

# Ochrona ESD: Podstawy

Ryzyko związane z nagłymi wyładowaniami elektrostatycznymi w środowisku przemysłowym



# Treść

1. Do czego służy niniejszy przewodnik?	2	5. Strefa „Electrostatic Protected Area” (EPA)	6
2. Czym jest ESD?	3	Prace wykonywane w obrębie strefy EPA	5
Powstawanie	3	Odpowiednie podłogi ESD	9
Szereg tryboelektryczny	4	Czynnik ryzyka: obuwie	9
3. Możliwe szkody i skutki	5	6. Stanowiska pracy spełniające wymagania ochrony ESD	8
Wstępne uszkodzenie podzespołów	5	Krzesła robocze spełniające wymagania ochrony ESD	9
Bezpośrednie koszty	6	Czynnik ryzyka: oświetlenie	9
Długotrwałe koszty	6	Wózki transportowe i materiałowe	9
4. Jak można chronić się przed wyładowaniami elektrostatycznymi?	7	5. Podsumowanie	10
Podstawowe zasady ochrony ESD	7		
Wilgotność powietrza oraz jonizacja	8		
Szkolenie pracowników	9		

## 1. Do czego służy niniejszy przewodnik?

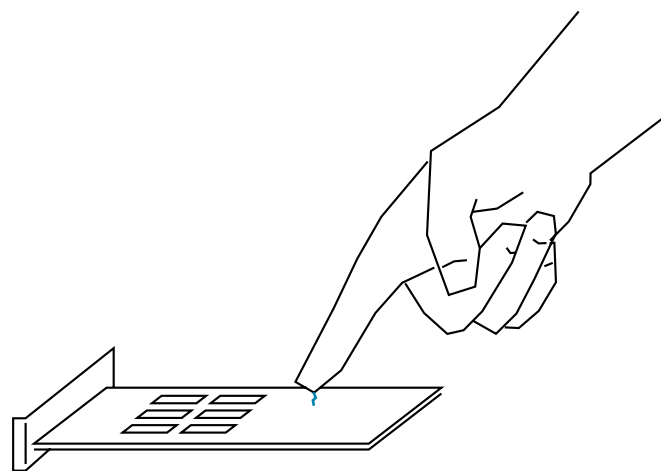
Wyładowanie elektrostatyczne (ESD) to często bagatelizowany problem, który pojawia się w zakładach prawie każdej branży przemysłowej zajmującej się produkcją bądź obróbką podzespołów elektronicznych. Wiedza na temat tego zagadnienia oraz znaczne zagrożenia związane z wyładowaniami elektrostatycznymi w wielu przedsiębiorstwach nie stanowią równoważnych sił. Jednak ochrona ESD wymaga osiągnięcia pewnego konsensusu. O ochronę ESD powinni dbać wszyscy operatorzy, osoby sprzątające oraz wszyscy pozostali pracownicy, aby móc skutecznie realizować koncepcję ochrony przed wyładowaniami elektrostatycznymi. Niniejszy przewodnik przeznaczony jest

dla wszystkich pracowników przedsiębiorstwa i stanowi łatwo zrozumiałe i zwięzłe kompendium na temat ESD. Przewodnik zawiera również rozwiązania pozwalające zapobiec szkodom powstałym z powodu wyładowań elektrostatycznych i wyjaśnienia, dlaczego konsekwentna realizacja koncepcji ochrony ESD zyskuje w obliczu długotrwałego sukcesu przedsiębiorstwa na coraz większym znaczeniu. Dla pracowników przewodnik stanowi zbiór podstawowych informacji o wyposażeniu spełniającym wymagania ochrony ESD oraz o sposobach postępowania w obszarach zabezpieczonych przed wyładowaniami elektrostatycznymi.



## 2. Czym jest ESD?

Angielski skrót ESD oznacza „electrostatic discharge”, czyli wyładowania elektrostatyczne. W przypadku braku zabezpieczeń tego rodzaju wyładowania mogą powstawać w całym łańcuchu produkcyjnym, poczynając od przyjęcia podzespołów wrażliwych na ESD, a skończywszy na realizacji dostaw do klienta. Zdarzenie związane z wyładowaniami elektrostatycznymi pracownicy zauważają tylko w bardzo nielicznych przypadkach. Człowiek odczuwa wyładowania elektrostatyczne dopiero powyżej 3500 V – np. przy dotknięciu drzwi samochodu, natomiast aby doszło do wstępnego uszkodzenia elementów wrażliwych na ESD, wystarczy wyładowanie wynoszące 100 V.



### Powstawanie

Istnieje wiele różnych czynników, które w połączeniu, mają wpływ na duże ryzyko związane z wyładowaniami elektrostatycznymi. Istotnym czynnikiem jest ich powszechne występowanie. Wyładowania elektrostatyczne powstają poprzez tarcie, rozdzielanie lub zwykły kontakt dwóch dowolnych materiałów o różnym potencjale elektrostatycznym (efekt tryboelektryczny). W przypadku dwóch takich samych materiałów przyczyną różnic w potencjale mogą być zanieczyszczenia lub wilgotność. W wyniku kontaktu dochodzi do wyładowania elektrostatycznego elementów. Przenoszenie ładunków elektrostatycznych na ele-

ment elektryczny może nastąpić również za pośrednictwem naładowanego materiału znajdującego się w bezpośrednim sąsiedztwie. W przypadku tego rodzaju indukcji elektrostatycznej (influcja) bezpośredni kontakt między materiałami nie jest konieczny. U człowieka zwykle wystarczy już przejście się po podłodze, aby doszło do wyładowania elektrostatycznego. W przypadku późniejszego kontaktu między dwoma materiałami o różnym potencjale dochodzi do niekontrolowanego (twardego) wyrównania ładunków w postaci wyładowań elektrostatycznych.

# Szereg tryboelektryczny

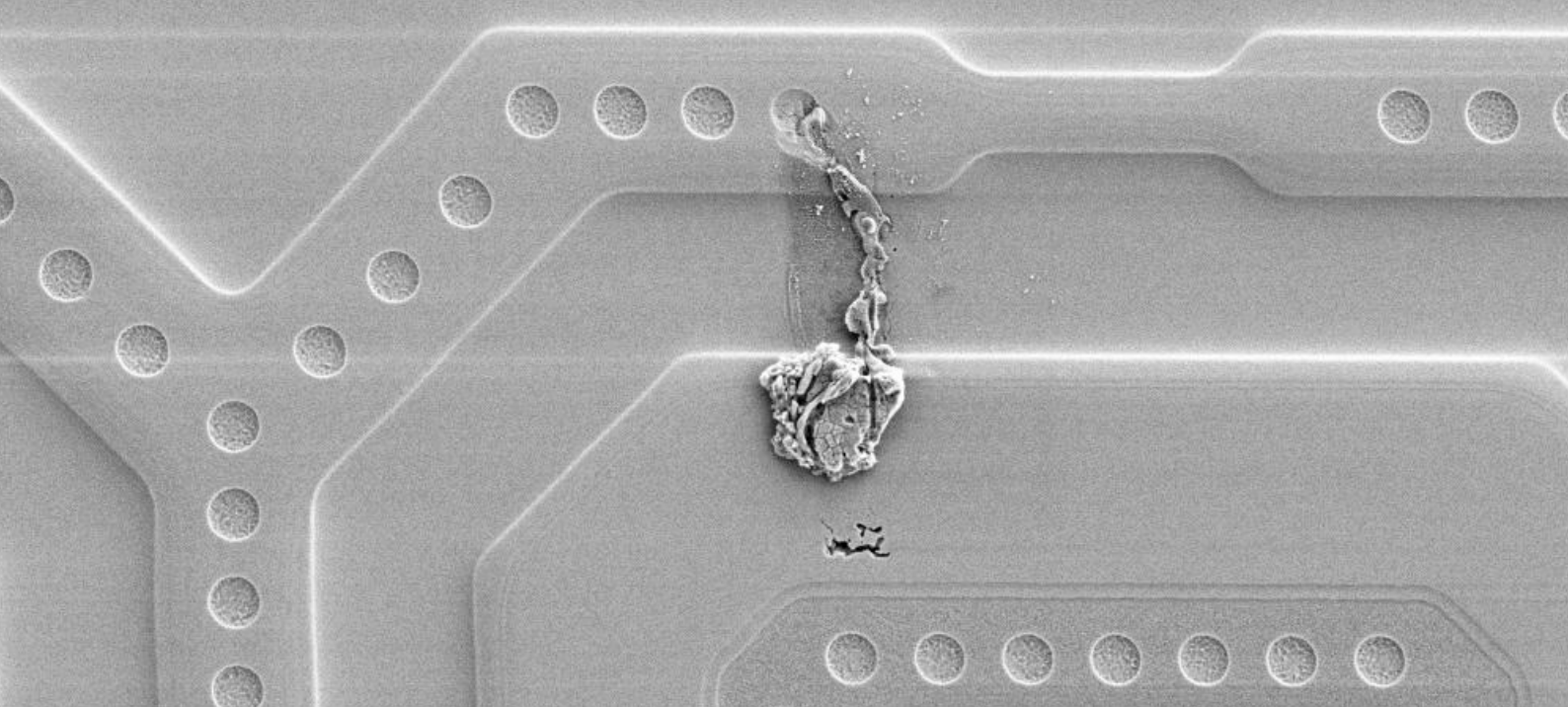
O sile i biegunowości wyładowania materiału decyduje tzw. szereg tryboelektryczny. Szereg określa, jakie materiały w razie kontaktu przenoszą elektrony i dodatnio się naładowują. W przeciwieństwie do nich istnieją również materiały, które przyjmują elektrony, czyli naładowują się ujemnie. Materiały znajdujące się w zakresie dodatnim szeregu tryboelektrycznego podczas wyładowania elektrostatycznego przenoszą elektrony na materiały znajdujące się w obszarze ujemnym. Ponieważ w środowisku przemysłowym stosuje się wiele tego rodzaju materiałów, konsekwentne wdrożenie koncepcji ochrony ESD jest bezwarunkowo konieczne w przypadku produkcji i używania elementów wrażliwych na wyładowania elektrostatyczne na stanowiskach ręcznego montażu.



- Azbest
- Szkło
- Ludzkie włosy
- Wełna
- Aluminium
- Papier
- Poliuretan
- Stal
- Guma twarda
- Poliester
- PCW
- Polistyren
- Teflon
- Silikon







### 3. Możliwe szkody i skutki

W skali mikro skutki wyładowań elektrostatycznych na podzespoły elektroniczne są porównywalne z uderzeniem pioruna podczas burzy. Późniejsze badania za pomocą mikroskopu elektronowego wykazały widoczne stopienia i kraterki na powierzchni krzemowej wzdłuż tzw. śladu przebicia. W wyniku technicznego rozwoju produkcji struktur półprzewodnikowych

w ostatnich latach odstęp między poszczególnymi elementami wynosi mniej niż 14 nanometrów. Im delikatniejsze są struktury, tym bardziej wrażliwe są na wyładowania elektrostatyczne, ponieważ ESD działają również na dodatkowe elementy znajdujące się na powierzchni.

#### Wstępne uszkodzenie podzespołów

Szczególną właściwością wyładowań elektrostatycznych jest fakt, że dany element nie od razu staje się bezużyteczny. Wada takiego elementu zostałaby zauważona na etapie kontroli jakości, co byłoby możliwe do zaakceptowania, abstrahując od tego, że tego rodzaju część stanowiłaby towar wybrakowany. Jednak

elementy poddane wyładowaniom elektrostatycznym nie wykazują podczas kontroli nieprawidłowych funkcji, dlatego używane są w dalszym łańcuchu tworzenia wartości bądź bezpośrednio wysyłane do klienta z już uszkodzonymi tranzystorami i ścieżkami przewodzącymi.

#### Bezpośrednie koszty

Na pierwszy rzut oka najbardziej oczywistymi skutkami szkód spowodowanych wyładowaniami elektrostatycznymi są koszty związane z wybrakowanymi towarami oraz naprawami, a także reklamacje i świadczenia gwarancyjne. Istotnym aspektem całościowego spojrzenia na zagadnienie są kolejne zjawiska, których skutki dla przedsiębiorstwa nie są od razu widoczne.

Może się zdarzyć, że klienci wstrzymają płatności do momentu, w którym przedstawione zostanie prawidłowe działanie dostarczonych elementów. Często w przypadku szkód spowodowanych wyładowaniami elektrostatycznymi konieczna weryfikacja zmian oraz następująca po niej diagnostyka błędów są związane z wyższymi nakładami niż wdrożenie ochrony ESD.

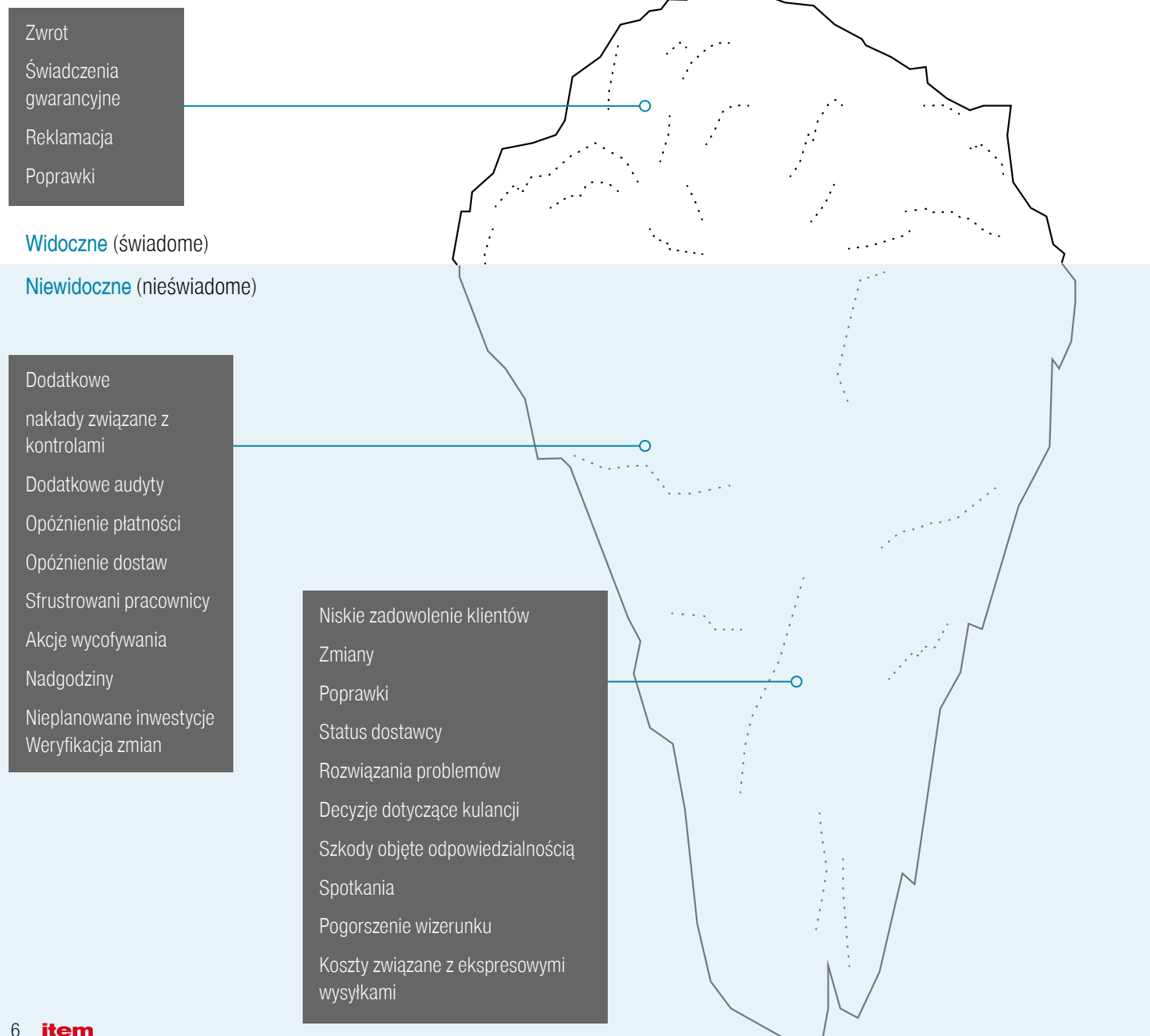
# Długotrwałe koszty

Uszkodzone podzespoły elektroniczne własnej produkcji w dłuższej perspektywie osłabiają zaufanie klientów do przedsiębiorstwa. W najgorszym wypadku awarie w obszarach krytycznych skutkują szkodami, za które producent ponosi odpowiedzialność, a nawet utratą statusu dostawcy. W branży motoryzacyjnej krytycznymi podzespołami są np. złożone urządzenia sterujące montowane w poduszkach powietrznych oraz systemie ABS.

W najgorszym wypadku pojazd po dostawie będzie przez kilka tygodni unieruchomiony, a to bardzo nieprzyjemne dla klienta doświadczenie doprowadzi w oparciu o komunikat o błędzie do konkretnego dostawcy. Taka sytuacja jest dla pracowników produkcyjnych bardzo frustrująca, ponieważ ze względu na brak widocznej szkody oraz wiedzy na temat wyładowań elektrostatycznych nie są w stanie zidentyfikować błędu.

## „Model góry lodowej”

90% problemów znajduje się „pod wodą”!





## 4. Jak można chronić się przed wyładowaniami elektrostatycznymi?

Skóra, włosy i odzież mogą przyjmować i zachowywać silne ładunki elektrostatyczne. Wyładowania elektrostatyczne są zwykle wynikiem kombinacji różnych przyczyn: Ich wystąpieniu sprzyja syntetyczna odzież oraz izolujące buty, nieodpowiednie narzędzia i środki produkcji, wykładziny i zwykłe krzesła biu-

rowe. Ta mnogość różnych czynników ryzyka określa wymagania stawiane ochronie ESD, które w ramach koncepcji bezpieczeństwa należy w 100% spełnić, ponieważ nawet drobne odstępstwa mogą stwarzać warunki sprzyjające wystąpieniu wyładowań elektrostatycznych.

### Podstawowe zasady ochrony ESD

Ze względu na liczne czynniki występujące w środowisku produkcyjnym, które mogą skutkować ESD, należy wdrożyć w przedsiębiorstwie skuteczne działania służące ochronie ESD i przeprowadzać regularne kontrole. Norma DIN EN 61340-5-1 określa program kontrolny ESD, w którym w wiążący sposób opisane są dla wszystkich pracowników najważniejsze elementy ochrony ESD.

Ten program obejmuje następujące obszary i wytyczne:

- Przestrzeganie właściwych norm
- Udokumentowane procedury ochronne dla całego łańcucha procesu (łącznie z dostawcami i klientem)
- Dobrze wykwalifikowani koordynatorzy ds. wyładowań elektrostatycznych oraz pracownicy i odzież ochronna spełniająca wymogi norm
- Strefy ochronne ESD spełniające wymogi norm
- Codzienne kontrole istotnych punktów
- Przestrzeganie ochrony osób
- Regularne wewnętrzne audyty



# Wilgotność powietrza oraz jonizacja

Oprócz już wymienionych czynników ryzyka wystąpienia ESD istotną rolę odgrywa również wilgotność powietrza. Niska wilgotność powietrza wzmacnia powstawanie wyładowań elektrostatycznych. Bardzo suche powietrze prowadzi do bardzo silnych wyładowań elektrostatycznych, a tym samym również do wysokiego ryzyka ESD. Jeśli jest to możliwe pod względem konstrukcyjnym, względna wilgotność powietrza w obszarach

chronionych powinna wynosić co najmniej 30%. Kolejnym ryzykiem wystąpienia ESD, któremu można przeciwdziałać, są różne potencjały elektrostatyczne materiałów, które powstały już podczas transportu od dostawcy do własnego zakładu. Tego rodzaju różnice można wyrównać podczas przyjmowania towarów za pomocą jonizatorów, jeszcze zanim zostaną rozdysponowane w zakładzie.

## Szkolenie pracowników

Stałym elementem dobrze działającej ochrony ESD jest odpowiednio wyposażony personel. Tak samo ważne jak wyposażenie zakładu i środki ochrony indywidualnej jest również ich prawidłowe użycie oraz akceptacja dla ich koniecznego stosowania u pracowników. Ten wymóg można spełnić najlepiej w oparciu o zrozumienie zagadnienia ESD. item Academy opracowała w tym celu bezpłatny kurs e-learningowy. W czterech lekcjach, które w każdej chwili można zatrzymać i w wolnej chwili kontynuować, pracownicy otrzymują w zwięzły, rzeczowy i zrozumiały sposób informacje na ten temat. Wychodząc od wyładowań elektrostatycznych związane z tym tematem zagadnienia omawiane są w czterech kolejnych lekcjach w sposób interaktywny i przy użyciu multimedialnych. Tutaj widać też wyraźnie, jaki wkład ma każdy pracownik w skuteczną realizację koncepcji dotyczącej ochrony ESD.

**item** Academy

## Prawidłowa ochrona produktów i pracowników

Bezpłatne warsztaty online item Academy wyjaśniają za pomocą multimedialnych przyczynę wyładowań elektrostatycznych i przedstawiają podstawowe zagadnienia odnoszące się do sposobu obchodzenia się z elementami wrażliwymi na ESD. Dostępny jest kurs podstawowy w wersji modułowej podzielony na cztery lekcje, zawierający wiele praktycznych porad zapobiegających szkodom powstałym w wyniku wyładowań elektrostatycznych oraz dotyczących prawidłowego postępowania pracowników pracujących w strefach EPA.







## 5. Strefa „Electrostatic Protected Area” (EPA)

W przypadku obszarów chronionych pod względem elektrostatycznym mowa o jednym z najważniejszych punktów skutecznej ochrony ESD. Podzespoły elektroniczne można montować i obchodzić się z nimi tylko w tych właśnie obszarach. Strefa EPA (Electrostatic Protected Area) opiera się prostym założeniu: W strefie EPA wszystkie stosowane materiały muszą odprowadzać

ładunki elektrostatyczne i być uziemione tym samym potencjałem. To jest sposób na bezpieczne zapobieganie wyładowaniom elektrostatycznym i różnicom w potencjale. Strefa EPA może stanowić pojedyncze stanowisko, określoną powierzchnię lub nawet cały budynek.

### Prace wykonywane w obrębie strefy EPA

W przeciwieństwie do obszarów niechronionych (UPA) wstęp do stref EPA ma wyłącznie przeszkolony personel oraz odpowiednio poinstruowani zwiedzający, stosujący odpowiednie środki ochronne. Tylko przeszkoleni pracownicy mogą obchodzić się z podzespołami wrażliwymi na wyładowania elektrostatyczne (ESDS). Ponadto należy również przestrzegać zasad dotyczących opakowań przeznaczonych dla podzespołów wrażliwych na wyładowania elektrostatyczne stosowanych w obrębie oraz poza strefą chronioną ESD. Jeśli ze względów technicznych związanych z procesem istnieje w strefie EPA konieczność stosowania materiałów powodujących wyładowania elektrostatyczne, generowane przez nie pole elektrostatyczne nie może przekraczać wartości 100 V/cm. W przeciwnym razie należy zmniejszyć natężenie pola poprzez stosowanie dodatkowych środków lub działań, np. jonizację lub zwiększenie wilgotności powietrza.

Wyraźnie należy oznakować granice między strefą chronioną ESD (EPA) a obszarami niechronionymi (UPA)!

## Odpowiednie podłogi ESD

Podłoga stanowi integralną część każdej strefy chronionej ESD. Podłogi ESD odprowadzają ładunki elektrostatyczne i są uziemione. W ten sposób wyładowania powstające w wyniku chodzenia osób po podłodze, są bezpiecznie niwelowane. Podłoga położona na stałe zgodnie z normą DIN EN 61340-5-1 składa się z kilku warstw. Uziemienie wykonane są jest przy użyciu kilku miedzianych pasów. Ponieważ podłoga ma bardzo istotne znaczenie dla ochrony ESD, musi być zawsze w optymalnym stanie. Tutaj pojawia się pytanie, jak często, kto i w jaki sposób powinien ją myć. Do podłóg ESD nie nadają się środki pielęgnacji i detergenty na bazie wosku, ponieważ zmniejszają zdolność do odprowadzania ładunków.



### Na stałe położona podłoga

- + długa żywotność przy stałych właściwościach
- + częściowo bardzo wytrzymała (ścieranie, ciężar)
- wysokie koszty w granicy od 65,- do 130,- €/m<sup>2</sup>

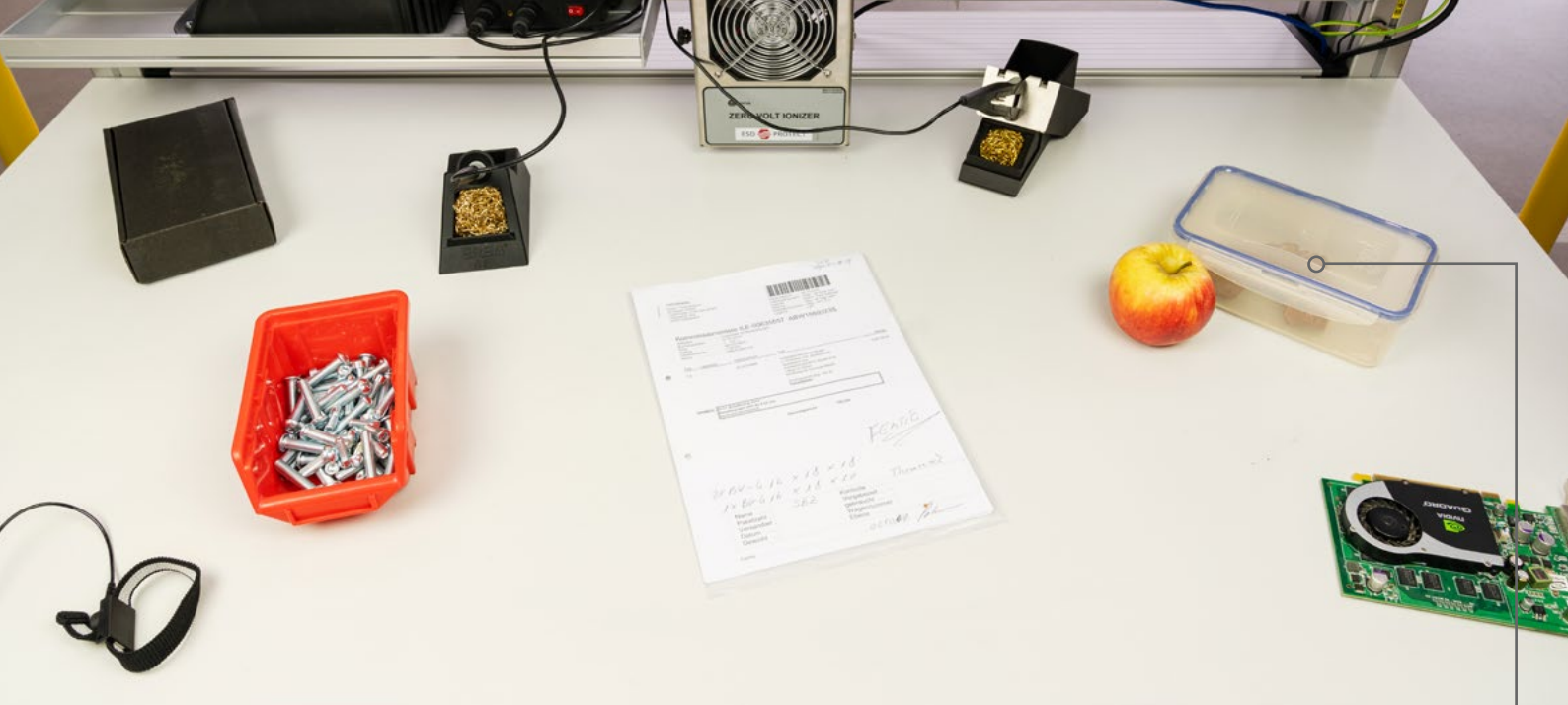
### Podłoga tymczasowa

- + łatwe położenie w nowo urządzonych obszarach
- + względnie korzystna cena w granicy od 30,- do 80,- €/m<sup>2</sup>
- ograniczona żywotność
- częściowo mało wytrzymała

## Czynnik ryzyka: obuwie

Podłogi ESD, które są uziemione i odprowadzają ładunki elektrostatyczne, nie są przydatne, jeśli osoby przebywające w tym obszarze są odizolowane od podłogi. Zwykle obuwie często działa jak izolatory. Obuwie odprowadzające ładunki elektrostatyczne lub opaski elektrostatyczne na obuwie łączą ciało z podłogą ESD, dzięki czemu przy chodzeniu po niej ładunki są bezpiecznie odprowadzane. Codziennie należy sprawdzać prawidłowe działanie połączenia ochronnego osób poprzez obuwie z posadzką. W tym celu używa się testerów uziemienia Personnel Grounding Tester (PGT).





## 6. Stanowiska pracy spełniające wymagania ochrony ESD

Wymogi określone dla strefy ochrony ESD obowiązują oczywiście odnośnie do wszystkich stanowisk pracy w strefie EPA. Jeśli jest to możliwe, w obszarze manualnym nie powinny znajdować się żadne materiały wytwarzające ładunki elektrostatyczne. Jeśli są one bezwarunkowo konieczne, np. w postaci terminalów IT lub aparatów telefonicznych, do obszaru manualnego należy

zachować bezpieczny odstęp. Cały obszar pracy powinien być uziemiony i odprowadzać ładunki elektrostatyczne. Dotyczy to przede wszystkim stołów roboczych, szafek dolnych, szuflad, regałów i wózków transportowych. Z materiału odprowadzającego ładunki elektrostatyczne muszą być również wykonane pojemniki, skrzynki magazynowe, osłony i narzędzia.

### Krzeseła robocze spełniające wymagania ochrony ESD

Z perspektywy ochrony ESD bardzo dużym czynnikiem ryzyka są krzesła biurowe. Ze względu na liczbę użytych materiałów krzesła biurowe często nie mają zdolności do odprowadzania ładunków elektrycznych. Dlatego do pracy wykonywanej w strefach ochrony ESD konieczne są krzesła i siedziska zapewniające ochronę przed wyładowaniami elektrostatycznymi zgodnie z normą DIN EN 61340-5-1:2009; Część 5-1 (Arkusz 1).



Osobiste przedmioty pracowników oraz jedzenie i napoje nie mogą znajdować się w strefie EPA!



Produkcja krzeseł spełniających wymagania ochrony ESD wiąże się z dużymi nakładami. W przypadku rzekomo korzystnych ofert należy koniecznie zwrócić uwagę na prawidłowe oznakowanie i deklarację zgodności.

### Czynnik ryzyka: oświetlenie

W strefie ochrony ESD oraz na stanowisku pracy zagrożone podzespoły nie mogą być narażone na działanie pola elektrostatycznego powyżej 100 V/cm. W tym przypadku chodzi przede wszystkim o możliwie całkowitą rezygnację z materiałów, które wytwarzają ładunki elektrostatyczne. Z dużym ryzykiem wiąże się stosowanie materiałów o wysokim potencjale naładowania

się, np. szkło lub tworzywo sztuczne. Niebezpieczne są przede wszystkim lampy teleskopowe oraz lampy przy szklach powiększających, ponieważ często znajdują się bardzo blisko wyrobu. Z tego względu należy używać oświetlenia bezpiecznego pod kątem wyładowań elektrostatycznych zgodnych z normą DIN EN 61340-5-1:2008; Część 5-1.



## Wózki transportowe i materiałowe

Zasadniczo należy wszystkie stosowane podzespoły rozumieć jako elementy wrażliwe na wyładowania elektrostatyczne, nawet wówczas, gdy rzeczywiste ryzyko jest różne i zależy od rodzaju materiału i konstrukcji. Na odpowiednią ochronę części elektronicznych należy zwrócić uwagę przede wszystkim przy każdym transporcie i przy magazynowaniu. Ochronę zapewniają specjalne ekranowane opakowania, odpowiednie pojemniki, a także głównie wózki transportowe i materiałowe odprowadzające ładunki elektrostatyczne. Technika profilowa i łączenia item zasadniczo dostępna jest w wersji odprowadzającej ładunki elektrostatyczne. Łańcuchy ESD oraz dodatkowe akcesoria, np. kółka antystatyczne, zapewniają dodatkową ochronę wózków. Dodatkowo wszystkie stanowiska pracy oraz środki produkcji wykonane przez item zgodnie z wytycznymi klienta są przed wysyłką poddawane pomiarom kontrolnym w celu sprawdzenia ich zdolności do odprowadzania ładunków elektrostatycznych.



**ESD PROTECTED AREA**

## 7. Podsumowanie

Przyczyna szkody spowodowanej wyładowaniami elektrostatycznymi może mieć swoje źródło praktycznie w każdym miejscu łańcucha procesu. Z powodu braku opakowań ochronnych elementy mogą ulec uszkodzeniu już przy dostawie bądź podczas przechowywania. Podczas procesu produkcyjnego i montażu ryzyko stanowią niewystarczająco zabezpieczone urządzenia, wyposażenie i pracownicy. Nawet w otoczeniu pola kontrolnego stosowanego właściwie do kontroli jakości, może dojść do szkód spowodowanych wyładowaniami elektrostatycznymi. Aby doszło do wstępnego uszkodzenia elementów, wystarczy wyładowanie wynoszące 100 V, człowiek natomiast odczuwa wyładowania

elektrostatyczne dopiero powyżej 3500 V. Z reguły pracownicy niczego nie widzą, nie słyszą ani niczego nie czują, a mimo to przy braku ochrony dochodzi do wstępnego uszkodzenia elementu. Aby wykluczyć tego rodzaju szkody o długotrwałych i poważnych skutkach dla powodzenia przedsiębiorstwa, konieczna jest obszerna i konsekwentnie wdrażana koncepcja ochrony ESD. Na poziomie przedsiębiorstwa należy zwrócić uwagę, aby również partnerzy i wykonawcy aktywnie zajęli się zagadnieniem ochrony ESD i skutecznie przestrzegali wymogów własnej koncepcji ochrony ESD.





item Polska Sp. z o.o.

ul. Piółunowa 20

54-530 Wrocław

tel.: +48 71 788 57 00

faks: +48 71 788 57 20

info@item24.pl

item24.pl

## O firmie item

item Industrietechnik GmbH to grupa średnich przedsiębiorstw, która zajmuje się rozwojem i światową sprzedażą wysokiej jakości komponentów do konstrukcji infrastruktury zakładowej, maszyn i urządzeń oraz systemowych rozwiązań dla obszarów, gdzie realizowane są koncepcje „Lean Production” i kształtowanie stanowiska pracy. Podstawą modułów systemowych item są profile konstrukcyjne z aluminium oraz technika łączeniowa dostosowana funkcjonalnie i wykonawczo do różnych przypadków użycia. Szeroka paleta akcesoriów umożliwia prawie nieograniczoną różnorodność zastosowań – od prostych stelaży podstawowych i osłon maszynowych aż po kompleksowe systemy przeładunkowe i maszyny specjalne.

item. Państwa pomysły są tego warte.®