkanizacyjnymi Foto 18.

UWAGA; Konstrukcja złącz Wieland niestety nie pozwala na całkowite i skuteczne zaizolowanie tą metodą nasuwanego połączenia wtyk / gniazdo w urządzeniu, które zastosowano w instalacji TRAXON, tak więc jedynie możliwą jest dodatkowa izolacja wtyku oraz jego połączenia z kablem na dławicy (podobnie jak na Foto. 18)

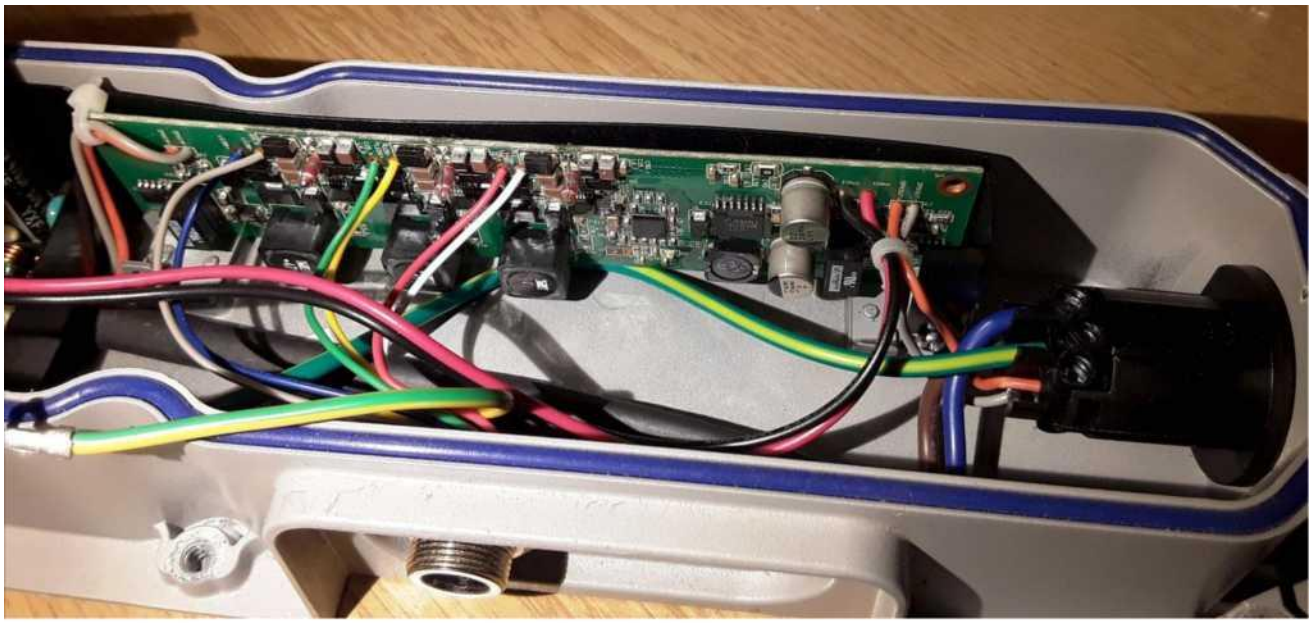
2. Inne wnioski końcowe;

Każda ocena ogólnej kondycji całości 1656 urządzeń oświetlenia fasady, jest trudna do powiązana z wynikami poszukiwań przyczyn awarii wśród 8 uszkodzonych egzemplarzy lamp. Już porównanie

dwóch przypadków przyczyn awarii:

Pojedynczy przypadek – awaria z powodu niedbałego montażu elektroniki; II. Pozostałe przypadki awarii - zamakanie złącz i obecność wody wewnątrz modułów, uwidaczniają jak jest trudno prognozować stan pozostałych, jeszcze działających lamp oświetlenia fasady.

I.



II.

Koniec opracowania

Sporządzono 16 listopada 2017 r.