



# Dobre chłodzenie — świeżość na dłużej

Gorący temat: Stres cieplny w kombinezonach ochronnych

---

W normalnych warunkach organizm ludzki dysponuje idealnie dostrojonym systemem kontroli temperatury. W kombinezonie ochrony przeciwchemicznej system ten zostaje przeciążony — a w najgorszym wypadku powłoka ochronna sama staje się zagrożeniem. Co możemy zrobić, aby zmniejszyć stres cieplny użytkownika?

## Gorzej niż w tropikalnym lesie

Temperatura znacznie powyżej 30 stopni i wilgoć, która nie daje ochłody, ale przylega do skóry jak gorąca powłoka. Pewien pracownik przemysłowy tak właśnie opisał na internetowym forum wrażenia z pracy, nawet bardzo krótkiej, w kombinezonie ochronnym bez systemu chłodzenia. W Niemczech dyrektywa DGUV-BGR 189 dotycząca stosowania odzieży ochronnej mówi, że izolującego kombinezonu ochrony przeciwochemicznej nie należy nosić dłużej niż 30 minut. Następnie należy zdjąć kombinezon i zrobić przerwę od pracy fizycznej wynoszącą do 90 minut. Nawet w przypadku lekkiej pracy nie należy nosić kombinezonu częściej niż dwa razy podczas zmiany. Amerykańska Agencja ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (OSHA) zaleca nawet ograniczenie pracy w kombinezonie ochronnym do 20 minut, po których powinna nastąpić 40-minutowa przerwa (dotyczy to umiarkowanej i ciężkiej pracy fizycznej w temperaturze 26°C lub wyższej)<sup>1</sup>. Podobnie surowe zasady obowiązują na całym świecie<sup>2</sup> — główną przyczyną jest stres powodowany przez atmosferę otoczenia. Wiele wytycznych określa

też górną granicę temperatury ciała pracujących osób. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) temperatura mierzona w odbycie nie powinna przekraczać 39°C. Z kolei Amerykańska Konferencja Rządowych Higienistów Przemysłowych ustala tę górną granicę na poziomie ok. 38°C.<sup>3</sup> Dwadzieścia minut ciężkiej pracy, jak np. czyszczenie zbiorników, w odzieży ochronnej ważącej nawet 30 kg to naprawdę długi czas. Ale to samo dwadzieścia minut to zaledwie ułamek czasu potrzebnego na przeprowadzenie skomplikowanych prac konserwacyjnych lub oczyszczających. W praktyce krótki czas użytkowania kombinezonów stanowi olbrzymie wyzwanie dla osób planujących pracę i kierowników ds. bezpieczeństwa, którzy muszą przygotowywać szczegółowy grafik spełniający wymogi dotyczące długości czasu odpoczynku. Z perspektywy organizacyjnej i ekonomicznej bardzo ważne jest więc zmniejszenie stresu powodowanego przez noszenie kombinezonów ochronnych przy jednoczesnym wydłużeniu jednorazowego czasu ich użytkowania.

## Naturalna elektrownia ciepła

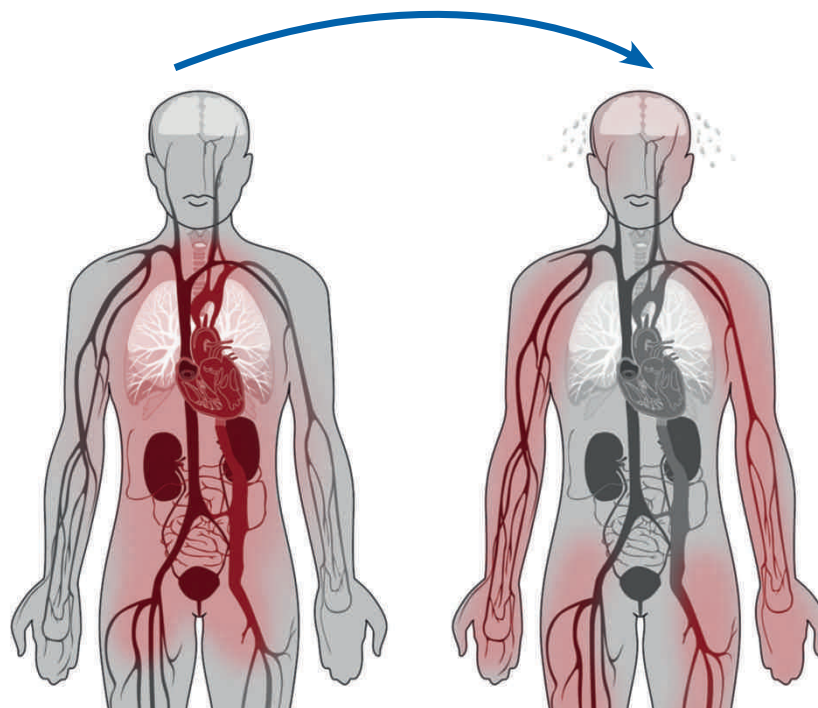
Temperatura ludzkiego ciała to 37°C, a za utrzymywanie stabilności wnętrza organizmu odpowiada skomplikowany system regulacyjny. Przez wnętrze organizmu rozumiemy organy wewnętrzne znajdujące się w głowie i korpuse, jak serce, wątroba, nerki itd. Wpływ na temperaturę ciała mają zarówno czynniki zewnętrzne, np. temperatura otoczenia czy promieniowanie cieplne, jak i wewnętrzne. Do tych drugich należą gorączka, czyli reakcja organizmu na zapalenie oraz — przede wszystkim — ciepło wytwarzane wewnątrz. Ciepło to generowane jest przez ruch mięśni, np. podczas ćwiczeń lub trawienia pokarmu niezbędnego, by dostarczyć energię. Organizm zwykle wykorzystuje jednak tylko 20 procent tej energii, a reszta przekształca się w ciepło, które jest uwalniane do otoczenia.

Temperatura spoczynkowa głowy i korpuse jest znacznie wyższa od temperatury w kończynach, dlatego temperaturę wnętrza organizmu mierzy się właśnie w głowie i korpuse. Z tego samego powodu rozwiązania służące do ochładzania ciała są najskuteczniejsze, gdy kieruje się je właśnie na głowę i korpus.



## TERMOREGULACJA ORGANIZMU

1. Termoreceptory informują mózg o wzroście temperatury.
2. Podwzgórze otrzymuje informacje z wnętrza i skraju ciała.
3. Podwzgórze wysyła sygnały do układu sercowo-naczyniowego i gruczołów potowych.
4. Przepływ krwi w naczyniach włoskowatych pod skórą rośnie, aby przynosić ciepło z wnętrza ciała na powierzchnię. Powoduje to zaczerwienienie skóry.
5. Ponad 2 miliony gruczołów potowych transportuje wodę na powierzchnię skóry, aby ochłodzić organizm poprzez parowanie.



Normalna temperatura wnętrza ciała:  
4% krwi przy powierzchni ciała

Podwyższona temperatura wnętrza ciała:  
48% krwi przy powierzchni ciała

Źródło: Dräger

Podwzgórze jest częścią mózgu, która odpowiada za termoregulację. To tam trafiają i są przetwarzane informacje z całego organizmu, w tym sygnały każące generować ciepło (np. przez mimowolne ruchy mięśni, czyli dreszcze) lub się chłodzić (np. poprzez pocenie). Gdy temperatura wnętrza ciała rośnie, organizm transportuje ciepło z wnętrza na powierzchnię.

Za tę funkcję odpowiada krew. Drobne naczynka w skórze (naczynia włoskowate) otwierają się, a intensywność przepływu krwi rośnie od ośmiu do dwunastu razy w porównaniu ze stanem normalnym. Do objawów zewnętrznych takiego rozgrzania należą zaczerwienienie skóry oraz wzrost temperatury w rękach i nogach.



### Parowanie (pocenie się)

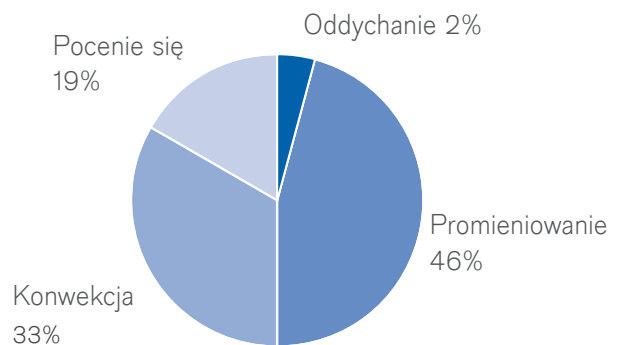
W ludzkim ciele znajdują się ponad dwa miliony gruczołów potowych. Większość z nich ulokowana jest na głowie i chroni mózg, który jest bardzo wrażliwy na działanie temperatury. Gdy się pocimy, ciepło jest transportowane do powierzchni ciała, gdzie przenika przez skórę. Następnie wyparowuje z powierzchni i zapewnia bardzo skuteczne chłodzenie — pocenie się w tempie jednego litra wody na godzinę odpowiada mocy chłodniczej 674 W. Im wyższa temperatura skóry i im niższa wilgotność w powietrzu otoczenia, tym silniejszy jest efekt chłodzący. Jeśli wilgotność otoczenia jest bardzo wysoka, co może się zdarzyć w niechłodzonym kombinezonie ochrony przeciwchemicznej, ta zasada nie będzie działać.

### Oddychanie

Suche i chłodne powietrze, które trafia do płuc, jest tam nawilżane i ogrzewane, więc przy wydechu emitujemy ciepło. Efekt chłodzący tego procesu jest jednak niewielki.

### Niemal połowa ciepła jest odprowadzana przez promieniowanie.

Odprowadzanie ciepła z organizmu w temperaturze otoczenia 20°C w spoczynku



Źródło: Dräger

Gdy temperatura otoczenia przekracza 37°C, ciepła nie można już uwolnić przez promieniowanie i konwekcję, a jedynie przez pocenie. Kiedy bardzo wieje, nasila się konwekcja, a podczas aktywności fizycznej bardziej się pocimy.

### Mniej potu — więcej ciepła

Ludzki organizm może przekazać ciepło do atmosfery na kilka sposobów:

#### Promieniowanie

Jeśli temperatura powierzchni ciała jest wyższa niż temperatura powietrza otoczenia, różnicę tę można zniwelować na przykład dzięki promieniowaniu. Organizm absorbuje natomiast promieniowanie ciepłe, jeśli temperatura ścian otoczenia jest wyższa od 37°C (np. w przemyśle metalurgicznym). Przy minimalnej temperaturze otoczenia wynoszącej 16°C osoba średniego wzrostu o powierzchni ciała wynoszącej dwa m<sup>2</sup> generuje podczas odpoczynku strumień ciepła o wielkości 120 W. W czasie wysiłku fizycznego ta wartość może osiągać 300 W lub więcej.

#### Konwekcja

Okolo jednej trzeciej ciepła generowanego przez organizm wydostaje się z niego dzięki naturalnej cyrkulacji powietrza (konwekcja). Ciepłe powietrze się wznosi, a zimne opada — ten mechanizm jest odpowiedzialny za naturalny obieg powietrza wokół ciała. Przepływ powietrza można zwiększyć za pomocą technologii, np. dzięki wentylacji. Konwekcja sprawia również, że jest nam chłodniej, kiedy wieje wiatr.

## KOMFORT CIEPLNY: KWESTIA INDYWIDUALNA

Nasze funkcjonowanie i samopoczucie są mocno związane z bilansem produkcji i odprowadzania ciepła, a bilans ten jest uzależniony od sytuacji i odczuwany w bardzo subiektywny sposób. Na przykład czyjś organizm może bardzo dobrze sobie radzić z obciążeniami termicznymi spowodowanymi ciężką pracą fizyczną. Na nasz bilans cieplny wpływa pięć czynników<sup>4</sup>:

1. Konwekcja, zależna od temperatury i ruchów powietrza (wentylacja)
2. Promieniowanie, zależne od temperatury skóry nieokrytej lub temperatury powierzchni ubrania okrywającego ciało
3. Parowanie, zależne od wilgotności najbliższego otoczenia
4. Ubrania (izolacja cieplna, odparowywanie)
5. Ciepło metaboliczne generowane przez aktywność fizyczną.

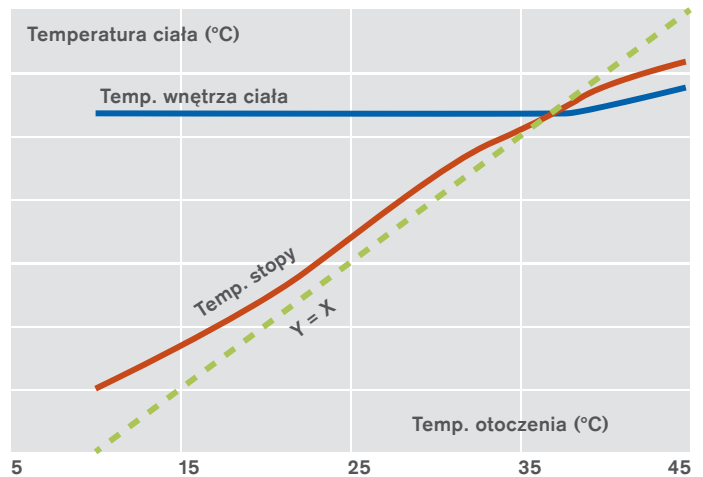
Amerykańska Agencja ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (OSHA) definiuje „stres cieplny” jako stres cieplny netto obejmujący wpływ ciepła metabolicznego, czynników środowiskowych oraz odzieży noszonej przez pracownika.<sup>5</sup>

Jeśli produkcja i odprowadzanie ciepła nie są zrównoważone przez dłuższy czas, organizm nie może pozbyć się nadmiaru ciepła, a temperatura wnętrza ciała rośnie — ten proces nazywa się hipertermią. W branżach i zawodach, gdzie duży stres cieplny jest częścią codziennej pracy, hipertermia jest poważnym problemem. Niemal połowa śmiertelnych wypadków podczas akcji pożarniczych jest spowodowana niewydolnością serca wywołaną stresem fizjologicznym i wyczerpaniem<sup>6</sup>.

Wiele badań dotyczących górnictwa, przemysłu ciężkiego i wojska również koncentruje się na skutkach stresu cieplnego. Dowiedziono istnienia ujemnej korelacji między wysokością temperatury otoczenia, a sprawnością psychiczną. Już temperatura 22°C zaczyna mieć mierzalny negatywny wpływ na wydajność pracy. W temperaturze powyżej 34°C zdolności umysłowe pogarszają się o 25%.

## Stać temperatury we wnętrzu ciała

Gdy rośnie temperatura otoczenia, najpierw podnosi się temperatura na obrzeżach ciała. Po osiągnięciu mniej więcej 37°C — w tym przypadku w pomiarze na stopie — zaczęła się podnosić również temperatura wnętrza ciała.



Źródło: Dräger

## Kiedy jest to naprawdę niebezpieczne?

Gdy rośnie temperatura wnętrza ciała, osłabia się działanie mięśni. Dotyczy to również zdolności pompowania krwi przez serce. Organizm stara się to zrekompensować, przyspieszając tętno. Dodatkowo zwiększa się też produkcja potu.

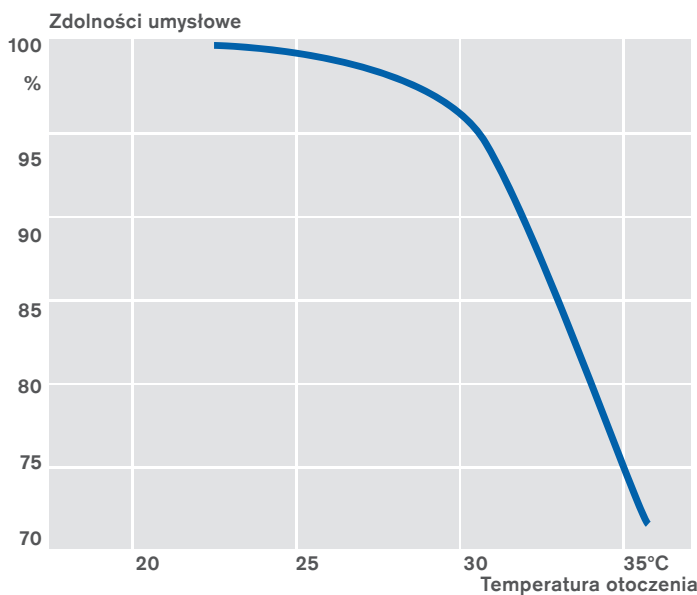
Organizm odwadnia się i traci elektrolity. Wzrost temperatury wnętrza ciała zaledwie o jeden stopień Celsjusza osłabia funkcjonowanie mózgu i może powodować dezorientację, majaczenie i utratę przytomności. W mierzalny sposób słabnie również słuch. Od temperatury 37,9°C istotnie pogarszają się też zdolności motoryczne i ruchowe, a także spada szybkość reakcji. Od 38,3°C dochodzi do zauważalnego pogorszenia się zdolności umysłowych. Temperatury powyżej 39,5–40°C stanowią poważne obciążenie układu sercowo-naczyniowego. Kiedy organizm nie może się schłodzić, a jego temperatura osiągnie 42°C, zaczyna dochodzić do rozpadu białek.<sup>7</sup>

Gdy organizm nie potrafi już sam ograniczyć temperatury, robi się niebezpiecznie. Stres cieplny może prowadzić do poważnych chorób, a nawet powodować nagły zgon spowodowany gorączką.

Rygorystyczne ograniczenia czasu stosowania kombinezonów ochronnych służą zapobieganiu zagrożeniom takim jak udar cieplny, zapaść cieplna i skurcze cieplne. Nie można jednak o nich zapominać, ponieważ ich wystąpienie jest uzależnione również od warunków klimatycznych, kondycji fizycznej danej osoby oraz ilości przyjmowanych przez nią płynów. Stanem, na który muszą uważać pracownicy korzystający z kombinezonów ochrony przeciwchemicznej, jest wyczerpanie cieplne (prostracja). Stopień jego nasilenia zależy od kondycji danego użytkownika.

### Stres cieplny pogarsza zdolności umysłowe

Wraz ze wzrostem temperatury otoczenia istotnie osłabia się czas reakcji i koordynacja sensoryczno-motoryczna.



Źródło: Dräger

Istotne są zatem nie tylko regularne ćwiczenia służące zachowaniu dobrej kondycji, ale też umiejętność oceny własnego stanu termicznego pozwalająca zawnazas przewidzieć możliwość wystąpienia zbyt wysokiego stresu cieplnego.

### Wyczerpanie cieplne

Brak płynów i elektrolitów zagęszcza krew i zaburza zdolność organizmu do transportowania ciepła na zewnątrz ciała. Ponadto dostępnych jest coraz mniej płynów potrzebnych do chłodzenia

ciała poprzez parowanie. Wyczerpanie cieplne może szybko przekształcić się w udar cieplny. Dlatego tak ważna jest szybka reakcja na pierwsze objawy!

#### Objawy:

Błada, chłodna i lekko wilgotna skóra, podwyższona temperatura ciała, ból i zawroty głowy, przyspieszone tętno, niskie ciśnienie krwi, szybki i płytki oddech, mdłości oraz zaburzenia pracy ośrodkowego układu nerwowego.

### Udar cieplny

Temperatura wnętrza ciała długotrwale utrzymująca się na poziomie powyżej 40°C w połączeniu ze znaczną utratą wody i elektrolitów może spowodować poważną niewydolność mózgu. Tylko osoby w bardzo dobrej kondycji, jak biegacze maratonów, są w stanie przez pewien czas poradzić sobie z wyższą temperaturą wnętrza ciała.

#### Objawy:

Mocno zaczerwieniona i sucha skóra, temperatura wnętrza ciała powyżej 40°C, szybkie bicie serca, ból i zawroty głowy, dezorientacja oraz utrata przytomności.

### Zapaść cieplna

Zmniejszenie objętości krwi wskutek braku elektrolitów i odwodnienia wywołanych gorącem.

#### Objawy:

Temperatura wnętrza ciała na poziomie 38–39°C, niskie ciśnienie krwi, zawroty głowy i omdlenie.

### Skurcze cieplne

Pojawiają się skurcze mięśni powodowane dużym zużyciem płynów w wysokiej temperaturze i nieuzupełnianiem traconych soli, zwłaszcza magnezu.

#### Objawy:

Bolesne skurcze mięśni w kończynach i żołądku, wilgotna i chłodna skóra, utrata apetytu, mdłości.

### Pierwsza pomoc

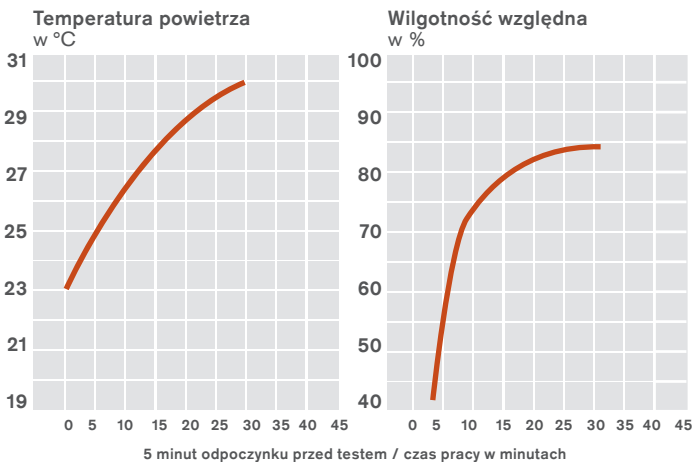
Pierwszą reakcją w przypadku wszystkich dolegliwości wywołanych gorącem powinno być umieszczenie danej osoby w cieniu lub chłodniejszym miejscu oraz podanie płynów (zimnej wody). Wachlowanie i stosowanie zimnych kompresów może przyspieszyć proces chłodzenia. W przypadku wyczerpania cieplnego lub wystąpienia objawów udaru cieplnego potrzebna jest pomoc medyczna!

## Niebezpieczeństwo w kombinezonie

Co sprawia, że praca w kombinezonach ochronnych jest taka trudna? Po pierwsze, są ciężkie: pełne wyposażenie obejmujące kombinezon, część nagłowną, buty, rękawice i aparat oddechowy waży nawet 30 kilogramów. Podczas wyczerpującej pracy w takim kombinezonie tempo metabolizmu wzrasta, przez co organizm zaczyna produkować znaczne ilości ciepła. Sprzyja temu również wilgotny i gorący klimat panujący wewnątrz kombinezonu. Temperatura wewnątrz kombinezonu szybko rośnie, a użytkownik zaczyna się pocić, co powoduje wzrost wilgotności.

### W kombinezonie ochronnym szybko tworzy się nieprzyjemny, gorący i wilgotny klimat

W czasie testów osoby badane szły po bieżni mechanicznej w kombinezonie ochrony przeciwchemicznej. Marsz przy prędkości 3,5 km/h i nachyleniu 1,75% stanowił symulację umiarkowanie ciężkiej pracy. W czasie testu prowadzono ciągły pomiar temperatury i wilgotności w kombinezonie.



Źródło: Dräger

Izolująca funkcja kombinezonu ochrony przeciwchemicznej nasila ten efekt. Kombinezon typu 1 - w zależności od klasy ochrony - pozostaje całkowicie szczelny nawet przez 480 minut i chroni użytkownika przed niebezpiecznymi gazami, parami, cieczami i cząstkami. Opracowane specjalnie w tym celu materiały, jak Symex, Tychem®F, Umex, Zytron®500 i D-Mex TM®, zapewniają, że nic nie przedostanie się do kombinezonu, z drugiej jednak strony nic nie może się z niego wydostać. Ciepło nie może zostać odprowadzone przez promieniowanie ani konwekcję, a chłodzenie uzyskiwane dzięki odparowywaniu potu jest mocno ograniczone ze względu na rosnącą wilgotność we wnętrzu kombinezonu.



Jeffrey M. Paull i Frank S. Rosental przeprowadzili eksperyment mierzący wartości związane ze stresem cieplnym. Ci dwaj amerykańscy naukowcy zmierzili tętno dwóch grup osób pracujących na wysypisku śmieci. Pierwsza nie miała kombinezonów, druga była ubrana w kombinezony z materiału PVC-Tyvec® z kapturem, gumowymi butami i rękawicami oraz korzystała z niezależnych aparatów oddechowych z dwiema butlami sprężonego powietrza. Wynik: grupa w kombinezonach ochrony przeciwchemicznej uzyskała istotnie wyższe wartości badanych zmiennych. Średni stres zmierzony w tej grupie był tak wysoki, że odpowiadał wzrostowi wskaźnika WBGT® środowiska o 6–11 stopni.<sup>9</sup>

Dlatego maksymalny czas noszenia kombinezonu ochronnego jest zwykle bardzo ograniczony. Na przykład w Niemczech nie można pracować w kombinezonie ochrony przeciwchemicznej typu 1 dłużej niż przez 30 minut. Przepisy zwykle szczegółowo precyzują również długość przerw i odpoczynku, a także mówią, ile razy w ciągu zmiany można pracować w kombinezonie. Poprawa właściwości kombinezonu w zakresie uwalniania ciepła poprzez zastosowanie technologicznych rozwiązań chłodzących skutkuje więc poprawą komfortu środowiska pracy, zmniejszeniem zagrożeń dla zdrowia i zwiększeniem wydajności użytkownika, a do tego może wydłużyć czas ciągłej pracy w kombinezonie. A zatem skuteczne chłodzenie nie tylko zapewnia poprawę w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, ale przynosi także korzyści ekonomiczne.



## Zapewnienie odpowiedniego klimatu

Chłodzenie technologiczne służy poprawie możliwości uwalniania ciepła. Jednocześnie nie może ono jednak pogarszać właściwości ochronnych kombinezonu ani zbyt mocno wpływać na mobilność użytkownika. Bardzo ważna jest też waga dodatkowego wyposażenia.

## Większy komfort dzięki chłodzeniu — jakie opcje są dostępne?



### Wstępnie schłodzone elementy

Kombinezon lub noszona pod nim kamizelka są wyposażone w elementy chłodzące, które pobierają ciepło w trakcie topnienia. Najprostszym rozwiązaniem tego typu są pakiety wypełnione zamrożoną słoną wodą. Stosowane są też elementy chłodzące wypełnione żelazem odznaczającym się szczególnie wysokim współczynnikiem magazynowania ciepła. Takie elementy wymagają jednak wcześniejszego schłodzenia w lodówce lub zamrażarce.

Aby elementy chłodzące były skuteczne, należy umieścić je możliwie najbliżej ciała (promieniowanie) lub wspomóc ich działanie dodatkową technologią wentylacyjną (konwekcja). Czas i nasilenie efektu chłodzącego zależą od liczby użytych pakietów. Trzeba też pamiętać, że pakiety chłodzące zwiększają wagę wyposażenia. Wstępnie schłodzone elementy zapewniają też natychmiastowy efekt chłodzenia. Oznacza to, że pierwszy kontakt z nimi może być nieprzyjemny, a nawet niesie ze sobą ryzyko wystąpienia hipotermii lub odmrożeń. Z tego względu eksperci zalecają noszenie dodatkowej chłonnej warstwy pod kombinezonem.



### Zasada przemiany fazowej

Elementy chłodzące można też wypełnić materiałami zmiennofazowymi (PCM). Są to specjalne sole lub parafiny o niskiej temperaturze topnienia. Elementy PCM mogą pochłonąć dużą ilość ciepła nawet, gdy temperatura w kombinezonie jest stosunkowo niska. Przy temperaturze skóry wynoszącej 28°C elementy te zaczynają absorbować ciepło, a ich materiał przechodzi w stan ciekły. Może to obniżyć temperaturę w kombinezonie ochronnym o 3–4°C. Efekt chłodzący pojawia się jednak jeszcze przed rozpoczęciem pracy i z czasem słabnie. Elementy PCM przechowywane w temperaturze 22°C wracają do stanu stałego i można ponownie z nich korzystać po upływie 0,5–4 godzin (zależnie od producenta).



### Wentylacja

To najskuteczniejsze, ale najbardziej skomplikowane technicznie rozwiązanie: mobilny lub stacjonarny system dostarcza powietrze do kombinezonu z butli na sprężone powietrze, kompresora lub stacji sprężonego powietrza, a wentylacja zwiększająca kondensację ułatwia chłodzenie organizmu za pomocą konwekcji i parowania.

W praktyce istnieje kilka różnych rozwiązań w zakresie wentylacji:

#### 1. Wentylacja całego kombinezonu

Zintegrowane węże doprowadzają powietrze w okolice rąk i nóg. Użytkownik oddycha bezpośrednio powietrzem z kombinezonu. Powietrze dostarczane jest ze stacjonarnego źródła zewnętrznego lub przenośnych butli ze sprężonym powietrzem. Zawór kontrolny odpowiada za regulację dopływu powietrza oddechowego z zewnętrznego źródła (np. węzowego systemu doprowadzania powietrza lub niezależnego aparatu oddechowego) do kombinezonu ochrony przeciwchemicznej. Zintegrowany wewnętrzny system węży rozprowadza strumień powietrza. Odpowiednią pozycję węży uzyskuje się przy pomocy zaczepów. Sprężone powietrze z niezależnego aparatu lub węzowego systemu doprowadzania jest wykorzystywane do wentylowania okolic rąk, nóg i korpusu użytkownika. Wilgotne i ciepłe powietrze może opuścić kombinezon przez zawory, odprowadzając w ten sposób ciepło na zewnątrz.

Poza w pełni wentylowanymi kombinezonami dostępne są też kamizelki, które nosi się pod kombinezonem. W tym przypadku działanie chłodzące koncentruje się na plecach, gdzie jest najefektywniejsze. Zapewnienie dodatkowej wentylacji kończyn przyniosłoby niewielki wzrost efektu chłodzącego, ale znacząco skomplikowałoby całe rozwiązanie w porównaniu z działaniem samej kamizelki.

#### 2. Wentylacja poprzez kamizelkę niezależną od źródła powietrza

Pod kombinezon wkłada się kamizelkę, do której powietrze dostarczane jest wężem. Chłodzące powietrze jest uwalniane wewnątrz kombinezonu. Aparat oddechowy nie jest podłączony i uzyskanie do niego dostępu w razie potrzeby wymaga otwarcia dodatkowej linii dostarczającej powietrze oddechowe.

#### 3. Wentylacja poprzez kamizelkę ze zintegrowanym źródłem powietrza

Podobnie jak w przypadku drugiego rozwiązania, pod kombinezon wkłada się kamizelkę, do której powietrze dostarczane jest wężem. Powietrze jest uwalniane od wewnętrznej strony kamizelki w kierunku ciała, aby schłodzić korpus. Powietrze chłodzące i powietrze oddechowe jest dostarczane bezpośrednio z kamizelki. Zaletą tego rozwiązania jest brak konieczności stosowania dodatkowej części twarzowej.

W celu zwiększenia efektu inne systemy dostarczają powietrze do kombinezonu tak, by przechodziło obok zbiornika chłodzącego. Przechowywane elementy są chłodzone w zamrażarce, zanim zostaną umieszczone obok ciała, pod kombinezonem. Zasilana akumulatorem jednostka dmuchawy zapewnia cyrkulację powietrza w kombinezonie, aby przechodziło przez zbiornik chłodzący, a potem trafiało w okolice głowy. Tam chłodzi ono użytkownika i zmniejsza zaparowanie wizjera. Niektóre rozwiązania tego typu nie wymagają zewnętrznego dopływu powietrza i wykorzystują wyłączenie wewnętrzną jednostkę dmuchawy. Technologia ta ma jednak swoje wady, nie licząc konieczności zapewnienia źródła zasilania. Jedną z wad jest niski komfort — masywne zbiorniki chłodzące trzeba nosić bezpośrednio na klatce piersiowej, co powoduje jednostronne obciążenie.

W przypadku wszystkich rozwiązań wentylujących, przepływ powietrza powoduje ciągłą emisję dźwięku. Dlatego też warto wybrać model odznaczający się niskim poziomem hałasu.



### Cyrkulacja środków chłodzących

Płyn chłodzący pompowany przez system węży pochłania ciepło i przenosi je z dala od ciała. Płyn następnie ponownie trafia do elementu chłodzącego, po czym może powtórzyć cykl. Wada — jest to bardzo duży system, którego nie da się nosić pod standardowym kombinezonem ochronnym. Dlatego zwykle nie jest stosowany w czasie pracy, ale po jej zakończeniu, by obniżyć temperaturę ciała użytkownika.



### Odparowywanie wody

Ubrania noszone pod kombinezonem, zwykle kamizelka lub spodnie, są przed użyciem zwilżane lub obciążane wilgotnymi elementami. W czasie pracy wilgoć odparowuje. Woda zwiększa jednak wagę sprzętu. To rozwiązanie sprawdza się tylko w przypadku oddychających kombinezonów, ponieważ w innych wilgoć zostałaby uwięziona wewnątrz kombinezonu.

## Wnioski: która zasada najlepiej sprawdzi się w danym zastosowaniu?

Każdy system chłodzenia ma swoje wady i zalety, które należy przeanalizować pod kątem przeznaczenia systemu, potencjalnego ryzyka i ogólnych warunków użytkowania. Nie ma więc jednej stałej odpowiedzi na pytanie „Jak?”. Zupełnie inaczej wygląda sprawa z pytaniem „Czy?” — każda poprawa chłodzenia w kombinezonie ochronnym w istotny sposób zmniejsza stres cieplny odczuwany przez użytkownika. Poza zwiększeniem bezpieczeństwa i wygody trzeba też wspomnieć o wyraźnych korzyściach ekonomicznych.

Choć czas noszenia kombinezonu ochronnego jest regulowany prawnie, musimy pamiętać, że pracownik, który jest mniej zmęczony, będzie w stanie pracować dłużej i podejmować się dłuższych zadań, a do tego skuteczniej sobie z nimi poradzi. Kolejnym ważnym czynnikiem jest czas potrzebny przed wykonaniem pracy w kombinezonie i po niej. Podczas oceny rozwiązania należy zwrócić uwagę na łatwość zakładania i zdejmowania kombinezonu, jego parametry itd. Dla kierowników ds. bezpieczeństwa i techników serwisowych ważne jest również to, ile i jakich nakładów wymagają konserwacja i serwisowanie kombinezonu oraz systemu chłodzącego. Przed zakupem kombinezonu ochronnego trzeba rozważyć wszystkie te czynniki. Dr Joachim Koch, ekspert firmy Dräger, mówi: „Nawet fachowcy mają problem z dobraniem idealnego systemu do danego zastosowania. Dlatego zalecam skorzystanie ze szczegółowych konsultacji przed podjęciem ostatecznej decyzji. Zauważyliśmy, że w praktyce stres cieplny wciąż bywa lekceważony. Dużym wyzwaniem, z jakim obecnie zmagają się kierownicy ds. bezpieczeństwa, jest nie tylko stosowanie lepszych technologii chłodzących, ale też motywowanie pracowników do skuteczniejszego dbania o własną termoregulację”.

## Zmniejszanie stresu ciepłego — porady praktyczne

Dobór właściwego systemu chłodzącego to nie wszystko. Dostępne są też inne środki pomagające zmniejszyć stres cieplny i zagrożenia dla zdrowia.

### 1. Zlecaj pracę w kombinezonach ochrony przeciwchemicznej tylko osobom całkowicie zdrowym i sprawnym fizycznie

Większość krajów wymaga przejścia testu sprawności fizycznej od pracowników, którzy potencjalnie będą pracować w kombinezonach ochronnych ze sprzętem do ochrony dróg oddechowych.<sup>10</sup>

### 2. Wybieraj wyposażenie ochronne, które zapewnia bezpieczeństwo i komfort pracy

Przygotowując wyposażenie ochrony osobistej, każdy jego element, od części nagłownej do butów, należy sprawdzić pod kątem tego, jak zwiększa stres cieplny. Być może w danym zastosowaniu można go zastąpić lżejszym i mniej izolującym elementem, bez obniżania poziomu bezpieczeństwa.

### 3. Przygotowuj pracowników na trudne akcje

Im wyższy wskaźnik masy ciała pracownika, tym bardziej jest on podatny na stres fizjologiczny i termiczny. Zaoferuj bardziej przysadzistym pracownikom porady i wsparcie, które pozwolą im poprawić formę. Wiele organizacji ubezpieczeniowych i stowarzyszeń zawodowych oferuje też stosowne programy zdrowotne.

### 4. Dbaj o regularne i odpowiednie szkolenia dla pracowników

Każdy pracownik powinien doskonale znać funkcje i — co nawet ważniejsze — objawy awarii wszystkich elementów wyposażenia. Szkolenia muszą obejmować nie tylko aspekty techniczne, ale też uczyć pracowników, jak odczytywać sygnały płynące z ich organizmu. Najważniejsza jest otwarta komunikacja — osoby nadzorujące i odpowiedzialne za prowadzone akcje powinny zachęcać pracowników do natychmiastowego zgłaszania wszystkich problemów i nieprawidłowości. Są to sytuacje takie jak:

- Osad lub zniszczenia na materiale odzieży ochronnej
- Niewygodny sprzęt
- Nieoczekiwany opór oddechowy
- Utrudniona widoczność (wizjer) i błędy jednostki komunikacyjnej
- Ograniczenie zdolności motorycznych w kombinezonie ochronnym
- Objawy fizyczne, jak mdłości, podrażnienie skóry i przyspieszone tętno

### 5. Zwróć uwagę pracowników na ich indywidualne reakcje na temperaturę

Pracownicy, którzy często wkładają kombinezony ochronne, powinni znać czynniki zwiększające ich podatność na stres cieplny i uczyć się, jak lepiej sobie z tym stresem radzić, np. poprzez:

- Unikanie czynników nasilających objawy stresu ciepłego, jak kofeina, alkohol i nikotyna, a także leki uspokajające, regulujące ciśnienie krwi i środki zwiotczające.
- Nawadnianie organizmu i picie dużej ilości płynów! Szczególnie noszenie kombinezonów ochronnych z systemem wentylacji, wiąże się z wysokim ryzykiem odwodnienia. To paradoks, do którego dochodzi, gdy użytkownik czuje się tak komfortowo w suchym i chłodnym kombinezonie, że zapomina o uzupełnianiu płynów.
- Dbanie o wystarczającą ilość snu
- Dbanie o zdrowie układu sercowo-naczyniowego
- Informowanie przełożonych o objawach infekcji lub gorączki

---

 .....
 

## ŹRÓDŁA:

1 Work-rest-schedules for workers wearing chemical-resistant suits, [https://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat\\_index/work\\_rest\\_schedules.html](https://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/work_rest_schedules.html) i <https://safetyfirstintexas.wordpress.com/osha-recommended-heat-work-schedule/> (08.11.2016)

2 Criteria for a Recommended Standard, Occupational Exposure to Heat and Hot Environments, NIOSH, Department of Health and Human Services. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf> (08.11.2016)

3 (ACGIH. 1988. Threshold Limit Values and biological exposure indices for 1987 and 1988. ACGIH, Cincinnati, OH. S. 34)

4 Parsons K. 2003. The effects of hot, moderate and cold temperatures on human health, comfort and performance. 2nd edition. New York: CRC Press

5 Criteria for a Recommended Standard, Occupational Exposure to Heat and Hot Environments, NIOSH, Department of Health and Human Services. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf> (08.11.2016)

6 LeBlanc, Paul R., Fahy, R.F. 2001. Firefighter Fatalities in the United States. NFPA. Fire Analysis and Research. Quincy, MA, USA

7 2013 W.L. Gore & Associates, Inc., <http://www.goreprotectivefabrics.com/remote/Satellite/Structural-Fire-Fighting-Turnout-Gear/Heat-Stress-Management> (12.02.2015)

8 Wskaźnik WBGT, wet-bulb globe temperature, którego nazwa pochodzi od wykorzystywanych mierników, czyli czujnika do pomiaru temperatury w stanie wilgotnym oraz czujnika do pomiaru temperatury poczerwionej kuli, został opracowany w latach 50. ubiegłego wieku przez amerykańskich Marines do pomiaru stresu cieplnego. Wskaźnik ten bierze pod uwagę wpływ wywierany na ludzi przez temperaturę, wilgotność powietrza, prędkość wiatru i widzialne promieniowanie podczerwone, zwykle światło słoneczne. Dziś wskaźnik WBGT jest też stosowany w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy oraz zawodowym sporcie.

9 Paull, J.M., Rosenthal, F.S. 1987. Heat strain and heat stress for workers wearing protective suits at a hazardous waste site. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 48(5):458-63. Link: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15298668791385048#.VFyiXxZ49WY>, 05.03.2015

10 zob. np. w Niemczech: DGUV-R 112 189 i DGUV-R 112 190; USA: OSHA Technical Manual (OTM) Sekcja III: Rozdział 4: Heat Stress (źródło: [https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iii/otm\\_iii\\_4.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html))

Więcej informacji:

Stres cieplny. OSHA Technical Manual (OTM) Sekcja III: Rozdział 4 ([https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iii/otm\\_iii\\_4.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html), 12.2014)

## DRUK

NIEMCY  
 Dräger Safety AG & Co. KGaA  
 Revalstraße 1  
 23560 Lubeka

[www.draeger.com](http://www.draeger.com)