

Jan DRENDA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## OCENA KLIMATYCZNYCH WARUNKÓW PRACY GÓRNIKÓW W POLSKICH KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO I RUDY MIEDZI

**Streszczenie.** W artykule podano zasady oceny klimatycznych warunków pracy górników w kopalniach węgla kamiennego i rud miedzi opierając się na wskaźniku dyskomfortu cieplnego „ $\delta$ ”. Zdefiniowano stan i stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego górników pracujących w danych środowiskach kopalń. Zwrócono uwagę na konieczność opracowania nowych górniczych, polskich norm klimatycznych, regulujących czas pracy w środowiskach gorących kopalń węgla, rud. Na podstawie izolinii wskaźników klimatu, efektywnej temperatury amerykańskiej, temperatury zastępczej klimatu i temperatury śląskiej udowodniono wybór temperatury śląskiej jako najważniejszego wskaźnika klimatu, który powinien być uwzględniony w nowych, polskich, górniczych przepisach klimatycznych.

## ANALYSIS OF CLIMATIC CONDITIONS IN POLISH COAL AND COPPER ORE MINES

**Summary.** The article covers the methods of analysis of the climatic conditions in coal and copper ore mines based on the Thermal Discomfort Coefficient „ $\delta$ ”. Thermal hazard for miners has been analysed and categorised by its severity. The article also identifies the necessity for introducing a new set of climatic conditions based working hours regulatins for coal, coper ore, and salt mines charcterised by high temperatures. Based on analysis of climatic conditions isolines, silesian temperature was identified as the appropriate measure of climatic conditions (over American temperature and replacement climat temperature).

### 1. Wstęp – klimat i klimatyczne warunki pracy

W polskich kopalniach węgla kamiennego i rudy miedzi występują trudne, bardzo trudne i niebezpieczne klimatyczne warunki pracy. Przyczyną tego stanu jest duża głębokość eksploatacji, sięgająca powyżej 1000 m, związana z nią wysoka temperatura pierwotna

górotworu – ponad 45°C oraz umaszynowanie górnictwa, tworzące lokalne źródła ciepła. Temperatury powietrza w kopalniach węgla i miedzi w wielu miejscach przekraczają wartość 30°C, przy wysokiej wilgotności względnej powietrza, zmieniającej się w przedziale od 70% do 100%. Te niekorzystne wartości parametrów klimatu kopalnianego pogarszają klimatyczne warunki pracy górników. W większości kopalń węgla i w kopalniach miedzi stosowana jest już, na szeroką skalę, klimatyzacja lokalna, grupowa i centralna. W wielu wyrobiskach, bez schładzania powietrza, jego temperatura przekroczyłaby dopuszczaną dla skróconego czasu pracy temperaturę 33°C [10].

Klimat określają parametry fizyczne powietrza i otoczenia, takie jak: temperatura, wilgotność, prędkość przepływu powietrza i średnia temperatura promieniowania powierzchni ścian wyrobiska. W celu analizy ich wzajemnego wpływu na klimat często stosowane są tzw. wskaźniki mikroklimatu uwzględniające kilka podstawowych parametrów klimatu. W niniejszym artykule zostanie przeprowadzona analiza trzech wskaźników klimatu, mianowicie: efektywnej temperatury amerykańskiej, temperatury zastępczej klimatu oraz nowego wskaźnika – temperatury zastępczej śląskiej [3, 4] lub w skrócie temperatury śląskiej. Warunki klimatyczne, określane dla człowieka, pracownika, przebywającego w danym środowisku pracy w kopalni, utożsamiane są z komfortem i dyskomfortem cieplnym, który może być niebezpieczny dla życia i zdrowia górników. Klimatyczne warunki pracy zależą bowiem nie tylko od klimatu, lecz również od samego człowieka, dla którego są określane. Parametrami komfortu i dyskomfortu cieplnego, zależnymi od człowieka są wydatek energetyczny, ubiór i aklimatyzacja.

Wydatkiem energetycznym człowieka nazywamy ilość ciepła metabolizmu wytworzonego i praktycznie w całości wydzielonego do otoczenia po to, aby zapewnić stałą temperaturę wewnętrzną ciała ludzkiego. Organizm ludzki, porównując go, zgodnie z I zasadą termodynamiki, do maszyny przepływowej, jest urządzeniem bardzo mało sprawnym. Tylko niewielka część wytworzonego ciepła metabolizmu potrzebna jest do podtrzymania procesów życiowych i wykonania pracy. Wydatek energetyczny człowieka, czyli tempo ciepła metabolizmu wytwarzanego i wydzielanego do otoczenia zależy od wysiłku i intensywności wykonywanej pracy, czyli od rodzaju pracy. W tabeli 1 podane są średnie wartości wydatków energetycznych, nazywane również poziomami tempa metabolizmu, dla następujących rodzajów pracy: lekkiej, umiarkowanej, ciężkiej i bardzo ciężkiej [8].

Odzież pracownika odgrywa znaczącą rolę w ocenie klimatycznych warunków pracy. Jest ona klasyfikowana według tzw. oporu cieplnego odzieży  $I_{cl}$ . W tej klasyfikacji oporu

cieplnego odzieży przyjmuje się jednostki clo. Dla ludzi nieubranych (szorty) w przybliżeniu można przyjmować  $I_{cl} = 0$  clo. Lekka odzież robocza (koszula z krótkimi rękawami i spodnie) posiada opór cieplny równy  $I_{cl} = 0,6$  clo. Dla człowieka ubranego w normalną odzież roboczą (koszula, spodnie i bluza robocza) przyjmuje się  $I_{cl} = 1$  clo.

Do klimatu zarówno gorącego, jak i chłodnego w środowiskach pracy można się przyzwyczaić uzyskując fizjologiczny efekt adaptacji organizmu do występujących w danym środowisku warunków klimatycznych. Człowiek zaaklimatyzowany posiada większą i efektywniejszą możliwość wydzielania ciepła metabolizmu do otoczenia. Przyjmuje się, że aklimatyzację nabywa się po 7 dniach przebywania w środowiskach gorących lub po tygodniowym cyklu adaptacyjnym w komorze klimatycznej. Stan aklimatyzacji traci się po absencji, powodującej dłuższą przerwę w przebywaniu w środowiskach gorących.

Tabela 1

## Klasyfikacja poziomów tempa metabolizmu dla rodzajów pracy

Rodzaj pracy (klasa)	Średnia wartość wydatku energetycznego (tempa metabolizmu) $W/m^2$
Spoczynek	65
Małe tempo metabolizmu (praca lekka)	100
Umiarkowane tempo metabolizmu (praca umiarkowana)	165
Duże tempo metabolizmu (praca ciężka)	230
Bardzo duże tempo metabolizmu (praca bardzo ciężka)	290

Parametrem określającym klimatyczne warunki pracy i bezpieczeństwo klimatyczne w danym środowisku pracy jest wskaźnik dyskomfortu cieplnego „ $\delta$ ” [1]. Zależy on od parametrów klimatu oraz wydatku energetycznego pracowników, oporu cieplnego odzieży i aklimatyzacji. Można go przedstawić ogólnym wzorem, jako funkcję wielu zmiennych.

$$\delta = f(t_s, \varphi, w, M, I_{cl}, \text{akl.}),$$

gdzie:

$t$  – temperatura powietrza, °C,

$\varphi$  – wilgotność względna powietrza, %,

$w$  – prędkość przepływu powietrza, m/s,

$M$  – wydatek energetyczny pracownika zależny od rodzaju i intensywności pracy,  $W/m^2$ ,

$I_{cl}$  – opór cieplny odzieży, clo,

akl. – aklimatyzacja (człowiek zaaklimatyzowany lub niezaaklimatyzowany).

Wskaźnik dyskomfortu cieplnego wyznaczyć można z nomogramów lub obliczyć korzystając z programów komputerowych [4]. Został on opracowany na podstawie równania komfortu cieplnego Fangera oraz wartości odniesienia wskaźnika WBGT, dla których temperatura wewnętrzna ciała ludzkiego nie przekroczy wartości 38°C [7, 8]. Wskaźnik dyskomfortu cieplnego może teoretycznie przyjmować wartości od plus do minus nieskończoności. W praktyce podstawowe znaczenia mają tylko dwie jego wartości, mianowicie 0 i 1. Ocena warunków klimatycznych w dowolnym środowisku pracy, opierając się na wskaźniku dyskomfortu cieplnego „ $\delta$ ” jest następująca:

- $\delta = 0$             komfort cieplny,
- $\delta < 0$             środowisko chłodne,
- $\delta > 0$             środowisko ciepłe,
- $\delta = 1$             granica bezpiecznego dyskomfortu cieplnego,
- $0 < \delta < 1$         dyskomfort cieplny, bezpieczny dla zdrowia,
- $\delta \geq 1$             dyskomfort cieplny, niebezpieczny dla zdrowia.

Zakres wartości dyskomfortu cieplnego bezpiecznego dla zdrowia można podzielić na mniejsze przedziały, pokazane w tabeli 2.

Tabela 2

Podział dyskomfortu bezpiecznego dla zdrowia

Klimatyczne warunki pracy człowieka		
$0 < \delta < 1$	$0 < \delta < 0,2$	korzystne
	$0,2 \leq \delta < 0,5$	zadowalające
	$0,5 \leq \delta < 0,8$	trudne
	$0,8 \leq \delta < 1$	<b>bardzo trudne</b>

## 2. Bezpieczeństwo a niebezpieczeństwo klimatyczne górników w kopalniach – stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego górników

Bezpieczne i niebezpieczne klimatyczne warunki pracy człowieka w różnych środowiskach, w tym także w kopalniach, można najlepiej określić i ocenić opierając się na wartości wskaźnika dyskomfortu cieplnego „ $\delta$ ”. Wskaźnik ten, uwzględniający temperaturę,

wilgotność i prędkość przepływu powietrza oraz parametry odnoszące się do człowieka, a więc, wydatek energetyczny, ubiór i aklimatyzację, określa jego bezpieczeństwo i niebezpieczeństwo klimatyczne w danym środowisku. Ocena bezpieczeństwa klimatycznego według wartości wskaźnika dyskomfortu cieplnego jest bardzo prosta. Praca jest bezpieczna wtedy, gdy wskaźnik dyskomfortu cieplnego „ $\delta$ ” jest mniejszy od jedności  $\delta < 1$ , a niebezpieczna wtedy, gdy wskaźnik dyskomfortu cieplnego „ $\delta$ ” jest większy lub równy jeden,  $\delta \geq 1$ .

Analizując problem bezpieczeństwa klimatycznego pracownika w środowiskach gorących, należy zwrócić uwagę na to, że człowiek posiada możliwości obrony przed grożącym mu niebezpieczeństwem stresu i udaru cieplnego. Przede wszystkim może dostosowywać swój ubiór do warunków klimatycznych otoczenia oraz regulować swój wydatek energetyczny przez zmianę intensywności pracy lub przez stosowanie przerw na odpoczynek. Uważa się, że nie można w kopalniach ograniczać ludziom stosowania możliwych dla nich do realizacji zabiegów dostosowujących ich organizm do pracy w trudnych warunkach klimatycznych. Zmniejszenie oporu cieplnego odzieży i stosowanie przerw na odpoczynek w czasie dniówki roboczej to nic innego, jak metody poprawy klimatycznych warunków pracy, stosowane przez samych górników.

W przepisach górniczych, a mianowicie w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r., w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169) w paragrafie 670. 1. czytamy: *Na wszystkich stanowiskach pracy pracowników zaopatrjuje się w odpowiednie środki ochrony indywidualnej oraz odzież i obuwie robocze wymagane na poszczególnych stanowiskach, których pracownicy powinni używać.* Zapis ten wskazuje, że pracownicy powinni pracować ubrani. W środowisku pracy powinien więc być zapewniony taki klimat, który pozwalałby pracownikowi odczuwać zadowolenie z warunków cieplnych otoczenia będąc ubranym w normalną lub lekką odzież roboczą. Według podziału dyskomfortu bezpiecznego dla zdrowia (tabela 2) zadowalające klimatyczne warunki pracy wystąpią wtedy, gdy wskaźnik dyskomfortu cieplnego jest mniejszy od 0,5 ( $\delta < 0,5$ ).

Ubiór w miejscu pracy zapewnia osobistą godność człowiekowi. W przypadku jednak szczególnie trudnych warunków klimatycznych, które mogą wystąpić w kopalni, związanych z parametrami mikroklimatu i ciężkością wykonywanej pracy, człowiek, chcąc uchronić się

przed przegrzaniem organizmu, może, a nawet powinien się rozebrać, ponieważ zapewni mu to bezpieczeństwo termiczne.

**Granice bezpiecznego dyskomfortu cieplnego lub stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego dla człowieka, pracującego w środowiskach gorących należy więc odnosić do ludzi nieubranych (szorty, buty, hełm, lampa, aparat uciezkowy), ponieważ człowiek ubrany posiada możliwość poprawy swoich klimatycznych warunków pracy przez rozebranie się, czyli zmniejszenie oporu cieplnego odzieży. W ocenie niebezpieczeństwa klimatycznego człowieka należy również uwzględnić rodzaj ciężkości pracy (praca: ciężka, umiarkowana i lekka) oraz rozpatrywać człowieka zaaklimatyzowanego.**

Przyjęto więc następujące założenia, pozwalające ocenić bezpieczeństwo klimatyczne górników w środowiskach pracy:

- ludzie zaaklimatyzowani,
- ludzie nieubrani,
- ludzie wykonujący pracę ciężką, umiarkowaną i lekką.

W zależności od ciężkości pracy, czyli wydatku energetycznego człowieka oraz uwzględniając ludzi zaaklimatyzowanych i nieubranych, zdefiniowano trzy, podstawowe rodzaje wskaźnika dyskomfortu cieplnego  $\delta$ , a mianowicie:  $\delta_C$ ;  $\delta_U$ ;  $\delta_L$ , które każdorazowo należy wyznaczyć i poddawać analizie. Definicje tych trzech podstawowych wskaźników dyskomfortu cieplnego są następujące:

**$\delta_C$  - ludzie zaaklimatyzowani, nieubrani, wykonujący pracę ciężką,**

**$\delta_U$  - ludzie zaaklimatyzowani, nieubrani, wykonujący pracę umiarkowaną,**

**$\delta_L$  - ludzie zaaklimatyzowani, nieubrani, wykonujący pracę lekką.**

W zależności od wartości  $\delta_C$ ;  $\delta_U$ ;  $\delta_L$  górnikom pracującym w danym środowisku można przypisać trzy stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego, w skrócie „NK” (niebezpieczeństwo klimatyczne) (NK-I; NK-II; NK-III). Stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego górników przedstawiono w tabeli 3.

Pierwszy stopień niebezpieczeństwa klimatycznego górników, występujący w miejscu ich pracy wskazuje, że w takim środowisku praca ciężka ludzi zaaklimatyzowanych i nieubranych jest pracą niebezpieczną. Prace lekka i umiarkowana są jeszcze bezpieczne. **W środowisku o I stopniu niebezpieczeństwa klimatycznego górników (NK-I) praca jest dopuszczalna z zastosowaniem indywidualnych i stacjonarnych kontroli wskaźników dyskomfortu cieplnego  $\delta_C$ ;  $\delta_U$ ;  $\delta_L$ .**

Tabela 3

## Stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego górników - NK

NK-I	I stopień niebezpieczeństwa klimatycznego górników	$\delta_C > 1$ $\delta_U < 1$ $\delta_L < 1$
NK-II	II stopień niebezpieczeństwa klimatycznego górników	$\delta_U > 1$ $\delta_L < 1$
NK-III	III stopień niebezpieczeństwa klimatycznego górników	$\delta_L > 1$

Drugi stopień niebezpieczeństwa klimatycznego górników wskazuje, że w danym środowisku praca umiarkowana ludzi zaaklimatyzowanych i nieubranych jest pracą niebezpieczną. **W środowisku o II stopniu zagrożenia klimatycznego górników (NK-II) praca jest dopuszczalna z planowymi przerwami dla odpoczynku w każdej godzinie dniówki roboczej oraz z zastosowaniem indywidualnych i stacjonarnych kontroli wskaźników dyskomfortu cieplnego  $\delta_C$ ;  $\delta_U$ ;  $\delta_L$ .**

Trzeci stopień niebezpieczeństwa klimatycznego górników w danym miejscu pracy wskazuje, że w takim środowisku praca lekka zaaklimatyzowanych i nieubranych pracowników jest już pracą niebezpieczną. **W środowisku o III stopniu niebezpieczeństwa klimatycznego górników (NK-III) zarówno praca, jak i przebywanie człowieka powinno być zabronione z wyjątkiem akcji ratowniczych.**

Przedstawione powyżej stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego pracowników pracujących w gorących środowiskach dotyczą ekstremalnie trudnych klimatycznych warunków pracy, warunków, w których człowiek pozbawiony jest własnych sposobów ochrony przed gorącym klimatem. W celu analizy klimatycznych warunków pracy, panujących w różnych środowiskach górniczych należy wyznaczać wartości wskaźnika dyskomfortu cieplnego również dla niezaaklimatyzowanych ludzi oraz dla różnych rodzajów ubioru pracowników, okeślając tym samym bezpieczeństwo lub niebezpieczeństwo pracy człowieka w danym miejscu.

### 3. Uwagi do polskich przepisów klimatycznych

Polskie przepisy klimatyczne zamieszczone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r., znowelizowane w 2006 r., Rozdz. 4 § 239 nie spełniają wymogów współczesnego polskiego górnictwa, w którym zwiększa się liczba miejsc pracy

w środowiskach gorących. W aktualnych górniczych przepisach klimatycznych błędnym parametrem jest wartość temperatury 33°C, jako kryterium dopuszczalnej pracy górników w skróconym do 6 godzin czasie. Wartość ta dla środowisk, w których wilgotność względna powietrza jest większa od 90% przy małej prędkości przepływu powietrza, jest zbyt tolerancyjna, a tym samym niebezpieczna dla pracowników. W środowiskach górniczych, w których wilgotność względna powietrza jest niższa od 80% wartość temperatury powietrza 33°C jest zbyt rygorystyczna, zabraniająca pracę w praktycznie bezpiecznych klimatycznie środowiskach (rys. 2, 3, 4).

Wprowadzenie do polskich przepisów zastępczej temperatury klimatu, obowiązującej w kopalniach stosujących maszyny spalinowe, czyli w kopalniach rud miedzi, dla której kryteria czasu pracy są oparte na tym wskaźniku [9], jest lepszym i nowocześniejszym sposobem oceny mikroklimatu i czasu pracy w środowiskach gorących kopalń LGOM, które obecnie eksploatują złoża rudy miedzi i złoża soli. Temperaturę zastępczą klimatu oblicza się ze wzoru:

$$t_{zk} = 0,6 t_w + 0,4 t_s - w, \quad (3.1)$$

gdzie:

$t_s$ ;  $t_w$  – temperatury powietrza mierzone termometrem suchym i wilgotnym w °C,

$w$  – prędkość przepływu powietrza w m/s.

Temperatura zastępcza klimatu zależy od temperatury powietrza, wilgotności i prędkości przepływu. Przyjmuje się, że maksymalna temperatura zastępcza klimatu, dla której praca jest niedopuszczalna, z wyjątkiem akcji ratowniczej, wynosi 32°C.

W górnictwie niemieckim obowiązują przepisy klimatyczne oparte na temperaturze powietrza  $t_s$  i efektywnej temperaturze amerykańskiej ATE, odczytywanej z nomogramu (rys. 1).

Według tych przepisów górniczych [11]:

1. z wyjątkiem kopalń soli, jeżeli temperatura powietrza mierzona termometrem suchym przekracza 28°C lub temperatura efektywna przekracza 25°C, czas pracy powinien być skrócony do:
  - a) 6 godzin, gdy górnik przebywa w czasie dniówki roboczej ponad 3 godziny w temperaturze suchej powietrza powyżej 28°C do temperatury efektywnej 29°C lub w temperaturach efektywnych powyżej 25°C do 29°C,
  - b) 5 godzin, gdy górnik przebywa w czasie dniówki roboczej ponad 2 ½ godziny w temperaturach efektywnych powyżej 29°C do 30°C,

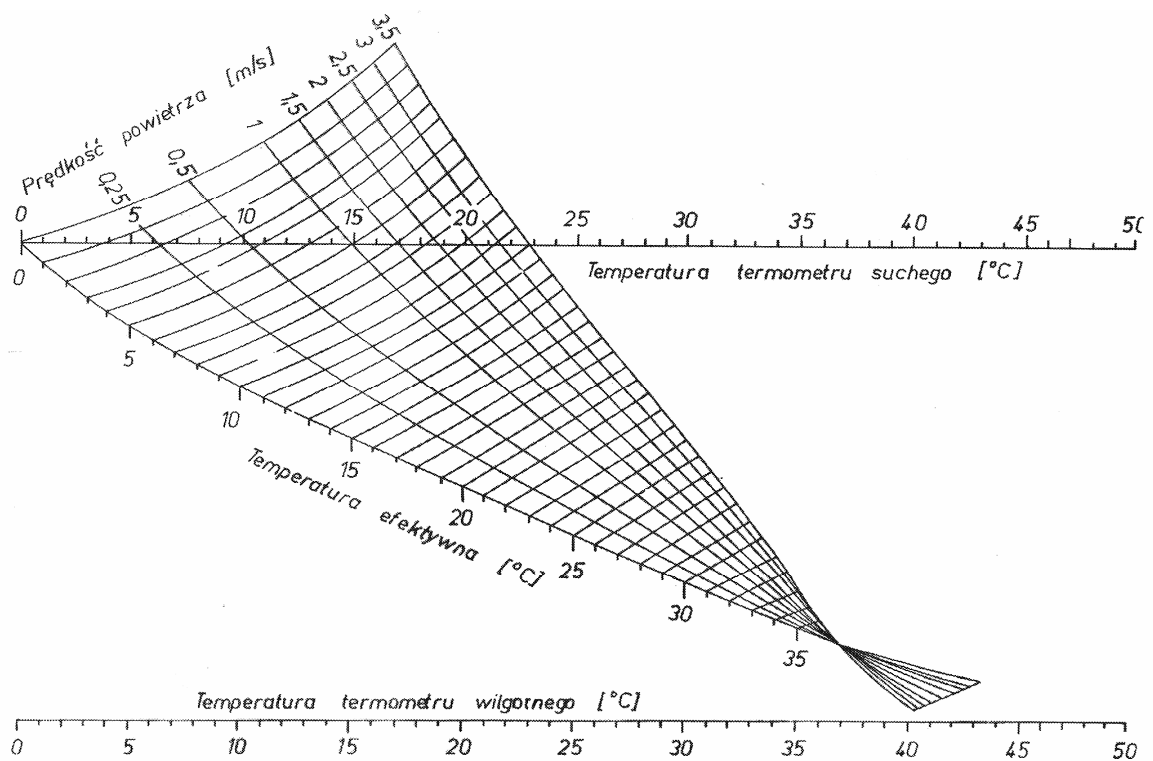


2. w kopalniach soli, jeżeli temperatura termometru suchego  $28^{\circ}\text{C}$  zostanie przekroczona, to górnicy w ciągu dnia roboczej nie mogą pracować dłużej jak:
  - a) 7 godzin, jeżeli dziennie przebywają dłużej niż 5 godzin w temperaturach powietrza (termometr suchy) powyżej  $28^{\circ}\text{C}$  do  $37^{\circ}\text{C}$  lub dłużej niż  $4\frac{1}{2}$  godziny w temperaturach powietrza (termometr suchy) powyżej  $37^{\circ}\text{C}$  do  $46^{\circ}\text{C}$ ,
  - b)  $6\frac{1}{2}$  godziny, jeżeli dziennie pracownicy przebywają dłużej niż 4 godziny w temperaturach powietrza (termometr suchy) ponad  $46^{\circ}\text{C}$  do  $52^{\circ}\text{C}$ .

Pracownicy, z wyjątkiem kopalń soli, w temperaturze powietrza powyżej  $30^{\circ}\text{C}$  zasadniczo nie mogą być zatrudniani, jednak pod pewnymi warunkami mogą być zatrudnieni do temperatury  $32^{\circ}\text{C}$ .

W kopalniach soli pracownicy nie mogą być zatrudnieni, jeżeli temperatura powietrza mierzona termometrem suchym przekracza  $52^{\circ}\text{C}$  lub temperatura mierzona termometrem wilgotnym przekracza  $27^{\circ}\text{C}$ .

Powyższe ograniczenia w zatrudnianiu pracowników według przepisów niemieckich nie obowiązują w przypadku prowadzenia akcji ratowniczych.



Rys. 1. Nomogram dla wyznaczenia amerykańskiej temperatury efektywnej ATE

Fig. 1. Nomogram for establishing effective American temperature ATE

Porównanie obowiązujących przepisów klimatycznych w górnictwie polskim i niemieckim przeprowadzono graficznie na wykresach w układzie współrzędnych, temperatura termometru

suchego i termometru wilgotnego powietrza ( $t_s$ ;  $t_w$ ), rysując izolinie temperatury powietrza, temperatury zastępczej klimatu i temperatury efektywnej amerykańskiej. Izolinie te dla przyjętych stałych wartości powyższych temperatur przedstawiono na rys. 2, 3, 4 i 5.

Na rysunkach tych pokazano przebiegi izolinii temperatury termometru suchego  $t_s = 33^\circ\text{C}$ , temperatur zastępczych klimatu  $t_{zk} = 30^\circ\text{C}$  i  $t_{zk} = 32^\circ\text{C}$ , jakie występują w przepisach polskich oraz temperatur efektywnych  $ATE = 30^\circ\text{C}$  i  $ATE = 32^\circ\text{C}$ , jakie występują w przepisach niemieckich. Izolinie na rys. 2 i 4 wyznaczone są dla powietrza nieruchomego, natomiast na rys. 3 i 5 dla prędkości powietrza  $w = 1 \text{ m/s}$ .

Ważnym wskaźnikiem mikroklimatu w środowiskach gorących jest temperatura ślaska [3]. Można ją wyznaczyć ze wzoru:

$$T\acute{S} = 0,7 t_w + 0,3 t_s - (1,7 - \varphi) \varphi w, \quad (3.2)$$

gdzie:

$t_s$  – temperatura powietrza mierzona termometrem suchym,  $^\circ\text{C}$ ,

$t_w$  – temperatura powietrza mierzona termometrem wilgotnym,  $^\circ\text{C}$ ,

$\varphi$  – wilgotność względna powietrza,

$w$  – prędkość powietrza,  $\text{m/s}$ .

Przebieg izolinii temperatury ślaskiej dla wartości od  $30^\circ\text{C}$  do  $32^\circ\text{C}$  jest podobny do przebiegu izolinii efektywnej temperatury amerykańskiej. Pęki tych izolinii dla różnych prędkości powietrza łączą się na izolinii powietrza suchego, oznaczonej przez  $\varphi = 0$  (rys. 8). Z takiego przebiegu izolinii temperatury ślaskiej wynika, że temperaturę ślaską można zastosować z powodzeniem do górniczych przepisów klimatycznych.

Porównując izolinie temperatury ślaskiej z izoliniami temperatury zastępczej klimatu (rys. 6 i 7) widoczna jest duża różnica w ich przebiegach. Jest ona wyraźnie uwidoczniona w środowiskach suchych, zwłaszcza przy małej prędkości powietrza, jakie występują, na przykład w kopalniach soli. Zastosowanie temperatury ślaskiej w eksploatowanych złożach soli w kopalniach LGOM pozwoliłoby dopuścić pracę górników w znacznie wyższych temperaturach powietrza, aniżeli dopuszcza je stosowany w tych kopalniach wskaźnik temperatury zastępczej klimatu (rys. 6 i 7). Izolinie temperatury ślaskiej pokazano również na wykresach (rys. 2, 3, 4, 5) dla porównania ich przebiegu z przebiegami izolinii efektywnej temperatury amerykańskiej i temperatury zastępczej klimatu.

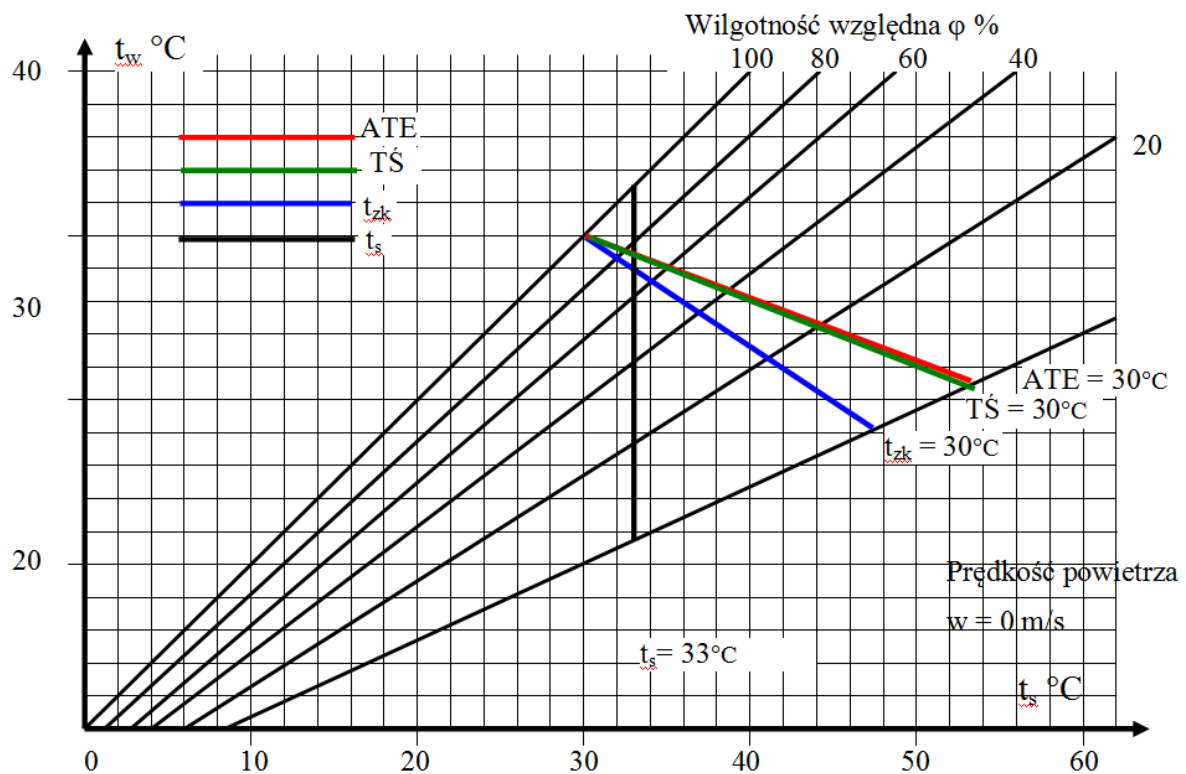
#### 4. Zakończenie i wnioski

Zmiany klimatu, jakie występują w kopalniach węgla i rudy miedzi, powstałe z powodu schodzenia z eksploatacją na duże głębokości, wymagają zmian w przepisach klimatycznych. Na podstawie analizy przebiegu izolinii wskaźników mikroklimatu, czyli temperatury efektywnej amerykańskiej, temperatury zastępczej klimatu i temperatury śląskiej, najlepszym parametrem w tym względzie jest temperatura śląska. Uwzględnia ona podstawowe parametry klimatu, wpływające na wymianę ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem i ponadto można ją obliczyć według prostego wzoru (wzór 3.2). Przebiegi izolinii temperatury śląskiej dla temperatur w przedziale 30°C – 32°C są zbliżone do przebiegu izolinii efektywnej temperatury amerykańskiej, która jest uwzględniona już od 1983 roku w niemieckich górniczych przepisach klimatycznych [11]. Wprowadzenie temperatury śląskiej do polskich przepisów klimatycznych miałyby zastosowanie uniwersalne zarówno dla kopalń węgla, rud, jak i soli. Jak wynika z przebiegu izolinii temperatury śląskiej i temperatury zastępczej klimatu, temperatura śląska dla kopalń soli pozwoliłaby prowadzić eksploatację w wyższych temperaturach powietrza niż temperatura zastępcza klimatu, od 3 do 4°C (rys. 2, 3, 4, 5, 6, 7).

Oddzielnym zagadnieniem jest sprawa interpretacji zagrożenia klimatycznego dla zdrowia i życia człowieka w kopalniach, czyli niebezpieczeństwa klimatycznego górników. Wskaźnikiem oceny niebezpieczeństwa klimatycznego górnika jest wskaźnik dyskomfortu cieplnego „ $\delta$ ”, ponieważ jest to wskaźnik klimatycznych warunków pracy człowieka, uwzględniający mikroklimat, wydatek energetyczny, ubiór i aklimatyzację. W każdym przodku górniczym należy więc określić stan klimatycznych warunków pracy, opierając się na wartościach wskaźników dyskomfortu cieplnego, dla pracy: ciężkiej, umiarkowanej i lekkiej, dla ludzi ubranych w normalną i lekką odzież roboczą lub nieubranych, dla ludzi zaaklimatyzowanych i niezaaklimatyzowanych. Według wartości tych parametrów można oceniać, czy praca w tych środowiskowych warunkach klimatycznych jest pracą bezpieczną czy niebezpieczną. Określenie bezpieczeństwa klimatycznego pracowników tylko według parametrów fizycznych powietrza, czyli temperatury, wilgotności powietrza lub wskaźników klimatu, nie jest prawidłowe, ponieważ nie uwzględnia się ważnych parametrów związanych z człowiekiem, czyli ciężkości i intensywności pracy (wydatku energetycznego pracownika), rodzaju ubioru (oporu cieplnego odzieży) i aklimatyzacji. Praca ludzi w środowiskach gorących jest pracą niebezpieczną wtedy, gdy wskaźnik dyskomfortu cieplnego „ $\delta$ ”,

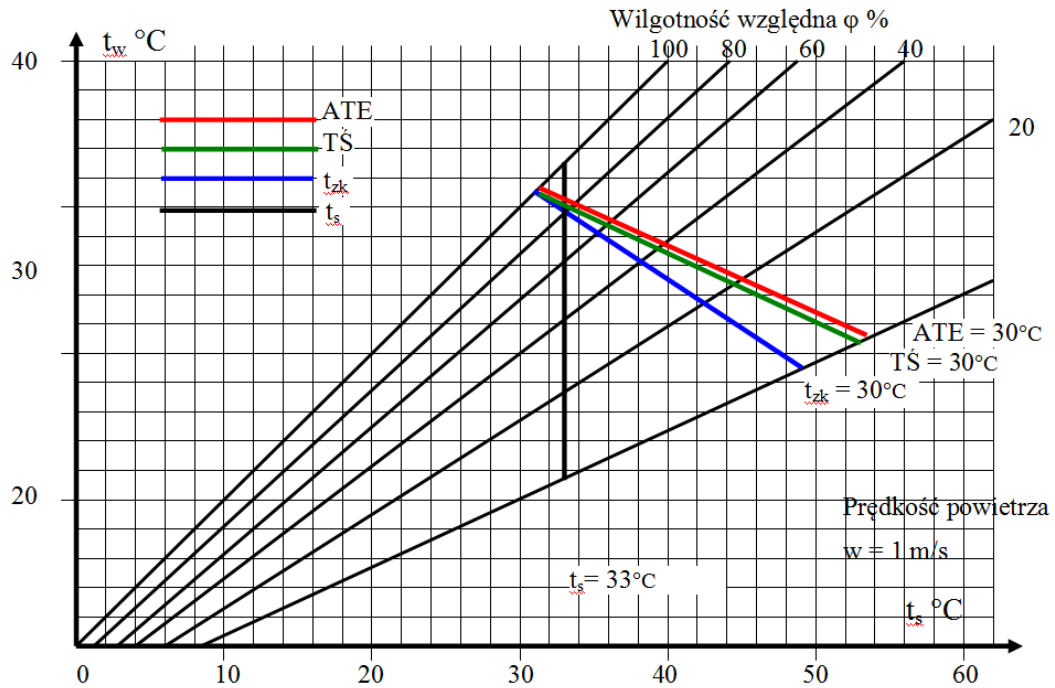
wyznaczony dla pracownika, w zależności od klimatu, jego wydatku energetycznego, rodzaju ubioru i aklimatyzacji, jest większy lub równy jedności ( $\delta > 1$ ).

Dla gorących, górniczych środowisk pracy można wyznaczyć stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego opierając się na wartościach podstawowych trzech wskaźników dyskomfortu cieplnego „ $\delta_C$ ;  $\delta_U$ ;  $\delta_L$ ”, zdefiniowanych w tym artykule. Wskaźniki te odnoszą się do ludzi zaaklimatyzowanych, nieubranych i wykonujących prace ciężką, umiarkowaną i lekką. Trzy stopnie niebezpieczeństwa klimatycznego górników (NK-I; NK-II; NK-III) charakteryzują środowiska o ekstremalnie trudnych klimatycznych warunkach pracy, w których górnik nie ma możliwości ochrony indywidualnej przed panującym w tych miejscach pracy klimatem. Klimat w środowiskach pracy, w których stwierdzono jeden ze stopni zagrożenia klimatycznego „NK”, powinien w pierwszej kolejności ulec poprawie przez zastosowanie metod wentylacyjnych lub klimatyzacji.



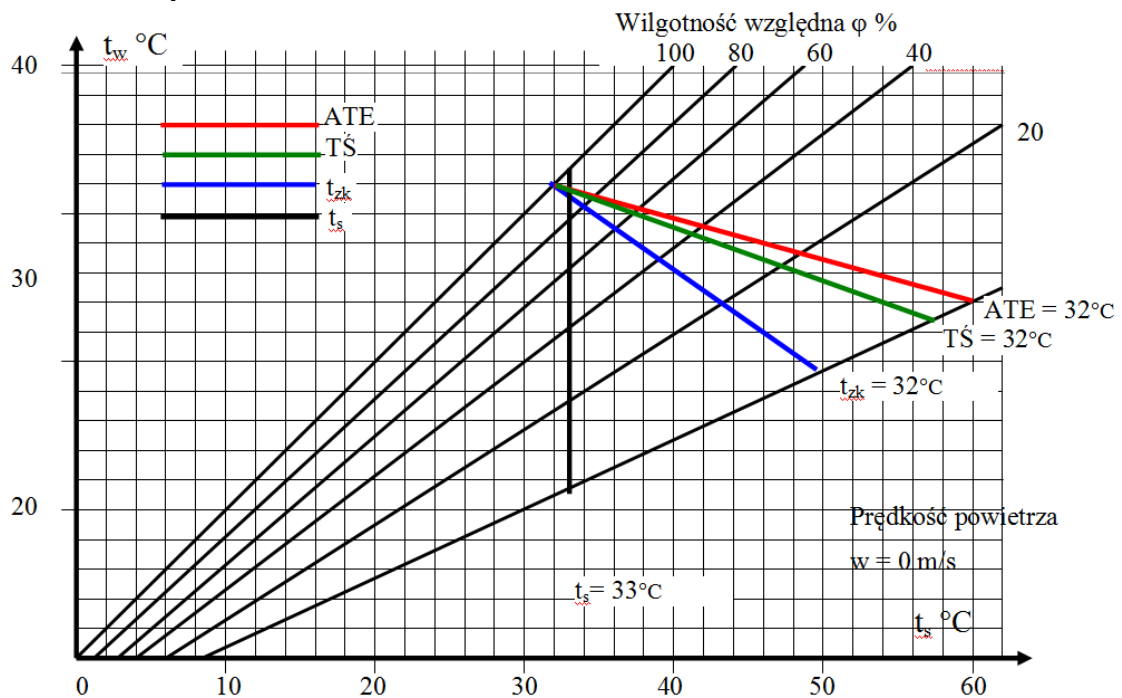
Rys. 2. Izolinie efektywnej temperatury amerykańskiej  $ATE = 30^{\circ}C$ , temperatury śląskiej  $t_s = 30^{\circ}C$ , temperatury zastępczej klimatu  $t_{zk} = 30^{\circ}C$  oraz temperatury termometru suchego  $t_s = 33^{\circ}C$  dla bezruchu powietrza  $w = 0$

Fig. 2. Isolines of effective American temperature  $ATE = 30^{\circ}C$ , silesian temperature  $t_s = 30^{\circ}C$ , replacement climate temperature  $t_{zk} = 30^{\circ}C$  and temperature per dry thermometer  $t_s = 33^{\circ}C$  for nil air velocity  $w = 0$



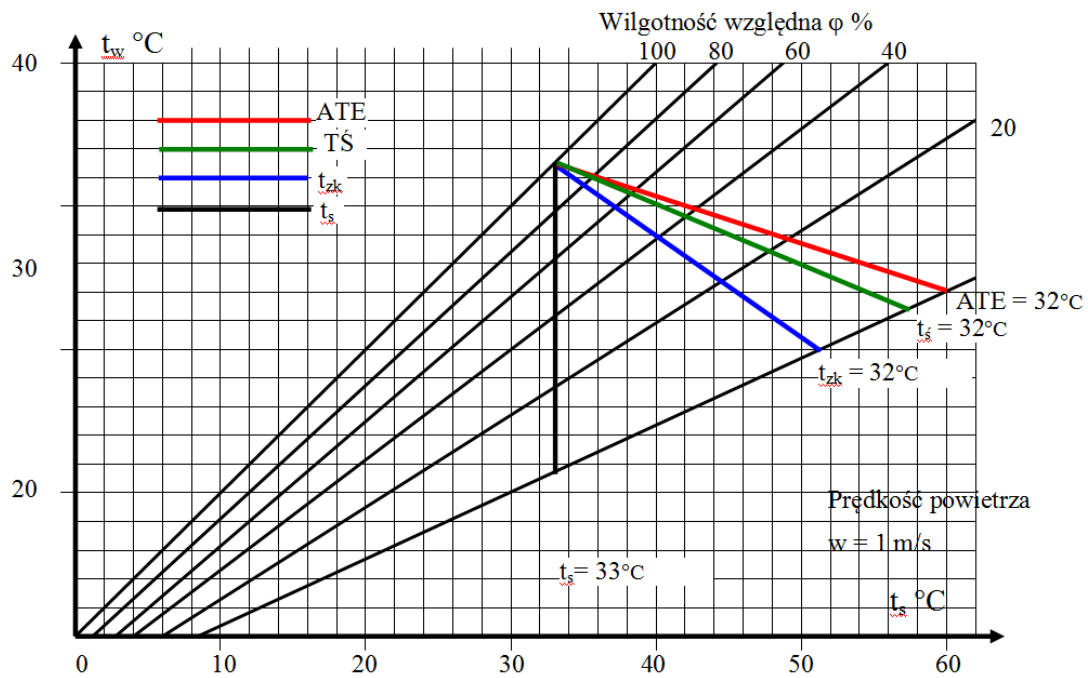
Rys. 3. Izolinie efektywnej temperatury amerykańskiej ATE = 30°C, temperatury śląskiej  $t_s$  = 30°C, temperatury zastępczej klimatu  $t_{zk}$  = 30°C oraz temperatury termometru suchego  $t_s$  = 33°C dla prędkości przepływu powietrza  $w = 1\text{ m/s}$

Fig. 3. Isolines of effective American temperature ATE = 32°C, silesian temperature  $t_s$  = 32°C, replacement climat temperature  $t_{zk}$  = 32°C and temperature per dry thermometer  $t_s$  = 33°C for air velocity  $w = 1\text{ m/s}$



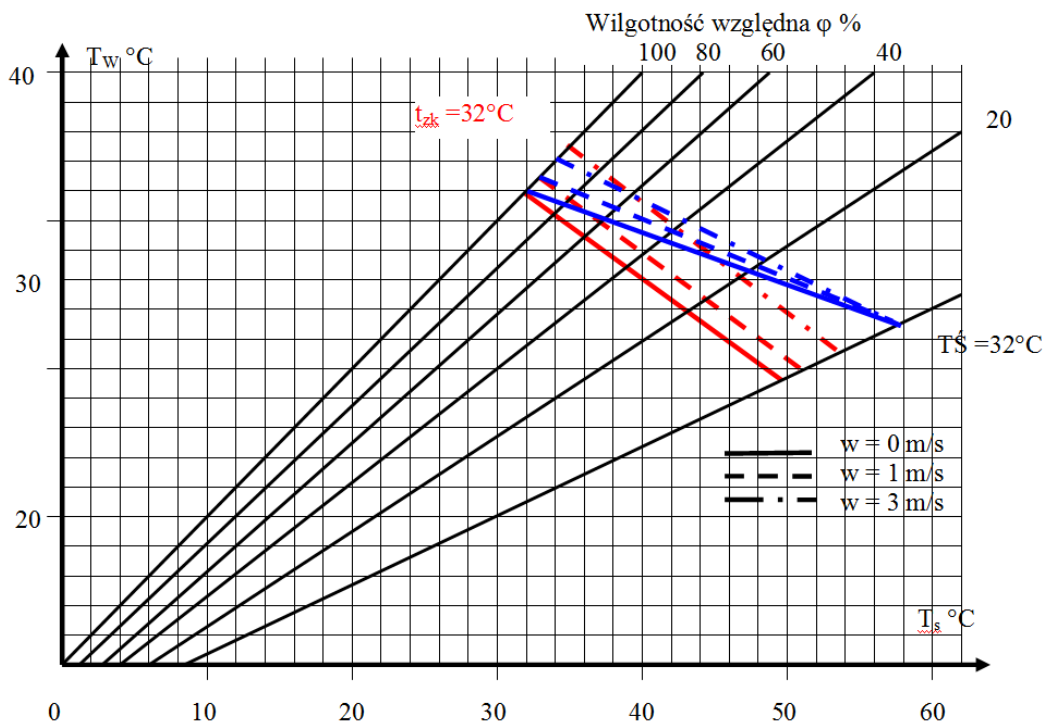
Rys. 4. Izolinie efektywnej temperatury amerykańskiej ATE = 32°C, temperatury śląskiej  $t_s$  = 32°C, temperatury zastępczej klimatu  $t_{zk}$  = 32°C oraz temperatury termometru suchego  $t_s$  = 33°C dla bezruchu powietrza  $w = 0$

Fig. 4. Isolines of effective American temperature ATE = 32°C, silesian temperature  $t_s$  = 32°C, replacement climat temperature  $t_{zk}$  = 32°C and temperature per dry thermometer  $t_s$  = 33°C for nil air velocity  $w = 0$



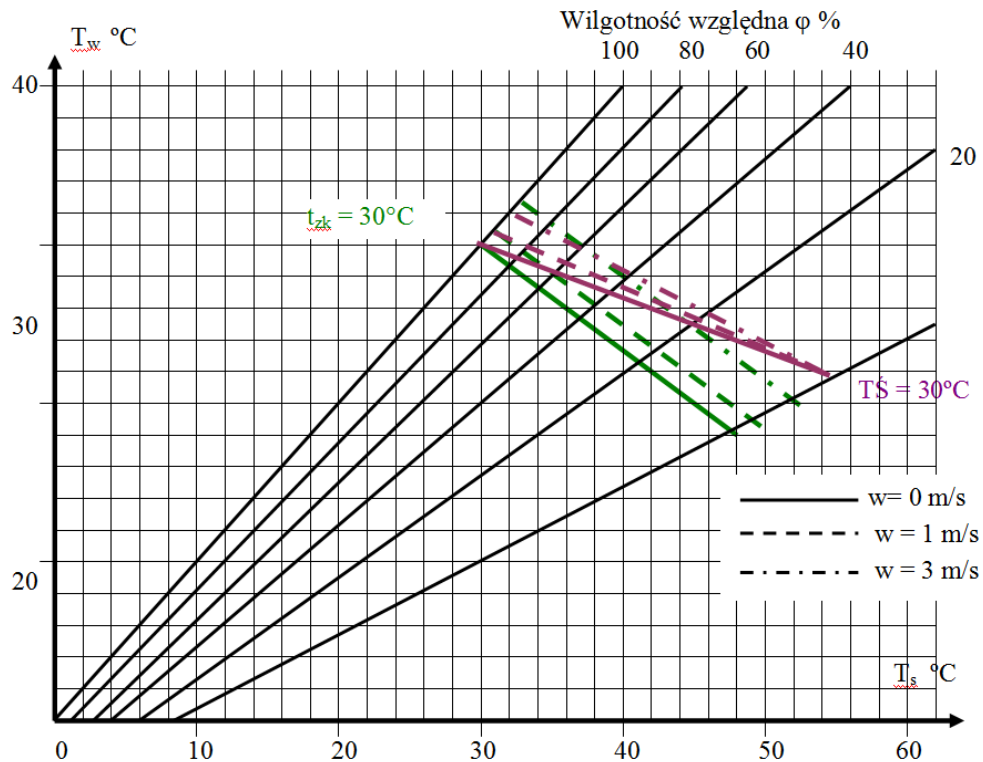
Rys. 5. Izolinie efektywnej temperatury amerykańskiej ATE = 32°C, temperatury śląskiej  $t_s$  = 32°C, temperatury zastępczej klimatu  $t_{zk}$  = 32°C oraz temperatury termometru suchego  $t_s$  = 33°C dla prędkości przepływu powietrza  $w$  = 1 m/s

Fig. 5. Isolines of effective American temperature ATE = 32°C, silesian temperature  $t_s$  = 32°C, replacement climat temperature  $t_{zk}$  = 32°C and temperature per dry thermometer  $t_s$  = 33°C for nil air velocity  $w$  = 0. for air velocity  $w$  = 1 m/s



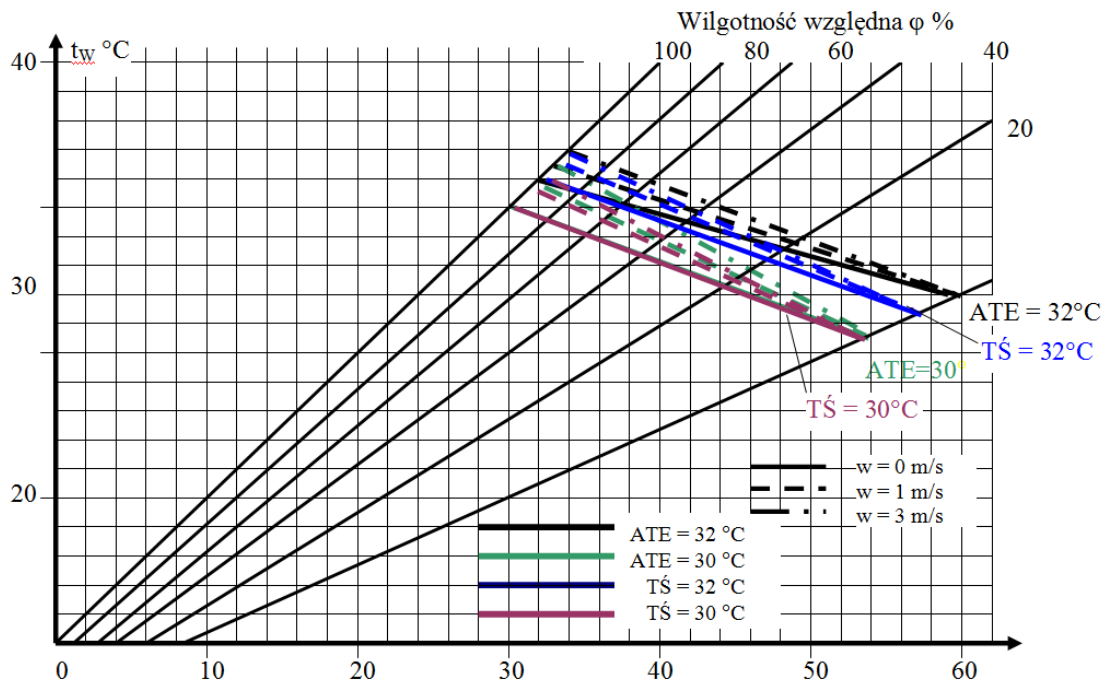
Rys. 6. Wykresy wskaźników klimatu  $T\acute{S}$  = 32°C i  $t_{zk}$  = 32°C dla różnych prędkość powietrza 0; 1; 3 m/s

Fig. 6. Climatic conditions indicators  $T\acute{S}$  = 32°C i  $t_{zk}$  = 32°C for air velocities 0; 1; 3 m/s



Rys. 7. Wykresy wskaźników klimatu  $T\dot{S}=30^\circ\text{C}$  i  $t_{zk}=30^\circ\text{C}$  dla różnych prędkości powietrza 0; 1; 3 m/s

Graph 7. Climatic conditions indicators  $T\dot{S}=30^\circ\text{C}$  i  $t_{zk}=30^\circ\text{C}$  for air velocities 0; 1; 3 m/s



Rys. 8. Wykresy wskaźników klimatu ATE i temperatury zastępczej śląskiej  $T\dot{S}$  dla różnych prędkości powietrza 0; 1; 3 m/s

Graph 8. Climatic conditions indicators ATE and replacement silesian  $T\dot{S}$  for air velocities 0; 1; 3 m/s

## BIBLIOGRAFIA

1. Drenda J.: Dyskomfort cieplny w środowiskach pracy kopalń głębokich. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 213, Gliwice 1993.
2. Drenda J.: Ocena bezpieczeństwa klimatycznego górników w gorących środowiskach kopalń głębokich. Prace Naukowe GIG „Górnictwo i Środowisko”, Kwartalnik nr II/2007, Wydanie Specjalne, Katowice 2007., s. 101-109.
3. Drenda J.: Temperatura zastępcza śląska „TŚ” jako wskaźnik mikroklimatu w środowiskach. Wyd. WUG, Katowice 2007.
4. Drenda J.: Wyznaczenie stopni i stref zagrożenia klimatycznego pracowników w przodkach kopalń głębinowych. Przegląd Górniczy nr 12, Katowice 2010.
5. Drenda J.: Indywidualna i stacjonarna kontrola i ocena warunków klimatycznych przez pracowników w różnych miejscach pracy w kopalni. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. IGSMiE PAN, AGH, Kraków 2010.
6. Drenda J.: Ocena bezpieczeństwa klimatycznego górników w gorących środowiskach kopalń głębokich w Polsce. Polski Kongres Górniczy. Sesja 6. Prace Naukowe GIG, Kwartalnik Górnictwo i Środowisko, nr II/2007, Katowice 2007.
7. PN-85/N-08011 (tłum. z ISO 7243-1982). Środowiska gorące. Wyznaczenie obciążeń termicznych działających na człowieka w środowisku pracy, oparte na wskaźniku WBGT.
8. PN-EN 27243: 2005 Środowiska gorące, Wyznaczenie obciążenia termicznego działającego na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT.
9. PN-G-03100 Warunki klimatyczne kopalń podziemnych. Wyznaczenie temperatury zastępczej klimatu. Marzec 1997.
10. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 139, z 2006 r. Nr 124 oraz z 2010 r. Nr 126).
11. Klima-Bergverordnung - KlimaBergV-1983.

**Abstract**

The analyze of the climate and climatic conditions of miners in a mine has been presented in the article. There are a nomogram and the calculation equations for microclimate indicators and their isolines, (e.g. ATE, the temperature of the climate ( $t_{zk}$ ) and Silesian Temperature ( $t_{\xi}$ )).

It has been proven that the microclimate index - Silesian Temperature ( $t_{\xi}$ ) - is the best parameter that should be taken into account in the mining standards and regulations for the assessment of microclimate in a mine.

Assessment of miners working conditions and climate hazard to their health and life are additional issues presented in the paper. Analysis of the climatic conditions are based on a parameter called thermal discomfort index "δ". This parameter includes: the severity of the climate in relation to given work (energy expenditure of a worker), clothing (clothing thermal resistance) and acclimatization (adaptation) of an employee.

Thermal discomfort index value determines the state of the worker comfort ( $\delta = 0$ ) and the state of the climate danger ( $\delta \geq 1$ ). Basing on the values of thermal discomfort index it is possible to define climate hazard level for working people in a given conditions.



There are three levels of climate hazard for miners in mine environment:

- The first level of hazard (NK-I),
- The second level of hazard (NK-II),
- The third level of hazard (NK-III).

The levels of hazard are based on three indicators of thermal discomfort index for:

- Adapted workers, working hard, non - clothed,  $\delta_C$ ;
- Adapted workers, working moderately, non – clothed,  $\delta_C$ ;
- Adapted workers, working lightly, non - clothed,  $\delta_L$ .

Estimated levels refer to extreme working environments in which an employee, who works at defined kind of work, being non - clothed and adapted, may be stressed too much or may have heat-stroke.