

Książka do podcastu z
wieloma ilustracjami



Sven Rentschler

Nieporozumienia w technice wentylacyjnej i oczyszczaniu powietrza



DORADZTWO+ PLANOWANIE

© cci Dialog GmbH, Karlsruhe

Wszelkie prawa zastrzeżone.

ISBN: 978-3-922420-74-3

Niniejsza książka wraz z całą jej zawartością jest chroniona prawem autorskim. Nie może być powielana w całości ani we fragmentach, w żadnej formie ani za pomocą żadnych środków, elektronicznych lub mechanicznych (poprzez fotokopiowanie, nagrywanie lub w inny sposób przy użyciu istniejących lub przyszłych systemów) bez uprzedniej pisemnej zgody wydawcy.

Wydawca i autor nie ponoszą odpowiedzialności za aktualność, poprawność, kompletność i jakość udostępnionych informacji. Nie można całkowicie wykluczyć błędów drukarskich i nieprawidłowych informacji.

Wydanie pierwsze 2023

Autor: Sven Rentschler, Rentschler REVEN GmbH, Ludwigstr. 16-18, 74372 Sersheim Zdjęcia,

źródła zdjęć: Rentschler REVEN GmbH

Układ graficzny, okładka, rysunki, ilustracje: Gabriele Wiedemann, digital-kunst.com

Redakcja: Eva Schwarz, technische-uebersetzungen-eva-schwarz.de

Druk: Esser bookSolutions GmbH, Getynga

Wydawca: cci Dialog GmbH, Poststr. 3, 76137 Karlsruhe

Pełny program własnych tytułów oraz ekskluzywny wybór książek specjalistycznych można znaleźć na stronie cci-dialog.de.

cci Buch jest znakiem towarowym firmy cci Dialog GmbH.

Opinie o podcaście

Reakcja podczas podcastu była tak duża, że niemal samoistnie powstała decyzja o wydaniu książki. Opinie, które mówią same za siebie:



„... podcast na temat przepływu powietrza wzbudził moją ciekawość i chęć dowiedzenia się więcej ...”

„... chciałbym pogratulować Państwu interesującego podcastu „Nieporozumienia w technice wentylacyjnej i oczyszczaniu powietrza” i podziękować za informacje...”

„... bardzo dziękuję za naprawdę interesujący podcast. Proszę o kontynuację na stronie lub .

Byłbym bardzo wdzięczny. Od ponad 20 lat jestem kierownikiem projektów w dziedzinie techniki wentylacyjnej i mogłem wynieść z tego wiele praktycznej wiedzy, która przyda mi się w kolejnych projektach. Byłbym bardzo zadowolony, gdyby mógł zbudować z Państwem kolejną kuchnię...”.

„... Chciałbym pogratulować podcastu. Tematyka jest bardzo zrozumiała nawet dla osób takich jak ja, które nie są tak dobrze zaznajomione z tą dziedziną ...”

„... jako uważny słuchacz Państwa podcastu chciałbym skorzystać z okazji i zamówić książkę specjalistyczną zapowiedzianą na 2023 rok. Mam nadzieję na kolejne odcinki poświęcone tematowi powietrza – naszego najcenniejszego surowca naturalnego ...”

Podziękowania

Chciałbym wyrazić szczególne podziękowania Gabriele Wiedemann i Evie Schwarz. Od wielu lat z powodzeniem współpracuję z obiema paniami. Ponad dziesięć lat temu w ramach tej współpracy powstał katalog produktów dla naszej firmy, REVEN GmbH, który dotyczył tych samych tematów, co niniejsza książka. W tym zespole zrealizowaliśmy również inne projekty, takie jak udana implementacja naszej strony internetowej. Doświadczenia zdobyte podczas realizacji tych projektów miały decydujący wpływ na powstanie tej książki.

Grafiki pani Wiedemann i poprawki tekstu pani Schwarz opierają się na wieloletnim wspólnym doświadczeniu i stanowią podstawę dla bezprecedensowego zrozumienia tematu. Współpraca nad tą książką była przyjemna i przebiegała bez komplikacji, a jej efektem jest dzieło, którego samodzielnie nie byłbym w stanie stworzyć w takiej jakości.

Szczególne podziękowania kieruję również do naszych wspólników z SCHAKO Group, którzy od samego początku wspierali pomysł napisania książki i dostrzegli w nim szansę na podkreślenie hasła naszej grupy „Pure competence in air”.

Dziękuję również moim kolegom, Holgerowi Reulowi, Saszy Kessowi i Vitali Lai, za wszystkie inspirujące rozmowy na temat techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza, które odbyliśmy w ostatnich latach i które były dla mnie ogromną inspiracją do napisania tej książki.

Będzie mi miło, jeśli będziemy mogli dalej dyskutować i pogłębiać tematy i przemyślenia zawarte w tej książce. Można się ze mną skontaktować przez LinkedIn. Czekam na wymianę poglądów.

Przedmowa

Wraz z nadejściem pandemii w 2020 roku prawidłowa wentylacja stała się jednym z najważniejszych tematów w Niemczech. W całym kraju toczyły się dyskusje na temat zdrowego powietrza w pomieszczeniach. Gorąco debatowano nad tym, jak należy prawidłowo wentylować sale lekcyjne. Często ze zdziwieniem stwierdzano, że bardzo wiele pomieszczeń biurowych nie ma w budynku instalacji wentylacyjnej zapewniającej dopływ świeżego powietrza. Wśród producentów kompaktowych oczyszczaczy powietrza nagle zapanowała atmosfera gorączki złota. W całym kraju toczyły się kontrowersyjne dyskusje na temat sposobów pomiaru i oceny zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach. Powstały nawet kampanie propagujące czyste powietrze jako najważniejszy składnik pożywienia.

Skąd wzięło się to ogromne zaangażowanie, tak nagłe i tak gwałtowne? Wiele z tych argumentów i pytań towarzyszy mi przez całe życie zawodowe. W 1995 roku dołączyłem do naszej firmy, REVEN GmbH.

REVEN to skrót od REntschler VENTilation. Wentylacja to proces, którym firma REVEN GmbH zajmuje się od pokoleń i którym ja sam zajmuję się od dziesięcioleci, najpierw jako kierownik techniczny, a obecnie jako dyrektor zarządzający. Oczyszczacze powietrza i produkty wentylacyjne firmy REVEN GmbH są stosowane w pomieszczeniach użytkowych w celu zapewnienia czystego powietrza. Są to na przykład hale produkcyjne w przemyśle spożywczym, zakłady budowy maszyn oraz duże kuchnie i stołówki. Wszystkie te pomieszczenia produkcyjne mają jedną wspólną cechę: powietrze w pomieszczeniach lub halach jest często bardzo zanieczyszczone. Pomiar i analiza stopnia zanieczyszczenia w takich obszarach oraz filtrowanie i oczyszczanie powietrza – to zadania, którymi zajmujemy się w firmie REVEN GmbH od dziesięcioleci.

Od początku kryzysu związanego z koronawirusem w 2020 roku zadania związane z oczyszczaniem powietrza nagle stały się istotne nie tylko dla przemysłu, ale dla całego społeczeństwa.

Niemcy. Podczas częściowo bardzo burzliwych dyskusji zauważyłem, że zadania w sektorze komercyjnym i prywatnym stają się coraz bardziej podobne. Jednak nagły gwałtowny wzrost popytu sprawił, że niektórzy producenci nie przywiązywali już tak dużej wagi do danych dotyczących wydajności oczyszczaczy powietrza w pomieszczeniach. Wiele twierdzono, a jeszcze więcej obiecano. Skuteczność wentylacji, wydajność filtrów i efektywność wielu rozwiązań są trudne do zrozumienia, zwłaszcza dla laików, co prowadziło do nieporozumień w debacie. Nieporozumienia te, na przykład dotyczące czystego powietrza i odpowiedniego oczyszczania powietrza w salach lekcyjnych, są podobne do nieporozumień, które od wielu dziesięcioleci utrwaliły się w przemyśle jako półprawdy.

Niniejsza książka ma na celu przedstawienie przeglądu nieporozumień i półprawd dotyczących wentylacji oraz wyjaśnienie, skąd biorą się te nieporozumienia zarówno w sektorze prywatnym, jak i przemysłowym.

Nie będę omawiać poszczególnych tematów w sposób zbyt naukowy, ale raczej na podstawie doświadczeń, które zdobyłem od 1995 roku w ramach mojej działalności zawodowej i praktyki w firmie REVEN GmbH. Już podczas studiów na kierunku inżynieria mechaniczna na Uniwersytecie w Stuttgarcie zapoznałem się z ważnymi zadaniami skutecznego zarządzania technologią i innowacjami. Zdobyłem cenne doświadczenie w zakresie innowacyjnego rozwoju produktów oraz wymiany wiedzy między nauką a praktyką.

Za pomocą tej książki chciałbym dalej wspierać tę wymianę i pogłębiać ją w dziedzinie techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza, aby wyjaśnić niektóre nieporozumienia.

*„W naszym zanieczyszczonym środowisku
powietrze powoli staje się widoczne”.*

(Norman Kingsley Mailer (1923—2007), amerykański pisarz)

Spis treści

Podziękowania	3
Przedmowa	4
1. Jak można coś odessać?	9
1.1. Nieporozumienia dotyczące pomiarów zanieczyszczenia powietrza	12
1.2. Dmuchanie może pomóc w wykrywaniu i odsysaniu!	22
2. Jak można coś przefiltrować?	27
2.1. Nieporozumienie dotyczące różnicy między filtrowaniem a separacją	29
2.2. Tornada mogą pomóc w oczyszczaniu powietrza!	35
3. Jak można usunąć opary i zapachy?	47
3.1. Nieporozumienie dotyczące różnicy między oparami a aerozolami	50
3.2. Urządzenia pomiarowe FID mogą pomóc w analizie zanieczyszczenia powietrza!	57
4. Jak można zneutralizować wirusy i zapachy?	65
4.1. Nieporozumienie dotyczące promieniowania UV-C	68
4.2. Czy promieniowanie UV-C może eliminować aerozole?	77
5. Jak można uwidocznić przepływ powietrza?	87

5.1. Nieporozumienie spowodowane kolorowymi obrazkami przedstawiającymi przepływy powietrza	90
5.2. Symulacje CFD uwidaczniają przepływy powietrza!	95
6. Jak można mierzyć zanieczyszczenie powietrza?.....	105
6.1. Nieporozumienie dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniach.....	114
6.2. Pomiary cząstek stałych uwidaczniają zanieczyszczenie powietrza!	126
Podsumowanie	132

1. Jak można coś odessać?

?



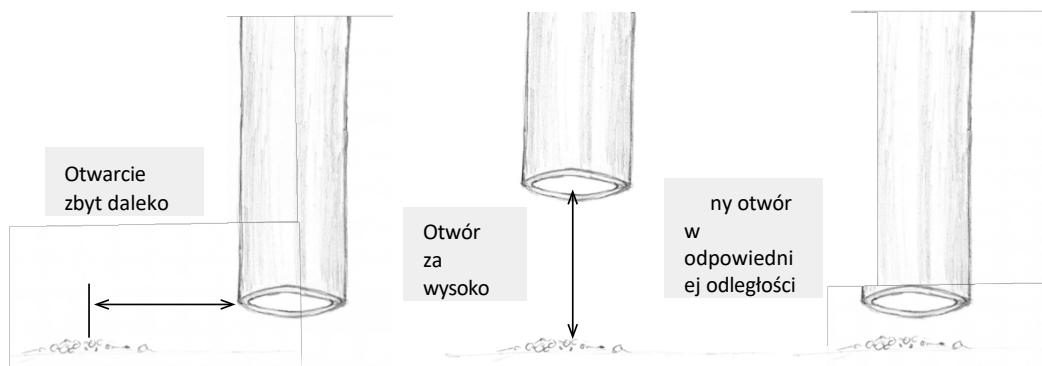
Jak można coś po prostu odessać? W zasadzie to proste pytanie, na które każdy pracownik działu wentylacji miałby gotową odpowiedź! Ale czy skuteczne odsysanie jest naprawdę tak proste i banalne, jak mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka?

Przykład praktyczny: odkurzacz

Oto prosty przykład, który wszyscy znamy: odkurzanie – niezależnie od tego, czy w ukochanym samochodzie, czy w salonie w domu. Kiedy odkurzamy, chcemy usunąć zabrudzenia, takie jak okruchy chleba z dywanu. Im bliżej ssaka od okruchów na dywanie, tym łatwiej i szybciej są one odsysane. Najlepszy efekt osiągamy, trzymając ssawkę odkurzacza bezpośrednio nad zabrudzeniem. Zanim się zorientujemy, okruchy znikają w odkurzaczu.

Oto odpowiedź na pytanie, jak dobrze odkurzyć coś! Trzeba to złapać w stu procentach. Tylko wtedy można to całkowicie odkurzyć. W naszym przykładzie musieliśmy trzymać końcówkę odkurzacza bezpośrednio nad okruchami chleba na dywanie, aby dobrze i całkowicie je odkurzyć.

Prawidłowa pozycja ssania



Ilustracja 1

Ta podstawowa zasada musi być stosowana w technice wentylacyjnej wszędzie tam, gdzie zużyte i zanieczyszczone powietrze musi być całkowicie odsysane – w salach lekcyjnych, gdzie należy usuwać powietrze zanieczyszczone wirusami, w halach spawalniczych, gdzie należy wychwytywać dym spawalniczy, w kuchniach, gdzie należy odsysać opary gotowania, oraz w budowie maszyn, gdzie należy wychwytywać odparowane czynniki chłodzące i smary z nowoczesnych obrabiarek. We wszystkich tych przykładach opary, gazy, powietrze zanieczyszczone wirusami i aerozole muszą być wychwytywane i odsysane w różnych postaciach. Należy przy tym zwrócić szczególną uwagę na kolejność:

Najpierw wychwycić, potem odessać!

1.1. Nieporozumienia dotyczące wychwytywania zanieczyszczeń powietrza

Jak dowiedzieliśmy się na początku naszego przykładu, okruchy chleba na dywanie można szybko i łatwo odkurzyć tylko wtedy, gdy trzymamy ssawkę bezpośrednio nad okruchami! To samo dotyczy techniki wentylacyjnej w kuchniach. Ważne jest, aby podczas odkurzania zachować odpowiednią odległość. Nie ma znaczenia, czy mówimy o dużej instalacji wentylacyjnej w stołówce zakładowej, czy o naszej domowej kuchni. Również nasza designerska okap kuchenny w domu podlega tej samej zasadzie opisanej poniżej, dotyczącej wychwytywania i odsysania oparów kuchennych.

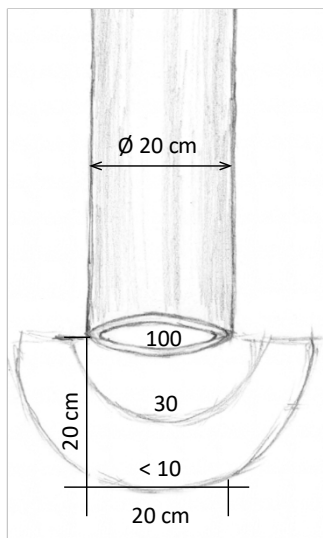
Nieporozumienie

Stosunek mocy ssania do odległości rury ssącej

Wydajność ssania bezpośrednio przy otworze urządzenia odsysającego wynosi sto procent. Dotyczy to również dyszy naszego odkurzacza! Również w tym przypadku najwyższa wydajność ssania występuje bezpośrednio przy otworze dyszy. Im dalej oddalamy się od otworu dyszy, tym mniejsza jest wydajność ssania.

Bardzo często nie docenia się stopnia spadku siły ssania. W przypadku rury ssącej o średnicy dwudziestu centymetrów w odległości dwudziestu centymetrów od otworu osiągnięta jest tylko 10% pierwotnej mocy ssania.

Siła ssania w stosunku do odległości



100 % Wydajność ssania bezpośrednio przy wlocie rury

Wydajność ssania znacznie spada wraz ze wzrostem odległości od wlotu rury ssącej.

Wydajność ssania wynosi tylko ok. 10%, jeśli odległość rury ssącej odpowiada średnicy rury (tutaj 20 cm).

Ilustracja 2

Jeśli więc odległość rury ssącej od zanieczyszczenia jest taka sama jak średnica rury, wydajność ssania wynosi tylko około 10%.

Zasada ta dotyczy każdego rodzaju urządzeń ssących, niezależnie od tego, czy jest to odkurzacz lub okap kuchenny w domu, instalacja wentylacyjna w zakładzie spawalniczym czy duża wentylacja sufitowa w stołówce zakładowej. Jeśli odległość między urządzeniem odsysającym a miejscem, w którym należy wychwycić uwalniane zanieczyszczenia, jest zbyt duża, wydajność ssania wynosi zero. W większości przypadków dzieje się tak już przy odległościach od trzydziestu do pięćdziesięciu centymetrów!

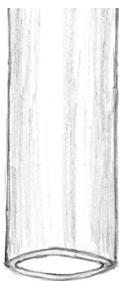
Nieporozumienie

Wyższa wydajność dzięki płytom dyszowym o zoptymalizowanym przepływie

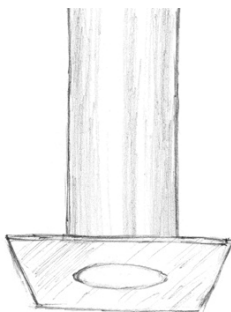
Również w odniesieniu do wydajności często dochodzi do nieporozumień. W wielu przypadkach panuje przekonanie, że tak zwane płyty dyszowe zoptymalizowane pod kątem przepływu przyczyniają się do bardziej efektywnego wykorzystania siły ssania. W tym przypadku wokół rury ssącej montowana jest dodatkowa płyta. Rura znajduje się pośrodku otworu w płycie, a przejście od płyty do rury ssącej ma kształt dyszy wlotowej o promieniu. Dysza wlotowa ma za zadanie zoptymalizować przepływ powietrza w obszarze ssania, zapewniając w ten sposób bardziej wydajne odsysanie. Jednak porównując rurę ssącą z płytą dyszową zoptymalizowaną pod kątem przepływu z tradycyjną rurą ssącą z płytą bez dyszy wlotowej, można stwierdzić jedynie niewielkie korzyści.

Płyty dyszowe

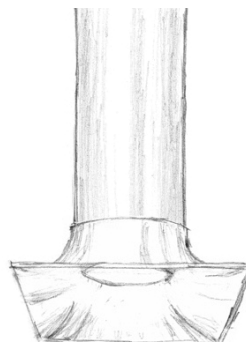
Płyty dyszowe są przydatne do „kierowania” przepływu powietrza, ale mają jedynie niewielki wpływ na wydajność ssania.



Rura ssąca bez
płyty dyszowej



Rura ssąca z płytą
przyflansowaną



Rura ssąca z
płytą dyszową

Ilustracja 3

Eksperyment – gaszenie płomienia świecy poprzez zasysanie powietrza

Aby to zilustrować, posłużmy się przykładem świecy. Czy kiedykolwiek próbowali Państwo zgasić świecę poprzez zasysanie powietrza? Muszę Państwa ostrzec: lepiej tego nie próbować! W ramach wykładów na ten temat regularnie przeprowadzam ten eksperyment przed publicznością i za każdym razem prawie poparzam sobie usta, ponieważ muszę zbliżyć miejsce ssania, czyli usta, bardzo blisko świecy, aby w ogóle uzyskać efekt na płomieniu. Gaszenie płomienia poprzez ssanie jednak zazwyczaj nie działa!

Ten prosty przykład pokazuje, jak ograniczone jest działanie ssania i jak ważna jest bliskość miejsca ssania, gdy chcemy coś uchwycić i odessać.

Nieporozumienie

Odległość od otworu wlotowego oczyszczacza powietrza nie jest tak ważna

Z powodu tego błędnego przekonania często popełniane są błędy w praktyce: w oczyszczaczach powietrza w szkołach, urządzeniach wentylacyjnych w spawalniach, okapach kuchennych nad urządzeniami do gotowania i separatorach aerozoli w obrabiarkach otwory wlotowe są często zbyt daleko od miejsca emisji.

Za pomocą odkurzacza możemy szybko rozwiązać ten problem, kierując ssawkę w stronę zabrudzenia. Niestety nie jest to możliwe w przypadku stałych okapów kuchennych. W tym przypadku opary z gotowania muszą dostać się do obszaru ssania okapu, w przeciwnym razie po prostu nie zostaną wychwycone i nie będą mogły zostać odessane.

Symulacja CFD

Wykrywanie i odsysanie strumieni powietrza oraz zawartych w nich zanieczyszczeń można szczegółowo symulować, wizualizować i analizować za pomocą odpowiednich rozwiązań programowych. W tym celu stosuje się numeryczną symulację przepływu, zwaną również symulacją CFD. CFD to skrót od Computational Fluid Dynamics (komputerowa dynamika płynów). Za pomocą tej metody symulacyjnej można uwidocznąć najróżniejsze przepływy powietrza i ocenić skuteczność odsysania.

Nasze doświadczenia wewnętrzne

W naszej firmie zbadaliśmy między innymi skuteczność wychwytywania i odsysania tradycyjnych okapów kuchennych. Pierwsze symulacje numeryczne przepływów przeprowadziliśmy w naszej firmie już w 1996 roku. Analiza tych dość prostych wówczas symulacji i obliczenie wyników często zajmowało kilka dni.

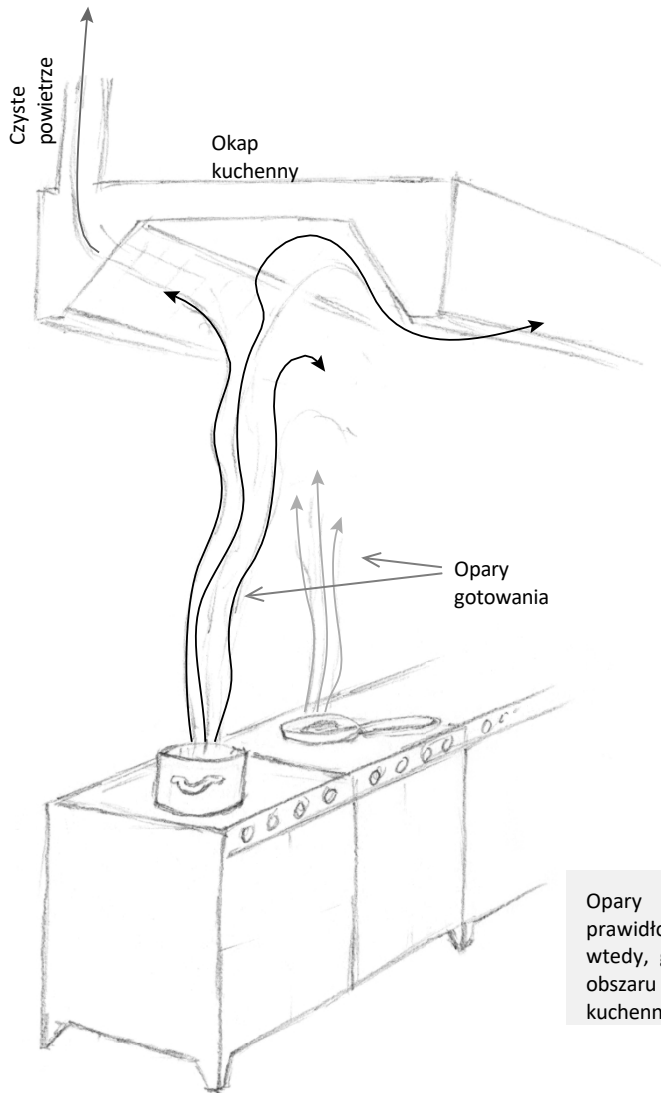
Od tego czasu technologia ta szybko się rozwinęła i obecnie wyniki są dostępne w ułamku sekundy. Są one znacznie dokładniejsze i bardziej miarodajne, nawet w przypadku bardzo złożonych elementów, takich jak wentylatory.

Dzięki temu można obecnie analizować i wizualizować przepływy powietrza nie tylko dla poszczególnych elementów, ale dla całych pomieszczeń!

Znaczenie dla wentylacji kuchni

Analiza ta ma znaczenie przede wszystkim dla urządzeń wyciągowych, które znajdują się daleko od źródła emisji, takich jak okapy kuchenne zainstalowane w dużej odległości od powierzchni gotowania. Okap kuchenny może wychwycić tylko opary gotowania, które trafiają bezpośrednio do jego obszaru wychwytywania. Co to oznacza w praktyce? Opary z garnków podczas unoszenia się muszą przepływać bezpośrednio do obszaru zasysania i filtrowania okapu kuchennego.

Wentylacja kuchenna



Opary z gotowania są prawidłowo odsysane tylko wtedy, gdy przedostają się do obszaru działania okapu kuchennego.

Ilustracja 4

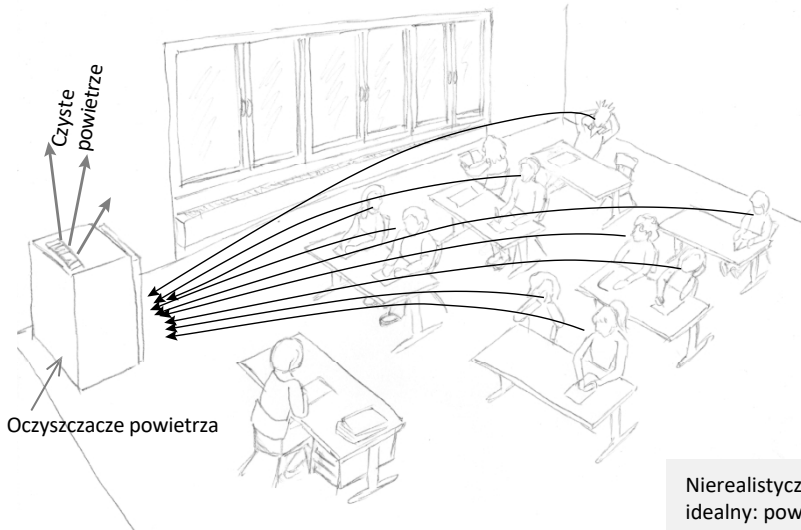
Znaczenie dla oczyszczania powietrza w salach lekcyjnych

Jeśli powietrze w sali lekcyjnej ma być stale oczyszczane z wirusów podczas zajęć, musi ono swobodnie przepływać w kierunku oczyszczaczy powietrza ustawionych w pomieszczeniu, aby mogło zostać tam wychwycone i oczyszczone. Często wystarczy uchylone okno, aby zmienić kierunek przepływu powietrza w taki sposób, że jest ono niewystarczająco wychwytywane i oczyszczane.

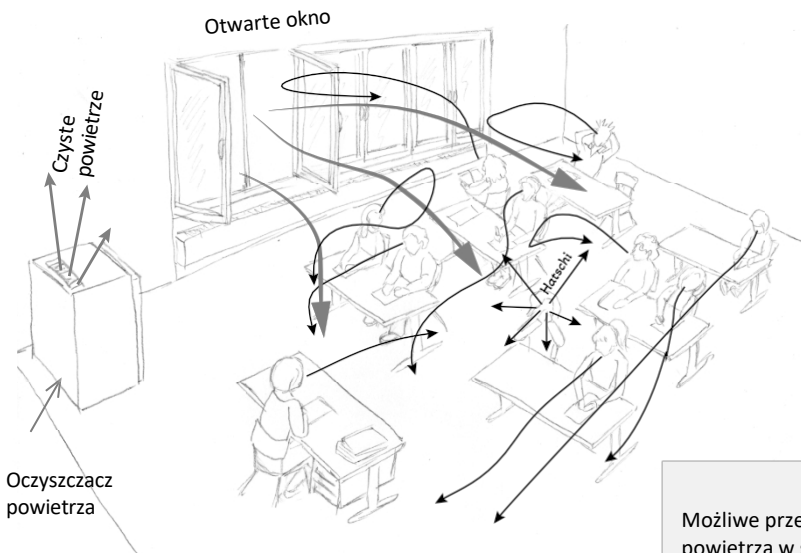
Źle zaprojektowany system nawiewu świeżego powietrza może mieć równie niekorzystny wpływ na odsysanie jak uchylone okno, przez które wieje wiatr. Dzięki nowoczesnym systemom CFD można zbadać, rozpoznać i wyeliminować te wzajemne oddziaływania. Tylko w ten sposób można naprawdę osiągnąć całkowite wychwytywanie.

Badania CFD przeprowadzone na naszych własnych oczyszczaczach powietrza i okapach kuchennych również potwierdziły wcześniej wyjaśnioną prawidłowość: im dalej punkty zasysania okapów kuchennych znajdują się od garnków, tym mniej prawdopodobne jest, że opary z gotowania zostaną całkowicie wychwycone i odessane. Podobną zależność zaobserwowano w przypadku oczyszczaczy powietrza w salach szkolnych: im dalej były one ustawione od miejsca wydzielania wirusów, tym mniej prawdopodobne było wychwycenie i odessanie powietrza zanieczyszczonego wirusami.

Wentylacja w szkole



Nierealistyczny przypadek idealny: powietrze wdychane przepływa do przodu w kierunku oczyszczacza powietrza

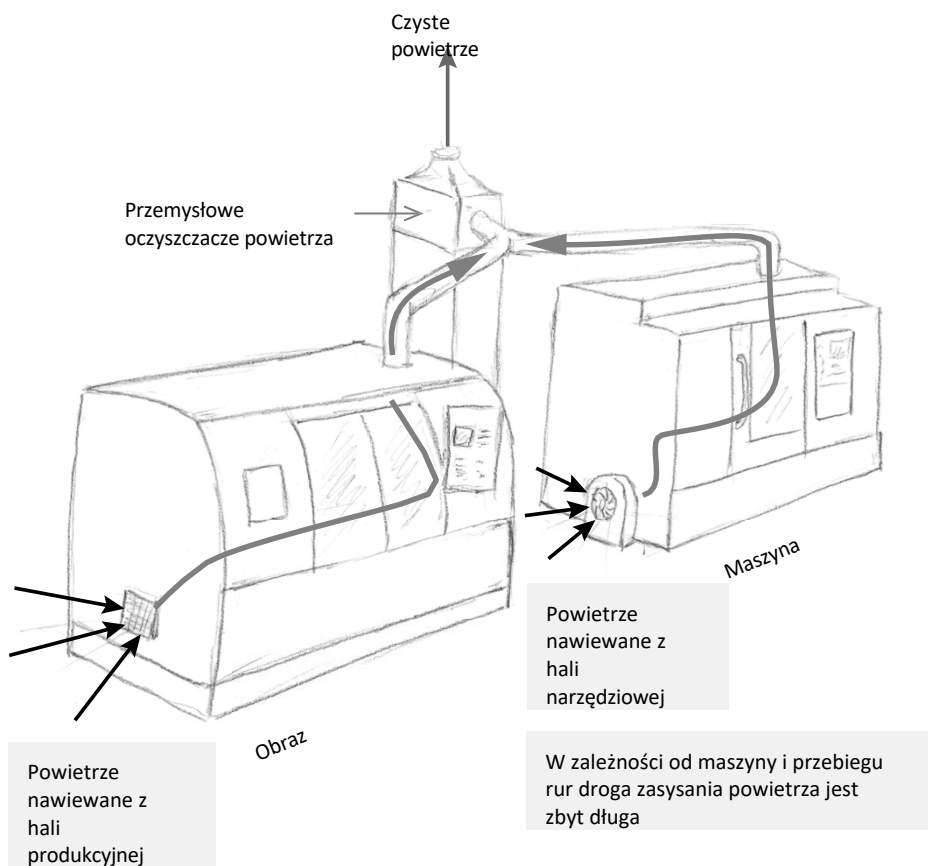


Możliwe przepływy powietrza w sali lekcyjnej (np. przy otwartym oknie)

Znaczenie dla odsysania w budowie maszyn

Dokładnie tę samą obserwację poczyniliśmy podczas symulacji złożonych warunków przepływu w instalacjach odciągowych nowoczesnych obrabiarek. Również w tym przypadku odciąganie powietrza zanieczyszczonego aerozolami chłodziwa i smaru jest bardzo często niezwykle nieefektywne, ponieważ miejsce zasysania powietrza przez oczyszczacze powietrza znajduje się zbyt daleko od miejsca rzeczywistej obróbki detalu, gdzie powstają aerozole.

Przemysłowe oczyszczacze powietrza



Ilustracja 6

Nieporozumienie

W pewnym momencie zanieczyszczenia przedostają się do punktu odciągania.

W technice wentylacyjnej i oczyszczania powietrza często spotykamy się z błędnym założeniem, że powietrze zanieczyszczone substancjami szkodliwymi, wirusami lub aerozolami prędkiej czy później przedostanie się do obszaru, w którym może zostać wychwycone i odessane. W wielu przypadkach jednak tak się nie dzieje. Niewychwycone aerozole i inne zanieczyszczenia powodują wówczas znaczne zanieczyszczenie powietrza w otoczeniu.

1.2. W przypadku wychwytywania i odciągania pomocne może być wydmuchiwanie!

Co jednak zrobić, jeśli nie ma możliwości zbliżenia obszaru odsysania do źródła emisji zanieczyszczeń? W takim przypadku można zastosować podobne rozwiązanie jak w przypadku gaszenia płomienia świecy:

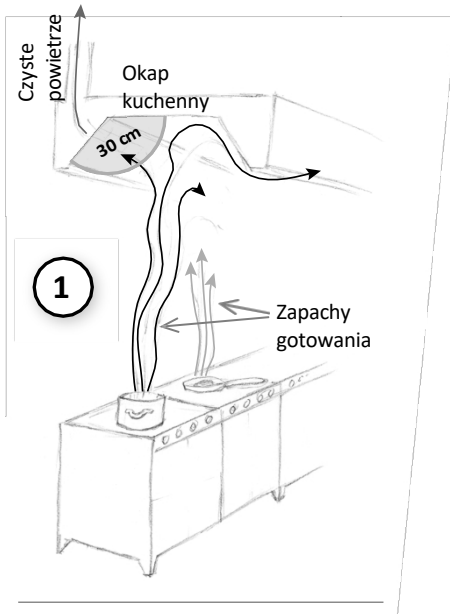
dmuchać zamiast zasysać!

W odniesieniu do techniki wentylacyjnej oznacza to, że powietrze, które ma zostać wychwycone, wraz z zawartymi w nim wirusami lub aerozolami i innymi zanieczyszczeniami, musi zostać jak najszybciej doprowadzone poprzez wspomagające nadmuchiwanie do miejsca, w którym siła ssania oczyszczaczy powietrza, okapów kuchennych lub urządzeń wentylacyjnych jest największa, tj. bezpośrednio do obszaru ich otworów wlotowych (–).

Przepływ powietrza w kuchniach gastronomicznych

Aby to osiągnąć, firma REVEN GmbH opracowała nowoczesne okapy kuchenne z wbudowanym systemem indukcyjnym. Prąd indukcyjny niezawodnie zapewnia, że opary powstające podczas gotowania są bezpośrednio i bardzo szybko kierowane do obszaru filtra i ssania, gdzie są wychwytywane i odsysane.

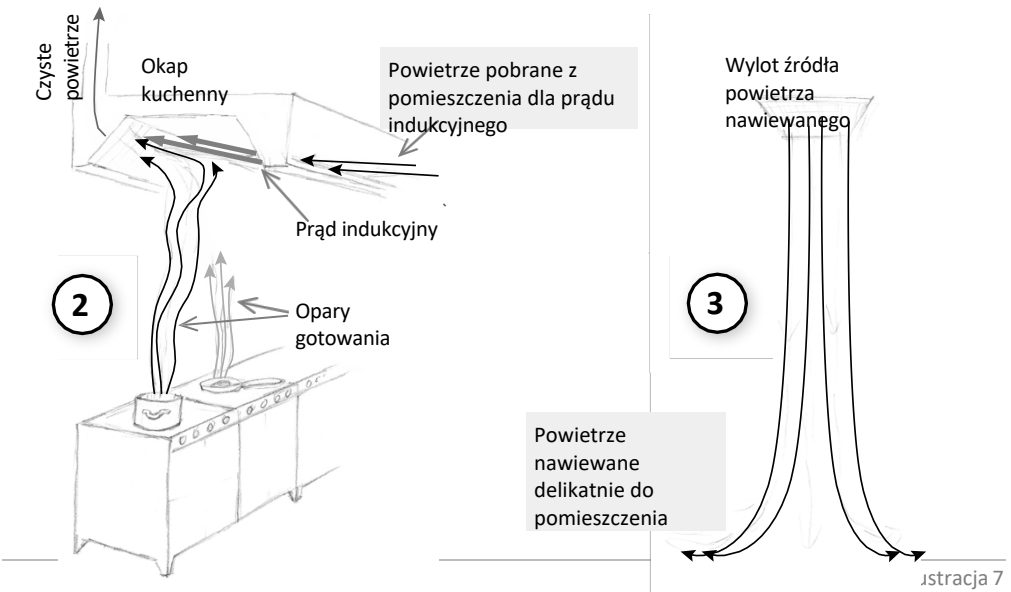
Wentylacja kuchni



1. Opary gotowania mogą być zasysane (wychwytywane) tylko w promieniu 30 cm przed separatorem. Poza tym obszarem opary gotowania mogą przedostawać się do powietrza w pomieszczeniu.

2. Prąd indukcyjny kieruje opary w stronę separatora. W ten sposób wychwytywane są **wszystkie** opary.

3. Powietrze nawiewane o odpowiedniej temperaturze jest wprowadzane bez zakłóceń i wspomaga wychwytywanie oparów gotowania.



Dodatkowe świeże powietrze

Wychwytywanie przez nowoczesne okapy kuchenne tego typu można dodatkowo wspomóc poprzez zoptymalizowane wdmuchiwanie świeżego powietrza.

W tym przypadku świeże powietrze jest wprowadzane do pomieszczenia przy pomocy przepływu wyporowego, który nie powoduje silnych impulsów. W ten sposób zapewniamy, że prędkość świeżego powietrza podczas wdmuchiwania jest bardzo niska i nie zakłóca innych przepływów powietrza w pomieszczeniu. Scenariusz ten można również przeanalizować i zwizualizować za pomocą systemów CFD.

Przepływ powietrza w maszynach narzędziowych

Tę samą zasadę można zastosować również w przypadku obrabiarek. W tym przypadku w kabinie maszyny wytwarzany jest strumień powietrza, który przepływa w kierunku oczyszczacza powietrza i zapewnia skuteczne wychwytywanie i odsysanie aerozoli chłodzących i smarujących. Optymalizacja odsysania w kabinach maszyn często zaczyna się od prostego pytania: Jeśli odsysamy tysiąc metrów sześciennych powietrza na godzinę z górnej części maszyny narzędziowej, to gdzie może ono napłynąć do kabiny? Jeśli nie ma możliwości zapewnienia dopływu powietrza, w kabinie powstaje bardzo wysokie podciśnienie, ale nie ma ukierunkowanego przepływu powietrza w kierunku obszaru wychwytywania oczyszczacza powietrza.

Przykład praktyczny: podciśnienie

Po zainstalowaniu oczyszczaczy powietrza na bardzo dobrze zamkniętych szlifierkach kilkakrotnie wystąpił problem, że nie można było otworzyć drzwi obsługowe maszyny narzędziowej, ponieważ podciśnienie w kabinie było zbyt wysokie!

2. Jak można coś filtrować?



Jak można coś przefiltrować? Zasadniczo jest to pytanie równie proste, jak to dotyczące skutecznej wentylacji, które wyjaśniliśmy wcześniej. Jak można się domyślić, odpowiedź nie jest tak prosta.

Skuteczność wielu procesów w technice wentylacyjnej i oczyszczaniu powietrza opiera się na wydajnym wychwytywaniu i odsysaniu, a także oczyszczaniu powietrza z substancji szkodliwych. Jeśli na przykład w sali lekcyjnej powietrze zanieczyszczone wirusami nie zostanie całkowicie wychwycone i odessane, nie można go również skutecznie oczyścić z wirusów. Zasadniczo dotyczy to również dużej spawalni w zakładzie budowy maszyn. Uwalniane opary spawalnicze zawierają substancje szkodliwe i muszą być całkowicie wychwycone i odessane. Tylko w ten sposób można skutecznie oczyścić powietrze w pomieszczeniu ze wszystkich zanieczyszczeń.

Skuteczne i całkowite oczyszczanie powietrza obejmuje zatem trzy bardzo ważne procesy:

Wychwytywanie Odciąganie e Oczyszczanie

Trzecim krokiem – oczyszczaniem powietrza – zajmiemy się w niniejszym artykule. Również w tym przypadku istnieje kilka nieporozumień, które chciałbym wyjaśnić. Zaczniemy od pytania:

„Jak można oczyścić powietrze z zanieczyszczeń?”

Zanieczyszczenia muszą zostać odfiltrowane z powietrza, to logiczne! Tak brzmi oczywista odpowiedź. Jednak w sektorze oczyszczania powietrza coraz większą popularność zyskują separatory. Najbardziej znanym przykładem są odkurzacze cyklonowe firmy Dyson, działającej na całym świecie, które działają bez filtrów.

Technologia ta działa na zasadzie mini-tornada. Powietrze wprowadzane jest w ruch obrotowy, tworząc wiry, które dzięki dużej prędkości wyrzucają cząsteczki z powietrza. Metoda ta nadaje się również do separacji zanieczyszczeń przenoszonych przez powietrze. Często jednak dochodzi tu do nieporozumień, ponieważ separację często myli się z filtrowaniem.

2.1. Nieporozumienie dotyczące różnicy między filtrowaniem a separacją

Włóknina tekstylna

Zasada działania filtra może zostać wyjaśniona na przykładzie odkurzacza. Do oczyszczania powietrza zasysanego przez odkurzacz stosuje się worki na kurz. Są one często wykonane z włókniny. Powietrze może przepływać przez tę drobno tkaną włókninę, ale cząsteczki kurzu są zatrzymywane i w ten sposób oddzielane od strumienia powietrza.

Filtry cząstek zawieszonych z włókna szklanego

W zasadzie tak działa każdy rodzaj filtrowania w technice wentylacyjnej – , nawet w przypadku bardzo wysokiej jakości filtrów cząstek zawieszonych. Jednak w tym przypadku stosuje się inne materiały filtracyjne. Zamiast włókniny tekstylnej do tych filtrów stosuje się maty z włókna szklanego. Maty te są również przepuszczalne dla powietrza, ale ich struktura jest znacznie drobniejsza niż w przypadku worków do odkurzaczy. Włókna w filtrach cząstek zawieszonych mają średnicę od około 1 do 10 mikrometrów, czyli od 0,001 do 0,01 milimetra. Dzięki temu mogą filtrować z przepływu powietrza znacznie mniejsze cząsteczki niż włóknina tekstylna.

Filtry z siatki metalowej

Tę zasadę filtrowania można również znaleźć w wielu dostępnych w handlu okapach kuchennych do użytku domowego. W okapach tych często stosuje się filtry metalowe. Zazwyczaj składają się one z siatki aluminiowej lub stalowej, działającej na zasadzie włókniny lub maty z włókna szklanego, ale o znacznie grubszej strukturze.

Stosuje się tu stosunkowo gruby filtr metalowy, ponieważ jest on znacznie mniej wrażliwy. Niezależnie od tego, czy są używane w kuchniach domowych, czy przemysłowych, okapy mają za zadanie oddzielać aerozole od strumienia powietrza. Nie muszą one usuwać suchego pyłu, jak w przypadku

odkurzacza, ale ciekłe cząsteczki, takie jak kropelki wody i oleju. Jest to poważna i bardzo ważna różnica, której często nie przywiązuje się zbytnej wagi.

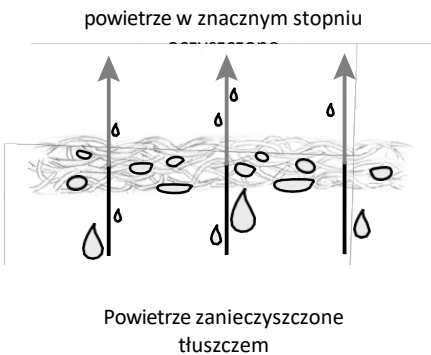
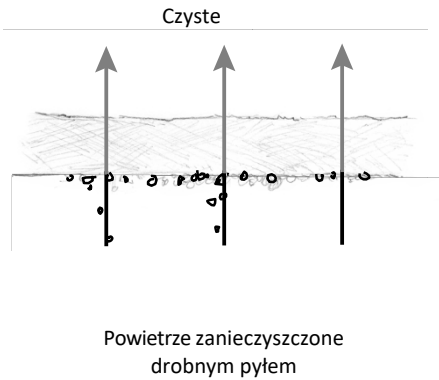
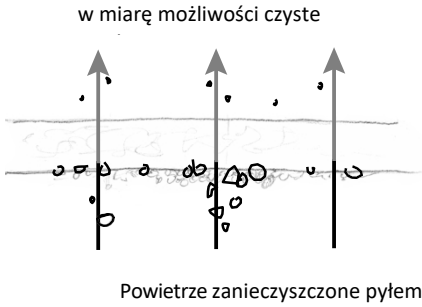
Każdy rodzaj filtra zbiera i magazynuje to, co zostanie oddzielone od strumienia powietrza. Ilość substancji wyfiltrowanych w filtrze stale rośnie. W worku odkurzacza suchy pył jest zbierany i magazynowany do momentu, aż worek zostanie całkowicie wypełniony pyłem i trzeba go wymienić.

Jeśli materiał odfiltrowany z strumienia powietrza to kropelki cieczy, gromadzenie tych substancji jest często znacznie bardziej skomplikowane.

Filtry z metalowej siatki zatrzymują małe kropelki różnych cieczy bezpośrednio w medium filtracyjnym. Nagromadzenie różnych cieczy może prowadzić do poważnych problemów!

Często pojemność magazynowa filtrów z metalowej siatki jest bardzo mała. Oznacza to, że filtry te mogą się zapchać już przy niewielkich ilościach zgromadzonej cieczy. Dlatego zazwyczaj mają one dość grube oczka. Dzięki temu nie zapychają się, ale wraz z przepływającym powietrzem przez filtr przechodzi również wiele mniejszych cząstek, które nie są oddzielane od strumienia powietrza.

Różne filtry



Filtry z włókniny

Włóknina (np. worek do odkurzacza) zatrzymuje pył z przepływającego powietrza. Najmniejsze cząsteczki pyłu mogą jednak przedostać się przez włókninę.

Filtr z włókna szklanego

Włókno szklane jest delikatniejsze niż włóknina i może filtrować, a więc zatrzymywać nawet najmniejsze cząsteczki kurzu w zakresie nanometrów.

Filtr metalowy

W przypadku metalowej siatki w kuchni chodzi przede wszystkim o filtrowanie cząstek tłuszczu. W zależności od wielkości krople pozostają w siatce. Najmniejsze kropelki mogą jednak przedostać się przez siatkę.

Ryzyko powstawania zarasków

W zakładach przetwórstwa spożywczego, a także w przemyśle produkcyjnym gromadzenie się cieczy w filtrach może prowadzić do problemów higienicznych. W temperaturze około 20 stopni Celsjusza w połączeniu z wilgocią zaraski mogą bardzo szybko namnażać się w filtrach. Dlatego też przechowywanie i gromadzenie cieczy przez dłuższy czas jest często niewskazane, a regularne czyszczenie lub wymiana filtrów jest zdecydowanie zalecana.

Zagrożenie pożarowe

Jeśli filtrowane substancje to olej lub tłuszcz, ciecz zgromadzona w filtrze stanowi coraz większe zagrożenie pożarowe! Jest to fakt, o którym często się zapomina.

Przykład z historii firmy

Dobrze pamiętam duże spotkanie u światowego producenta narzędzi. Pracownicy pokazali mi zakład produkcyjny z setkami szlifierek. Urządzenia do oczyszczania powietrza w obszarze produkcyjnym były wyposażone w duże filtry cząstek zawieszonych, które mogły przechowywać do 100 litrów cieczy. Problem polegał na tym, że magazynowany płyn był bardzo rzadkim i łatwopalnym środkiem chłodzącym i smarującym. Przy zastosowaniu 50 filtrów można było zgromadzić nawet 5000 litrów płynu! Kiedy podczas tej wizyty zapytałem pracowników firmy o zabezpieczenia przeciwpożarowe tych 50 urządzeń do oczyszczania powietrza i odpowiednie koncepcje ochrony, zobaczyłem przerażone twarze.

Moje pytania i przemyślenia dotyczące filtrów w systemach oczyszczania powietrza nie są bynajmniej tylko teoretycznymi rozważaniami, ale odnoszą się do konkretnych zagrożeń. Niestety, doszło już do tragicznych pożarów, ponieważ nie zwrócono wystarczającej uwagi na problem obciążenia ogniowego.

Przykład praktyczny: pożar w zakładzie budowy maszyn

W 2006 roku w południowych Niemczech doszło do katastrofalnego pożaru w przedsiębiorstwie budowy maszyn, które posiadało instalację odciągową podobną do opisanej powyżej. Szkody spowodowane pożarem wyniosły kilkadziesiąt milionów euro. Całkowicie zniszczone zostały hale produkcyjne i urządzenia o powierzchni ponad 3000 metrów kwadratowych. Przypuszczalną przyczyną pożaru była uszkodzona obrabiarka. Szybkie rozprzestrzenienie się ognia przez sieć kanałów wentylacyjnych przyczyniło się do powstania katastrofy.

Przykład praktyczny: pożar kompleksu hotelowego

Podobna katastrofa miała miejsce w 1980 roku w dużym hotelu z 2000 pokojami w Las Vegas. W chwili wypadku w kompleksie hotelowym przebywało około 5000 osób. Pożar wybuchł w restauracji hotelowej i błyskawicznie rozprzestrzenił się na cały kompleks budynków. Zginęło 85 osób. To tragiczne wydarzenie do dziś uważane jest za jedną z najtragiczniejszych katastrof pożarowych w historii współczesnych Stanów Zjednoczonych.

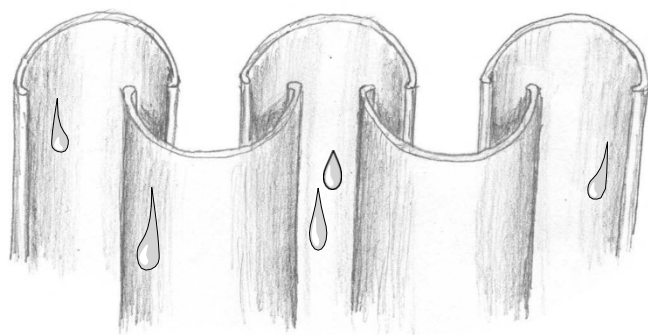
Takie katastrofy pożarowe doprowadziły ostatecznie do tego, że opisane powyżej filtry z metalowej siatki przestały być stosowane w wielu obszarach przemysłowych. W wentylacji kuchni przemysłowych są one od lat zakazane w wielu krajach. Na przykład w Ameryce Północnej i większości krajów europejskich filtry metalowe tego typu nie mogą być stosowane w nowych kuchniach przemysłowych ze względu na zwiększone ryzyko pożaru.

Wynalezienie separatorów z płytą odbojową

Po katastrofalnym pożarze hotelu w Las Vegas w USA opracowano alternatywę dla filtrów z metalowej siatki – tzw. separatory z płytą odbojową. Ten typ separatora jest zbudowany z blachy ze stali szlachetnej. Podczas przepływu powietrze jest co najmniej dwukrotnie

zmienia kierunek przepływu. Różnica w stosunku do tradycyjnych filtrów z siatki metalowej polega na tym, że separatory te wykonane z blachy ze stali szlachetnej nie zatrzymują cieczy.

Separatory płytowe



Ciecze, takie jak olej i woda, są oddzielane na płytach odbojowych i w idealnym przypadku spływają w dół po płytach.

Ilustracja 9

Nieporozumienie

Różnice w działaniu filtrów i separatorów

Jak widzieliśmy, filtry i separatory działają w różny sposób. Jednak właśnie te różnice powodują nieporozumienia. Często właściwości, sposób działania i dane dotyczące wydajności są traktowane jako jedno i to samo. Czasami nie zadaje się nawet sobie trudu, aby rozdzielić i rozróżnić te pojęcia!

W technice wentylacyjnej i oczyszczania powietrza istnieją więc nie tylko nieporozumienia dotyczące różnicy między filtrowaniem a separacją, ale także dotyczące działania i wydajności separatorów z blachy.

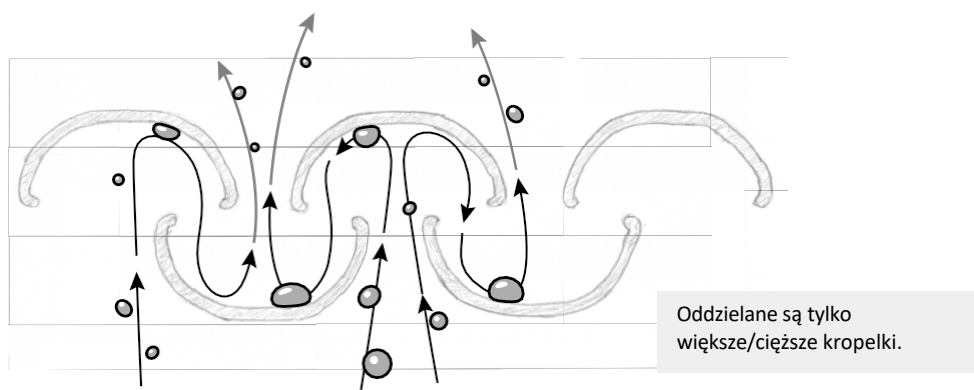
Aby wyjaśnić te różnice, musimy najpierw przyjrzeć się niektórym zjawiskom pogodowym występującym w naturze i ich zastosowaniu w technologiach oczyszczania powietrza.

2.2. Wiry powietrzne mogą pomóc w oczyszczaniu powietrza!

Być może dziwi to Państwa, ale tak właśnie jest. Wiry powietrzne, takie jak huragany, tajfuny, tornada i cyklony tropikalne, były wzorem dla rozwoju nowoczesnych separatorów z blachy.

Pierwsze separatory opracowane po wielkim pożarze hotelu w USA były prostymi separatorami z blachy odbojowej. Dwie półokrągłe blachy ze stali szlachetnej wygięte w kształt litery U są umieszczone naprzeciwko siebie. Strumień powietrza jest dwukrotnie kierowany w bok podczas przepływu przez separator, po raz pierwszy, gdy uderza w pierwszą półskorupę, a po raz drugi, gdy uderza w drugą półskorupę.

Zasada działania separatora z płytą odbojową



Ilustracja 10

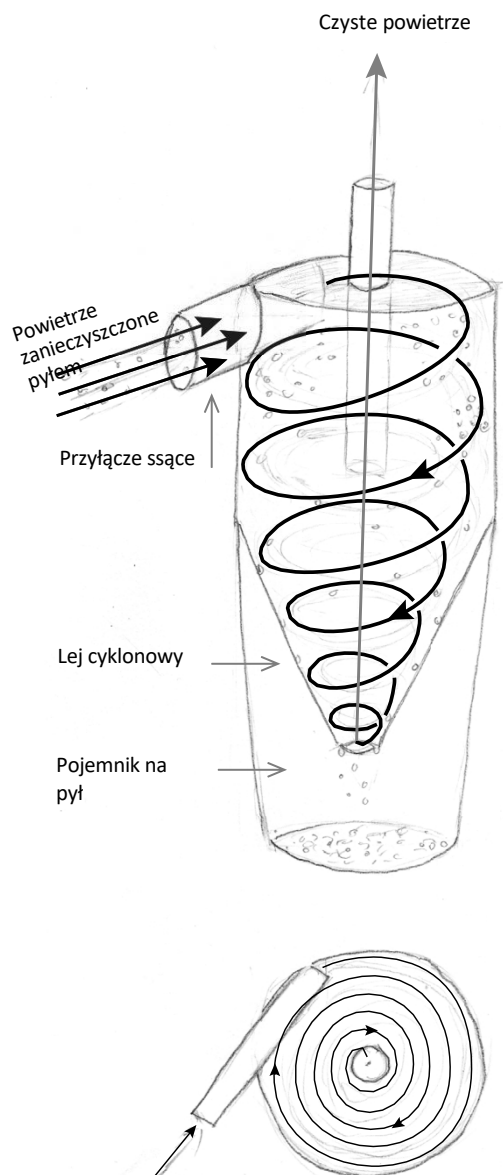
Półskorupy w kształcie litery U są formowane w promieniu lub wygięte pod kątem 90 stopni. Jednak w obu przypadkach skuteczność separacji jest bardzo niska, ponieważ od strumienia powietrza oddzielane są tylko duże kropelki zawieszone w powietrzu. Przepływ powietrza

W prostym separatorze tego typu przepływ jest bardzo burzliwy i tylko bardzo duże krople o stosunkowo dużej masie i wysokiej bezwładności mogą zostać oddzielone podczas uderzenia i zmiany kierunku przepływu powietrza. Mniejsze kropelki unoszone przez powietrze o mniejszej masie przechodzą wraz z przepływem powietrza przez te odchylacze i dlatego nie są oddzielane. Jedyną zaletą tych prostych separatorów z płytą odbojową było to, że nie magazynowały one cieczy, jednak ich skuteczność w oddzielaniu cząstek z przepływu powietrza była bardzo niska.

Tropikalne cyklony jako wzór

Dopiero gdy producenci separatorów wzięli za wzór naturę i nauczyli się od tropikalnych cyklonów, udało im się wyeliminować tę wadę. Najbardziej znanym przykładem jest wspomniana wcześniej firma Dyson ze swoimi odkurzaczami cyklonowymi. Technologia ta działa bez filtrów i zasadniczo przypomina mini cyklon. Powietrze jest wprawiane w ruch wirowy z bardzo dużą prędkością, podobnie jak w cyklonie. Im większa prędkość obrotowa, tym mniejsze cząsteczki mogą zostać wyrzucone przez strumień powietrza i w ten sposób oddzielone.

Zasada działania odkurzacza cyklonowego



Dzięki stożkowemu kształtowi leja cyklonowego zasysane powietrze porusza się spiralnie.

Siła odśrodkowa wyrzuca cząsteczki pyłu na ścianki.

Cząsteczki pyłu są zbierane w pojemniku na pył.

Spirala cyklonowa widziana od góry

Aby zdobyć wiedzę na temat tworzenia takich sztucznych wirów na małą skalę w odkurzaczach, okapach kuchennych i oczyszczaczach powietrza, konieczne były oczywiście intensywne prace badawczo-rozwojowe. Nie da się tego osiągnąć za pomocą prostych, wygiętych blach odbojowych. Również przy opracowywaniu i optymalizacji technologii cyklonowej stosuje się numeryczną symulację przepływu, w skrócie symulację CFD. CFD oznacza Computational Fluid Dynamics (komputerowa dynamika płynów). Za pomocą tej symulacji można uwidocznąć najróżniejsze przepływy powietrza. Nie wystarcza to jednak do optymalizacji technologii separacji. Również w tym przypadku często dochodzi do nieporozumień w zakresie techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza!

Nieporozumienie

Optymalizacja przepływu powietrza wystarczy!

W wielu przypadkach technika wentylacyjna dotyczy wyłącznie przepływu powietrza. Na przykład zadaniem jest zapewnienie jak najwygodniejszego dopływu świeżego powietrza do dużej sali koncertowej, tak aby słuchacze nie odczuwali nieprzyjemnego przeciągu lub chłodu. Ponadto dopływ powietrza powinien być całkowicie bezgłośny.

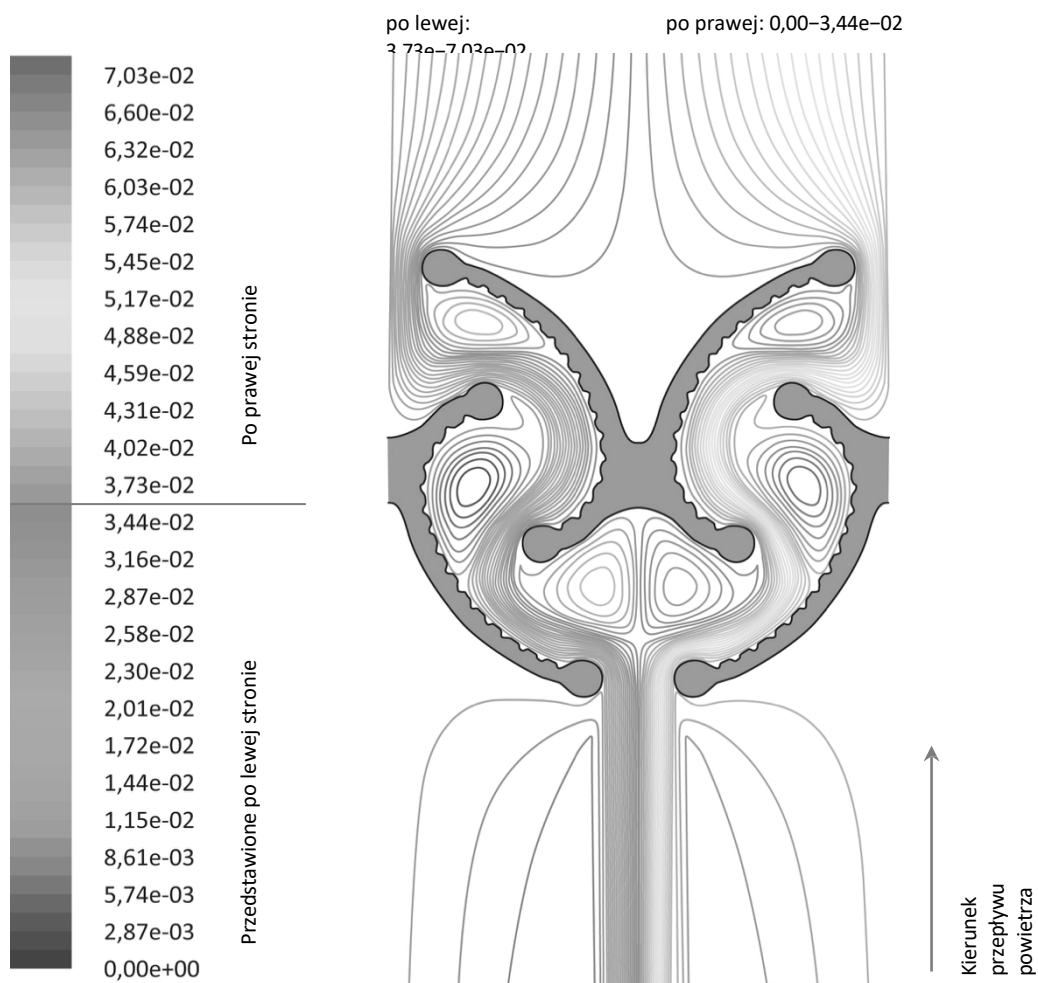
Optymalizacja filtrów i separatorów w systemach oczyszczania powietrza nie polega jednak wyłącznie na analizie przepływu powietrza, jego przebiegu i prędkości. Podstawowym zadaniem oczyszczania powietrza jest oddzielenie cząstek stałych od strumienia powietrza poprzez filtrowanie lub separację. W uproszczeniu filtry działają jak sito, a separatory jak wiry. Aby zoptymalizować działanie separatorów, należy wywołać w nich małe wiry. Tylko wtedy cząsteczki zostaną wyrzucone z strumienia powietrza i będą mogły zostać oddzielone.

Analiza trajektorii cząstek

Obecnie za pomocą systemów CFD można również badać i wizualizować przepływ cząstek. Nie obserwuje się już tylko strumieni powietrza, ale także zachowanie cząstek lub aerozoli w nich zawartych.

Czy mniejsze, a tym samym lżejsze aerozole poruszają się tą samą drogą co strumień powietrza? Bardzo interesującym badaniem CFD jest wizualizacja różnych torów aerozoli. Przebieg tych trajektorii zależy od wielkości cząstek. Dzięki bardzo dobrym analizom CFD można obecnie nawet rozpoznać, w którym miejscu separatora aerozol zostaje oddzielony od strumienia powietrza! Podczas dalszego rozwoju naszych separatorów niejednokrotnie byliśmy zaskoczeni i zdumieni wynikami takich analiz.

Analiza CFD separatora X-CYCLONE®



Zachowanie cząstek o różnej wielkości (kg/s)
Różne wielkości cząstek oznaczono różnymi odcieniami szarości.

Ilustracja 12

Przykład z historii firmy

Podczas dalszego rozwoju naszych separatorów zbyt często wierzyliśmy, że z góry wiemy, jak będzie przebiegał przepływ powietrza i co stanie się z wszystkimi cząsteczkami zawartymi w powietrzu – , czyli gdzie zostaną one wyrzucone. Aby zweryfikować nasze przypuszczenia, przeprowadziliśmy analizy CFD. Przedstawione wyniki były często zupełnie inne niż się spodziewaliśmy.

Pamiętam jeszcze badania, podczas których wszyscy byliśmy w stu procentach przekonani, że w nowo opracowanym przez nas separatorze bardzo szybko powstają małe wiry o silnej rotacji, które z bardzo wysoką skutecznością wyrzucają cząsteczki unoszące się w powietrzu. Ten nowo opracowany przez nas prototyp nazwaliśmy z dumą X-CYCLONE®.

Litera X oznacza geometrię separatora. Nie budowaliśmy go już z dwóch prosto wygiętych blach w kształcie litery U, ale nadaliśmy profilom separatora znacznie bardziej złożoną geometrię. Na początku mogliśmy je wykonać tylko z profili aluminiowych wytłaczanych. Powierzchnie przypominały miniaturowe wersje skrzydeł samolotu, które ułożyliśmy w geometrii X. Jak można się domyślić, druga część nazwy naszego nowego wynalazku oznacza tropikalne cyklony – w angielskiej pisowni CYCLONE.

Analiza CFD nowego prototypu separatora miała charakter nie tyle analityczny, co raczej potwierdzający, którą to analizę postanowiliśmy przeprowadzić dla pewności, pomimo dużego nakładu pracy. Wynik był nam przecież znany. Tak przynajmniej sądziliśmy...

Analiza CFD jest rzeczywiście bardzo czasochłonna. Jak wyjaśniono wcześniej, badanie obejmuje nie tylko dokładną analizę zachowania strumienia powietrza, ale także cząstek zawartych w powietrzu. Aby w ogóle przeprowadzić takie badanie, potrzebny jest trójwymiarowy

. Nie ma problemu, pomyślałem kilka lat temu, przecież mamy wszystko, inaczej nie moglibyśmy tego produkować. Jednak ja również popełniłem błąd!

Błędne założenie

Do symulacji CFD wystarczy trójwymiarowy model separatora.

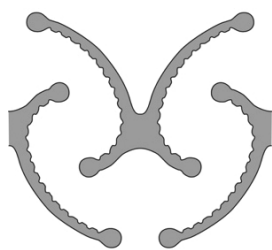
Trójwymiarowy model przestrzenny

Do badania potrzebowaliśmy bowiem nie tylko trójwymiarowego modelu naszego separatora, czyli profili aluminiowych, ale także modelu pomieszczenia, przez które przepływa powietrze. To całkiem logiczne! Analizując przepływ powietrza w okrągłym kanale wentylacyjnym, patrzy się przecież na cylindryczną przestrzeń wewnątrz kanału wentylacyjnego, a nie na blachę kanału powietrznego. Nie ułatwiło to jednak naszego zadania. Ponieważ geometria naszego nowego profilu aluminiowego X-CYCLONE® była bardzo złożona, przestrzeń przepływu powietrza stała się jeszcze bardziej skomplikowana. Jednak do badania CFD należy właśnie ją dokładnie zamodelować.

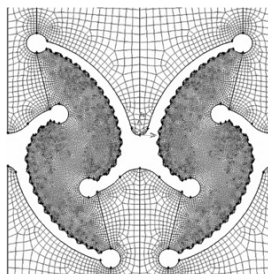
Siatka (sieć obliczeniowa)

Do tej i tak już skomplikowanej procedury dochodzi jeszcze dodatkowa trudność, ponieważ przestrzeń przepływu powietrza należy pokryć siatką obliczeniową. W tym celu często używa się angielskiego terminu „mesh”. Sposób rozmieszczenia takiej siatki obliczeniowej w przestrzeni przepływu powietrza ma z kolei poważny wpływ na jakość analizy CFD. Jeśli jednak podejdzie się do tego zadania z dużą starannością, można uzyskać bardzo szczegółowe analizy przepływu zarówno powietrza, jak i cząstek, choć wyniki mogą być niezwykle frustrujące!

Analiza CFD separatora X-CYCLONE®



Profil separatora

Siatka przestrzeni
przepływu powietrzaAnaliza CFD o przepływu
cząstek o różnych
rozmiarach

Ilustracja 13

Rozczarowujący wynik

Początki są zawsze trudne – powietrze przepływa inaczej niż zakładaliśmy!

Analiza CFD dostarczyła bardzo rozczarowujących wyników dla naszych pierwszych prototypów X-CYCLONE®. W obszarze przepływu powietrza, w którym zgodnie z naszym głębokim przekonaniem miały powstawać małe cyklony, które następnie wyrzucałyby cząsteczki z prędkością obrotową ponad 10 metrów na sekundę, nie działo się nic takiego! Pamiętam to jakby to było wczoraj. Analiza CFD wyraźnie wykazała pustą przestrzeń, która kształtem przypominała kroplę o średnicy około jednego centymetra.

Przyczyna

Ponieważ geometria naszego profilu miała zbyt duże zakrzywienie, przepływ powietrza nie mógł podążać za tą geometrią i powstała strefa, przez którą nie przepływało powietrze, nie mówiąc już o tworzeniu się cyklonów, które zapewniłyby separację! Nawet specjaliści od wentylacji nie zawsze są w stanie z góry prawidłowo ocenić zachowanie przepływu powietrza.

Optymalizacja

Dla naszego ówczesnego projektu rozwojowego mającego na celu optymalizację separacji X-CYCLONE® oznaczało to rozpoczęcie wszystkiego od początku i przerobienie geometrii naszych separatorów. W zasadzie był to niekończący się proces ciągłego rozwoju i doskonalenia. Ostatecznie udało nam się opracować produkty o technologii podobnej do tej znanej z urządzeń Dyson i zastosować je w wentylacji i oczyszczaniu powietrza zgodnie z normami przemysłowymi.

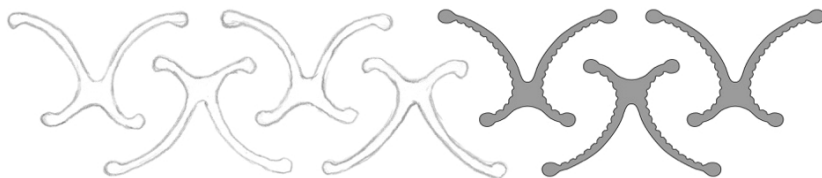
Opracowanie geometrii separatorów



Separatorzy z płytą udarową z profilami w kształcie litery U



Prototyp separatora X-CYCLONE® z profilami X w kształcie skrzydeł samolotu



Separator X-CYCLONE® z profilami o zoptymalizowanej geometrii X dla optymalnego kierowania strumieniem powietrza (patrz rys. 15)

Triumfalny marsz naszych separatorów

Obecnie opracowane przez nas separatory X-CYCLONE® znalazły zastosowanie w najróżniejszych branżach.

Na platformach wiertniczych, w zakładach uszlachetniania tekstyliów, w instalacjach do produkcji mleka w proszku, w lakierniach przemysłu motoryzacyjnego, w przemyśle spożywczym, w kuchniach przemysłowych, w budowie maszyn, a nawet w zakładach produkcji płytek krzemowych dla mikroelektroniki „cyklonowe burze” w naszych separatorach z profilami X zapewniają teraz wysoką skuteczność oczyszczania powietrza.

Zasada działania separatora X-CYCLONE®



Ilustracja 15

3. Jak można usunąć opary i zapachy?

?



Usuwanie oparów i zapachów jest bardzo złożonym zadaniem w technice wentylacyjnej i oczyszczaniu powietrza. Można by pomyśleć, że po wychwyceniu, oddzieleniu i oczyszczeniu powietrze powinno być czyste i nie powinno być wyczuwalny żaden zapach. Wszystkie cząsteczki, aerozole i substancje szkodliwe zostały usunięte – co więc może powodować nieprzyjemny zapach?

Nieporozumienie

W powietrzu wolnym od aerozoli, cząstek i zanieczyszczeń nie występuje uciążliwość zapachowa.

Niestety jest to kolejne nieporozumienie w technice wentylacyjnej i oczyszczaniu powietrza, które zostanie omówione w tym rozdziale. Wyjaśnię to na prostym przykładzie z praktyki.

Przykład praktyczny: tankowanie

Wielu z nas było już kiedyś na stacji benzynowej i tankowało paliwo do swojego samochodu. Większość z nas z pewnością poczuła wtedy zapach benzyny lub oleju napędowego.

Zapach benzyny podczas tankowania



Ilustracja 16

Ale dlaczego właściwie czujemy zapach benzyny podczas tankowania, skoro zazwyczaj nie ma żadnych rozprysków paliwa ani aerozoli w powietrzu? Staje się to jasne, gdy chcemy napełnić zbiornik do krawędzi i musimy uważać, aby nic nie przeleło się. Sprawdzając, kiedy poziom paliwa staje się widoczny w króćcu, nos znajduje się blisko króćca i intensywnie czuć paliwo – nawet jeśli nic nie wycieka.

Gdyby przeprowadzić pomiar cząstek w bezpośrednim sąsiedztwie króćca, nie wykryto by żadnych aerozoli ani cząstek paliwa w powietrzu wokół króćca zbiornika paliwa. Ale dlaczego podczas tankowania nadal czuć paliwo? Odpowiedź znajduje się poniżej.

3.1. Nieporozumienie dotyczące różnicy między oparami a aerozolami

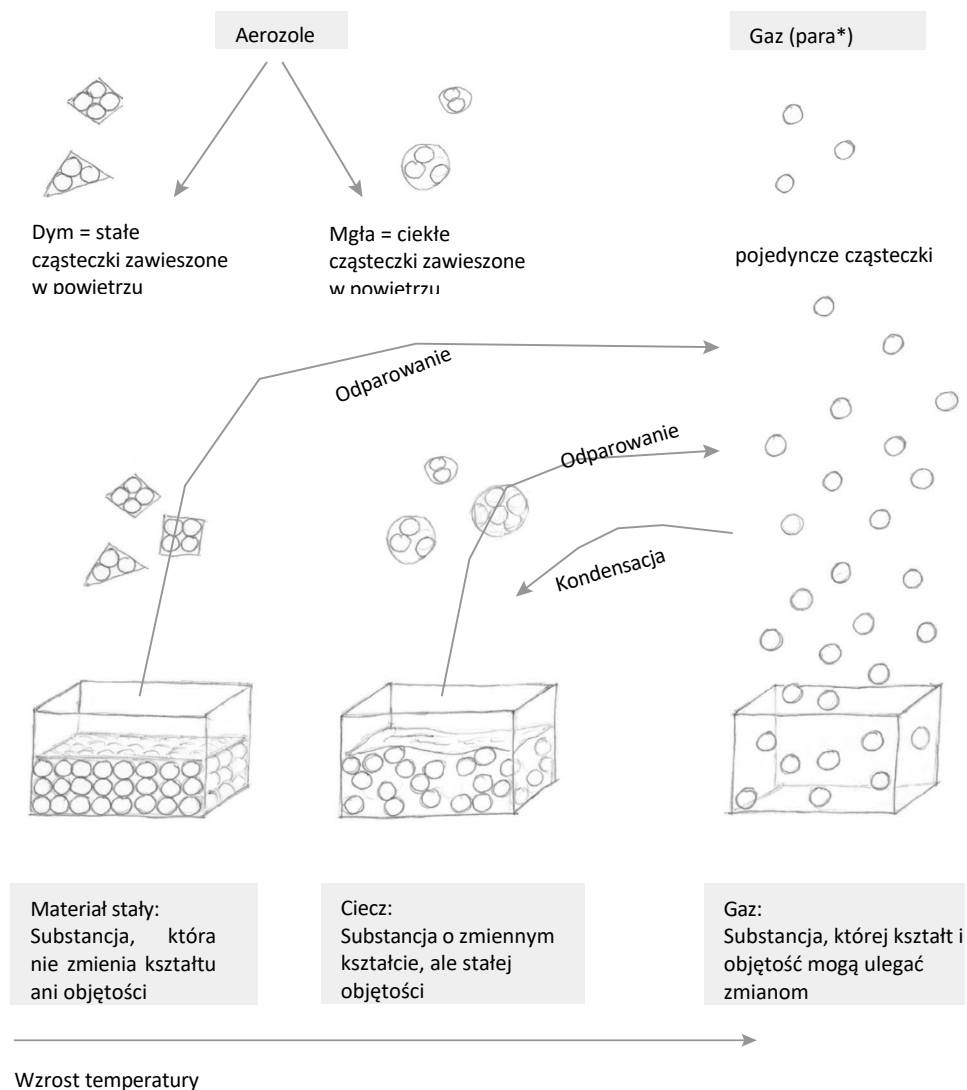
Dlaczego podczas tankowania czuć zapach paliwa, mimo że w powietrzu nie widać nic? To, co czujesz, to odparowane paliwo. Szczególnie benzyna Super Plus jest bardzo lotna. Oznacza to, że odparowuje już w dość niskich temperaturach. Ta para, a dokładniej gaz, ulatnia się z wlewu paliwa i powoduje zapach.

Nieporozumienie

Powietrze bez aerozoli jest czyste.

Ten prosty przykład bardzo wyraźnie pokazuje, że powietrze wolne od aerozoli niekoniecznie musi być czyste i nadal może stanowić zagrożenie dla środowiska. Zanieczyszczenie powietrza przez odparowane ciecze jest problemem, który sprawia wiele kłopotów również stowarzyszeniom zawodowym.

Różnica między aerozolami a gazem



* Ogólnie rzecz biorąc, pod pojęciem pary rozumie się kropelki znajdujące się w powietrzu, takie jak opary powstające podczas gotowania. Z naukowego punktu widzenia para jest jednak stanem gazowym substancji (powstałym w wyniku odparowania, wyparowania, wrzenia lub sublimacji).

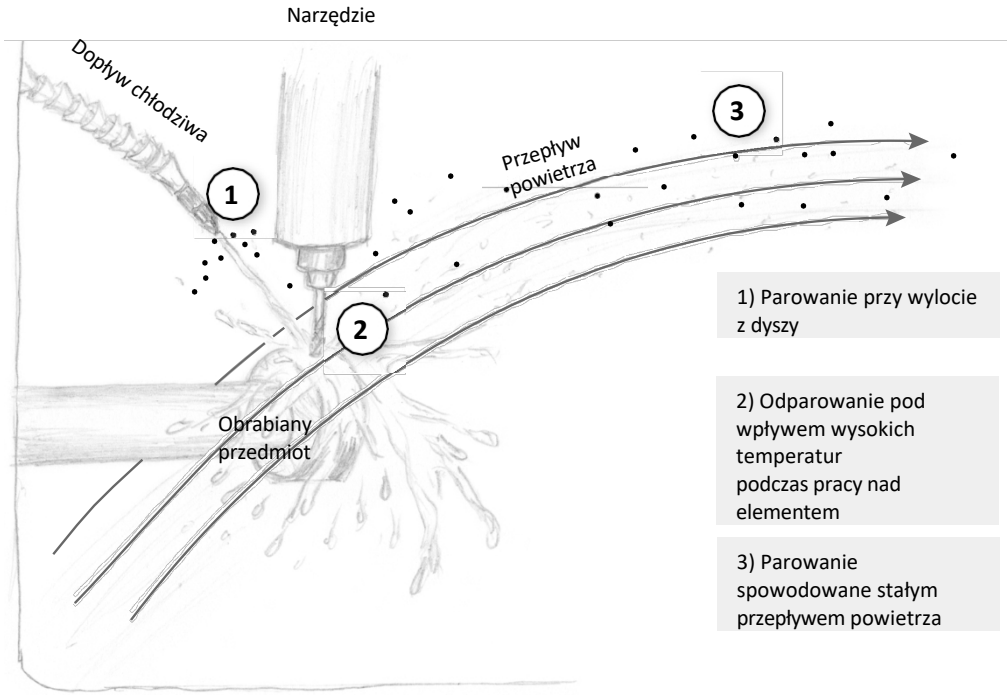
Przykład praktyczny z budowy maszyn

Dobrze pamiętam, jak wraz z naszym partnerem handlowym z Bawarii odwiedziłem stowarzyszenie zawodowe odpowiedzialne za budowę maszyn w Bawarii. Pokazano nam tam badania z wynikami pomiarów, w których zbadano zanieczyszczenie powietrza przez chłodziwa i smary w obrabiarkach. Wyniki wykazały dokładnie to samo zjawisko, co w powyższym przykładzie ze stacji benzynowej. Analiza powietrza wokół obrabiarki wykazała, że zanieczyszczenie powietrza aerozolami było praktycznie zerowe i wszystkie dopuszczalne wartości zostały zachowane. Tak przynajmniej sądzono.

Kiedy specjaliści z stowarzyszenia zawodowego sprawdzili, ile pary z chłodziwa i smarów z różnych maszyn narzędziowych jest w powietrzu, zauważyli, że jest tego naprawdę dużo – , a czasem nawet do 100 miligramów pary chłodziwa i smaru w metrze sześciennym powietrza w pomieszczeniu. To dziesięć razy więcej niż dopuszczalne wartości! Jak do tego doszło?

Pierwsze efekty parowania powstają w wyniku bardzo wysokiego ciśnienia wewnątrz maszyn, gdzie chłodziwa i smary są bardzo drobno rozpylane przez dysze. Ponadto bardzo dużo cieczy paruje pod wpływem wysokich temperatur na narzędziach obrabiających metal. Często niedocenianym czynnikiem w tym kontekście jest stały przepływ powietrza przez oczyszczacze powietrza w maszynach narzędziowych.

Opary chłodziwa w maszynie narzędziowej



Ilustracja 18

Proszę pamiętać, co ustaliliśmy w rozdziale 1: do wychwytywania i odsysania potrzebujemy dużej ilości powietrza wywiewanego i strumienia powietrza skierowanego w stronę miejsca wychwytywania. Strumień ten można porównać do wiatru wiejącego nad powierzchnią dużego jeziora. Sam strumień powietrza powoduje parowanie wody, która jest wychwytywana jako wilgoć zawarta w powietrzu i odprowadzana wraz z prądem powietrza. Podobne efekty obserwujemy również w obrabiarce lub podczas tankowania. W ten sposób ogromne ilości cieczy są transportowane wraz z powietrzem w postaci pary. Opary te mogą powodować znaczne obciążenie dla zdrowia i uciążliwości zapachowe.

Przykład: przemysł spożywczy

To samo zjawisko można zaobserwować w przemyśle spożywczym i kuchniach przemysłowych. Na wszystkich urządzeniach i sprzęcie kuchennym, które pracują w wysokich temperaturach, dochodzi do odparowywania cieczy. Typowe procesy to pieczenie, smażenie i frytkowanie. Wszędzie panują temperatury od około 140 do 190 stopni Celsjusza. Oleje i tłuszcze ulegają częściowemu odparowaniu, a następnie są wychwytywane i odsysane przez systemy wentylacyjne.

Przykład praktyczny: urządzenia do smażenia w głębokim tłuszczu

W przemyśle spożywczym mogliśmy już podziwiać urządzenia do smażenia chipsów ziemniaczanych, które rozmiarami przypominały dużą wannę. W tej wannie codziennie smażone są setki tysięcy chipsów ziemniaczanych, co powoduje wydzielanie ogromnych ilości pary. W większości składa się ona ze skroplonego oleju z tłuszczu smaźalnego oraz skroplonej wody, która przed smażeniem była związana w chipsach ziemniaczanych. Również w tym przypadku zaobserwowaliśmy opisane wcześniej zjawisko: podczas analizy powietrza wywiewanego z procesu za pomocą pomiaru cząstek nie stwierdzono żadnego zanieczyszczenia powietrza, powietrze wydawało się czyste i prawie nie zanieczyszczone. Jednak już na pierwszy rzut oka można było stwierdzić, że powietrze odlotowe z tego procesu przetwarzania nie mogło być czyste, ponieważ wyglądało jak chmura pary ze starej lokomotywy parowej. Podobnie jak na stacji benzynowej, wyczuwalny był również intensywny zapach. Był on wprawdzie przyjemniejszy niż podczas tankowania, ale mimo to wyraźnie wskazywał na zanieczyszczenie powietrza.

Przykład: kuchnia domowa

Podobną sytuację można zaobserwować w domowej kuchni, na przykład podczas smażenia steku w wysokiej temperaturze. Może wtedy pojawić się kilka rozprysków oleju, które można zaklasyfikować jako aerozol, ale to, co unosi się nad kuchenką i jest wychwytywane przez okap kuchenny, to głównie powietrze z odparowanym olejem i wodą. Krople, aerozole i rozpryski występują tu tylko w niewielkich ilościach.

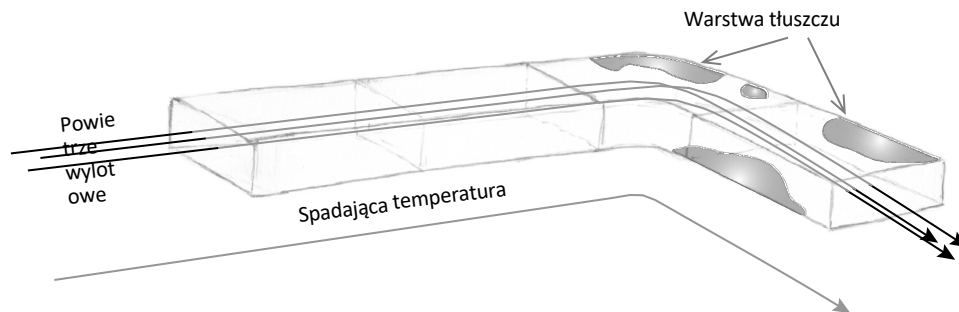
Kondensacja odparowanych cieczy

W przemyśle i kuchniach przemysłowych te odparowane ciecze stanowią duży problem w powietrzu odlotowym z procesów technologicznych. Opary te nie tylko powodują nieprzyjemny zapach, ale mogą również skraplać się ponownie, gdy powietrze odlotowe odpowiednio się ochładza. Odparowana ciecz przechodzi wtedy ponownie ze stanu gazowego do ciekłego. Można to zaobserwować przede wszystkim w dużych zakładach przemysłowych i dużych hotelach. Dlaczego? Ponieważ w dużych budynkach kanały wentylacyjne często mają duże długości.

Problemy higieniczne i zagrożenie pożarowe spowodowane długimi kanałami wywiewnymi

Niezależnie od tego, czy chodzi o proces gotowania w dużej kuchni hotelowej, czy o proces przetwarzania w zakładzie przemysłowym, powietrze, które jest bezpośrednio pobierane i odsysane podczas procesu, musi następnie przepłynąć bardzo długą drogę przez kanał wywiewny, zanim ostatecznie opuści budynek i zostanie wydmuchane za pomocą dużych urządzeń wentylacyjnych. Podczas długiej drogi przez kanał wentylacyjny, często wykonany z prostokątnych segmentów blachy, powietrze ulega ochłodzeniu. W ten sposób odparowana ciecz skrapla się i osadza w kanałach wywiewnych i urządzeniu wentylacyjnym. Osady te stanowią nie tylko problem higieniczny, ale także stwarzają zagrożenie pożarowe.

Długie kanały wywiewne i związane z nimi zagrożenia



W drodze na zewnątrz powietrze coraz bardziej się ochładza. W wyniku tego pary ulegają kondensacji i tworzą w przewodzie wywiewnym warstwę wody i tłuszczu, która stanowi pożywkę dla mikroorganizmów i potencjalne źródło pożaru.

Ilustracja 19

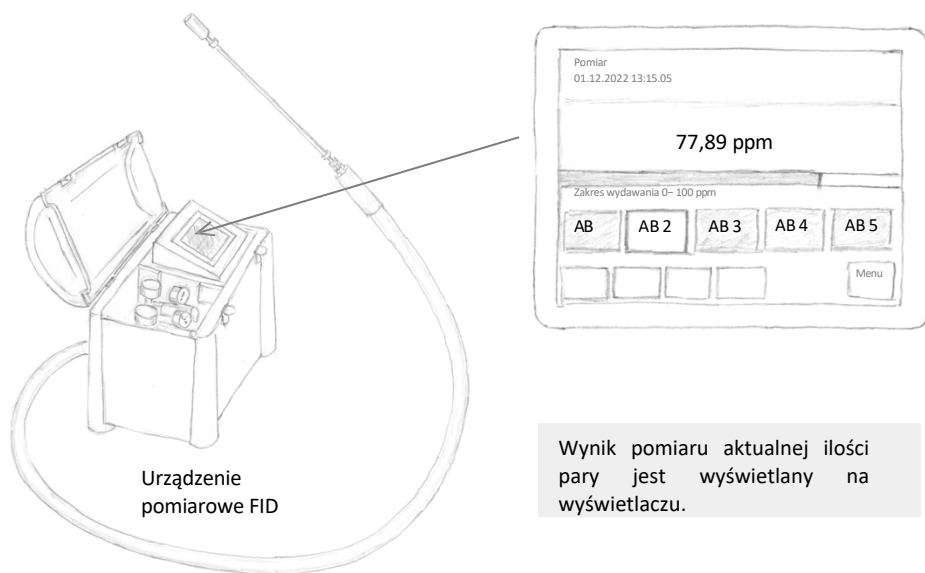
Normy europejskie wymagają uwzględnienia oparów i ich kondensacji

Powietrze wolne od aerozoli i cząstek stałych niekoniecznie jest czyste. To, co często postrzegane jest jako uciążliwy zapach, to zazwyczaj opary. Z tego powodu normy europejskie, takie jak DIN EN 16282, wymagają, aby oprócz oczyszczania powietrza w kuchniach przemysłowych za pomocą filtrów i separatorów, uwzględniono również odparowane ciecze i ich kondensację! W tym celu należy zmierzyć i przeanalizować ich stężenia, które mogą być bardzo wysokie.

3.2. Urządzenia pomiarowe FID mogą być pomocne w analizie zanieczyszczenia powietrza!

Urządzenia pomiarowe FID pozwalają uzyskać informacje na temat ilości odparowanej cieczy w powietrzu. FID to skrót od „detektor jonizacji płomieniowej”. Urządzenie pomiarowe FID pomaga określić ilość odparowanych lotnych związków organicznych. W języku potocznym często mówi się o całkowitej zawartości C w powietrzu wywiewanym, mając na myśli pary węglowodorów znajdujące się w powietrzu. Jeśli na przykład chcemy dowiedzieć się, ile odparowanego paliwa dostaje się do naszych nosów podczas tankowania, takie urządzenie pomiarowe byłoby idealnym wyposażeniem. Urządzenia pomiarowe FID są równie pomocne w analizie odparowanych czynników chłodniczych i smarów w przemyśle wytwórczym lub w zakładach produkcji żywności.

Pomiar ilości cząstek i par



Analiza zanieczyszczenia powietrza

Analiza powietrza wywiewanego z wyżej wymienionych procesów wykazuje, że rzeczywiste zanieczyszczenie wynika zazwyczaj z sumy aerozoli i oparów zawartych w powietrzu. Wynik takiej całościowej analizy często pokazuje, że w jednym metrze sześciennym powietrza w pomieszczeniu znajduje się 80 miligramów oparów i tylko 20 miligramów aerozoli. W odniesieniu do tego przykładu oznaczałoby to, że w jednym metrze sześciennym powietrza w pomieszczeniu mamy łącznie 100 miligramów zanieczyszczeń. Nie ma znaczenia, czy zanieczyszczenia te pochodzą z czynnika chłodzącego i smarującego w zakładzie budowy maszyn, oleju do smażenia w produkcji spożywczej czy kuchni hotelowej, ponieważ problem i zadanie są w tym przypadku takie same: musimy zająć się jednym i drugim.

Nieporozumienie

Nie trzeba mierzyć odparowanych cieczy.

Musimy zwrócić uwagę zarówno na odparowane ciecze, jak i unoszące się w powietrzu aerozole pochodzące z tych cieczy. Częstym błędem w technice wentylacyjnej i oczyszczaniu powietrza jest brak pomiarów i analizy tych zanieczyszczeń powietrza. Jeśli już coś się mierzy, to w najlepszym razie stężenie cząstek aerozoli. Prawie nigdy nie analizuje się zarówno oparów, jak i aerozoli. Potwierdzają to również rozmowy z kolegami z bawarskiego stowarzyszenia zawodowego.

Podczas pracy frytkownic w kuchniach przemysłowych lub dużych zbiorników na gorące wióry metalowe w zakładach produkcyjnych lub podobnych instalacjach wszędzie unoszą się białe obłoczki. Wyglądem przypominają one opary powstające podczas podgrzewania wody w garnku w domu. Różnica polega jednak na tym, że opary unoszące się z pojemników przemysłowych zawierają oleje oraz środki chłodzące lub smarne.

Substancje te są często źródłem silnych zapachów i są zdecydowanie zbyt rzadko brane pod uwagę i badane.

Przeprowadzenie pomiaru cząstek i FID

Konieczne jest zbadanie takich emisji zarówno poprzez pomiar cząstek, jak i pomiar FID. Na podstawie tych pomiarów można bowiem określić kolejny krok. Oczyszczenie powietrza poprzez usunięcie tych oparów.

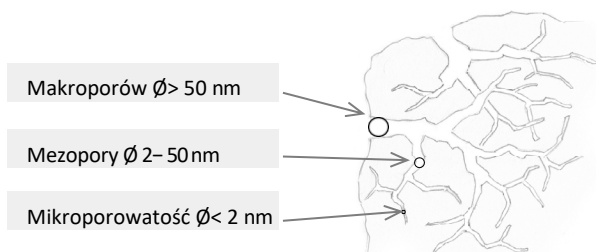
Rozwiązanie 1: węgiel aktywny

Jednym z rozwiązań może być zastosowanie filtrów z węglem aktywnym. W uproszczeniu węgiel aktywny działa jak rodzaj filtra molekularnego. Jest bardzo porowaty i posiada liczne bardzo małe pory, które mogą pochłaniać opary poprzez adsorpcję. W ten sposób opary są wiązane na powierzchni węgla aktywnego. Działa to jednak tylko tak długo, jak długo węgiel aktywny nie jest zbyt obciążony aerozolami powstającymi podczas kondensacji.

Wadą stosowania węgla aktywnego

Filtry z węglem aktywnym są często stosowane dopiero w urządzeniu wentylacyjnym na końcu długiego kanału wywiewnego. Zanim powietrze wywiewane dotrze do tego miejsca, jest już o kilka stopni schłodzone, a opary zaczynają się skraplać. Powoduje to zbyt szybkie zatykanie się wielu małych porów węgla aktywnego, co sprawia, że staje się on nieskuteczny. Jeśli skraplające się opary zawierają oleje, w połączeniu z węglem aktywnym powstaje dosłownie wybuchowa mieszanka!

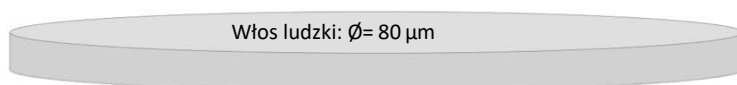
Zastosowanie węgla aktywnego



Powiększony fragment
ziarenka węgla
aktywnego

Porównanie wielkości:

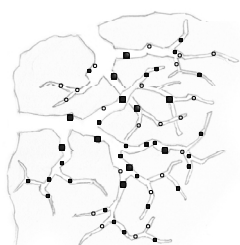
Średnica ludzkiego włosa wynosi około $80\text{ }\mu\text{m}$, a cząsteczki pyłu zawieszonego $5\text{ }\mu\text{m}$, który ma duże mezopory o wielkości $0,05\text{ }\mu\text{m}$ ($= 50\text{ nm} = 0,00005\text{ mm}$)



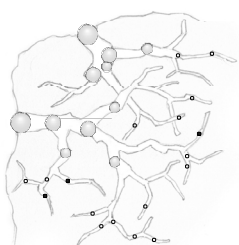
Cząsteczki
pyłu
zawieszone
go: $\varnothing = 5\text{ }\mu\text{m}$



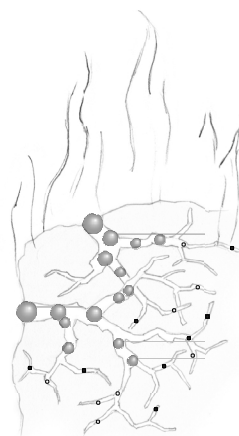
Adsorpcja zachodzi na powierzchni w porach. Wewnętrzna powierzchnia czterech gramów węgla aktywnego odpowiada mniej więcej powierzchni boiska piłkarskiego.



Związane
opary



Zatkane pory przez
skroplone opary



Zagrożenie pożarowe
spowodowane
skroplonymi oparami
oleju

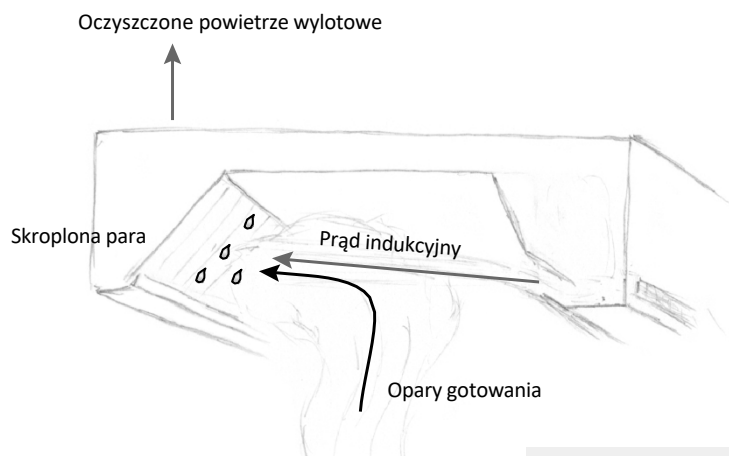
Rozwiązanie 2: wymuszona kondensacja

Kolejną możliwością opanowania odparowanych cieczy i zmniejszenia ich ilości jest wymuszona kondensacja bezpośrednio podczas wychwytywania i odsysania.

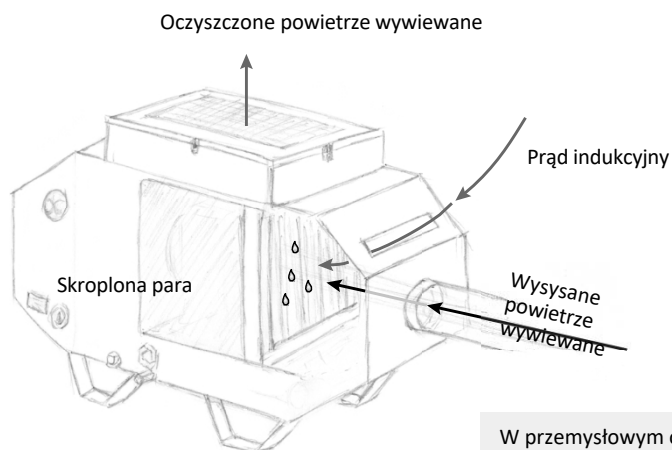
Jak opisano w rozdziale 1, w firmie REVEN GmbH opracowaliśmy urządzenia rejestrujące, które nie tylko zasysają, ale również wydmuchują powietrze. Powietrze, które ma być zbierane, wraz z aerozolami, wirusami i zanieczyszczeniami jest jak najszybciej transportowane za pomocą wspomagającego nadmuchu do obszaru, w którym wydajność odsysania oczyszczaczy powietrza, okapów kuchennych i urządzeń wentylacyjnych jest największa – czyli bezpośrednio do obszaru ich otworów wlotowych.

W tym celu opracowaliśmy zarówno nowoczesne okapy kuchenne, jak i przemysłowe oczyszczacze powietrza, które są wyposażone w dodatkowe urządzenie wspomagające wydmuch. W przypadku okapu kuchennego zapewnia to szybki i bezpośredni przepływ oparów powstających podczas gotowania z urządzenia kuchennego do obszaru filtra i ssania, gdzie są one wychwytywane lub odsysane. Ponadto udało nam się dodatkowo wymusić kondensację odparowanych cieczy. Powietrze strumienia indukcyjnego, czyli strumienia powietrza wdmuchiwanego, jest zawsze o kilka stopni chłodniejsze od powietrza, które ma zostać wychwycone. Ta różnica temperatur pomaga nam zarówno w naszych udoskonalonych okapach wyciągowych, jak i w oczyszczaczach powietrza do obrabiarek bezpośrednio podczas wychwytywania i odsysania wywołać kondensację odparowanych cieczy.

Wymuszona kondensacja



W okapie kuchennym: Dzięki chłodniejszemu prądowi indukcyjnemu opary skraplają się i są oddzielane na drodze do kanału wentylacyjnego.



W przemysłowym oczyszczaczu powietrza: Dzięki chłodniejszemu strumieniowi indukcyjnemu opary skraplają się przed separatorem X-CYCLONE® i są oddzielane.

Zalety wymuszonej kondensacji

Jeśli powietrze procesowe zostanie oczyszczone z odparowanych cieczy i aerozoli zawartych w powietrzu, jest ono naprawdę czyste. Emisja zapachów zostaje również zredukowana do minimum i może zostać całkowicie zneutralizowana za pomocą zainstalowanych w dalszej części instalacji filtrów zapachowych. Technologie stosowane do neutralizacji zapachów mogą obejmować systemy UV, ozonowe, z węglem aktywnym lub chemiczne systemy utleniające. Wszystkie mają jedną wspólną cechę: działają i osiągają pełną wydajność tylko wtedy, gdy powietrze wylotowe zostało wcześniej skutecznie oczyszczone z aerozoli i oparów. Tylko wtedy dodatkowe technologie zainstalowane w dalszej części procesu mają sens. Więcej na ten temat w następnym rozdziale.

4. Jak wirusy i zapachy mogą Neutralizacja?



Neutralizacja zapachów oraz całkowite usunięcie wirusów i bakterii z powietrza to zadanie wymagające kilku etapów. Na początku należy skutecznie wychwycić i odessać zanieczyszczenia, a następnie zastosować bardzo skuteczne filtry aerozolowe lub separatory. W tym kontekście konieczna jest również kondensacja oparów, jak omówiono w poprzednim rozdziale. Tylko po wykonaniu wszystkich tych czynności można niezawodnie i całkowicie usunąć zapachy za pomocą systemów UV-C lub ozonowych.

Nieporozumienie

Promieniowanie UV rozwiązuje wszystkie problemy związane z wirusami, bakteriami i zapachami.

Powszechnym i uporczywym nieporozumieniem w dziedzinie techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza jest przekonanie, że nie trzeba się zbytnio przejmować wszystkimi tymi etapami, od wychwytywania i odsysania, poprzez separację, aż po kondensację. Wystarczy zamontować w oczyszczaczach powietrza i systemach wentylacyjnych dowolne lampy emitujące promieniowanie ultrafioletowe i wszystko będzie dobrze. Takie lub podobne sugestie pojawiają się w obietnicach wielu konkurentów na rynku, które ciągle docierają do moich uszu.

Istnieje wiele nieporozumień i błędnych informacji dotyczących działania i skuteczności technologii oczyszczania powietrza wykorzystujących promieniowanie ultrafioletowe. Po pierwsze, wielu producentów nie informuje użytkowników o rzeczywistym zakresie zastosowania promieniowania ultrafioletowego. Ważnym aspektem, na który należy zwrócić uwagę, jest pytanie: „Co ma zostać osiągnięte dzięki zastosowaniu systemów UV-C?”. Czy chcemy oczyścić powietrze z wirusów i bakterii, czy też usunąć tłuszcze i oleje z powietrza wywiewanego? Myślę, że zgodzą się Państwo ze mną, że są to różne zadania i że usuwanie wirusów z powietrza wywiewanego nie może być tym samym, co usuwanie olejów i tłuszczów.

Dlatego najpierw powinniśmy porozmawiać o tym, do czego właściwie chcemy wykorzystać promieniowanie ultrafioletowe w naszym systemie wentylacyjnym. Wybór systemu UV-C zależy od zadania, które ma on spełniać. Takie systemy mogą mieć następujące zadania:

- *Dezynfekcja przedmiotów*
- *Neutralizacja zapachów w powietrzu*
- *Zabijanie wirusów i bakterii w powietrzu*

Już te trzy zadania dotyczą trzech zupełnie różnych obszarów, które wymagają zastosowania zupełnie różnych systemów UV-C. Nie ma systemu, który byłby w stanie rozwiązać wszystkie trzy zadania.

Do tego dochodzi jeszcze owiana mitami kwestia tzw. spalania tłuszczu. Wyjaśnimy, o co w tym chodzi, później.

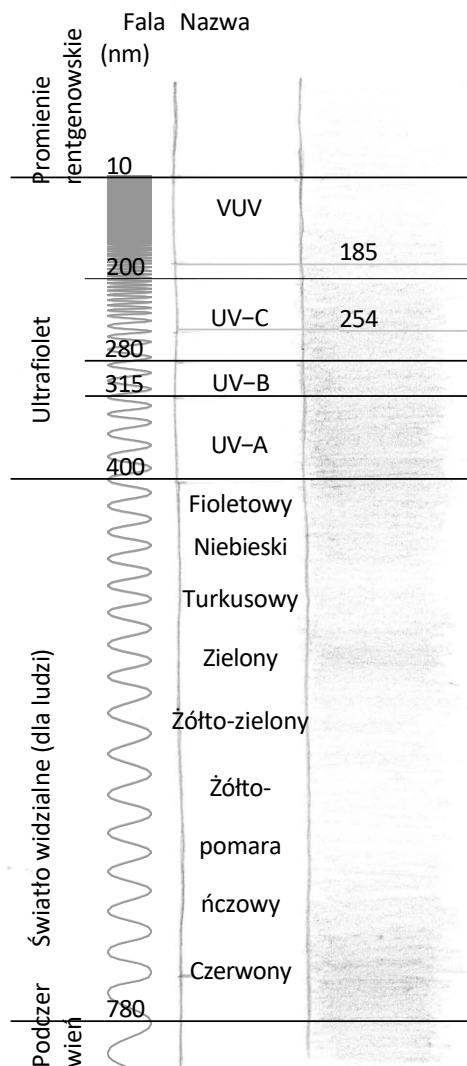
Potrzebujemy więc systemu UV-C, który jest specjalnie zaprojektowany do jednego z tych zadań. Ale nawet wtedy pozostaje pytanie, czy dane zadanie może zostać naprawdę zadowalająco wykonane.

4.1. Nieporozumienie dotyczące promieniowania UV-C

Systemy UV-C są często stosowane w oczyszczaczach powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych. W związku z pandemią, która ogarnęła cały świat, od 2020 r. rynek został dosłownie zalany przez tego typu oczyszczacze powietrza. Użytkownikom obiecano, że promieniowanie ultrafioletowe tych urządzeń może zabijać niebezpieczne wirusy. Ale jak to ma działać?

Optycznie systemy UV-C przypominają tradycyjne świetlówki, znane na przykład z systemów oświetleniowych w dużych biurach. Są one dostępne w różnych rozmiarach. Po włączeniu lampy UV-C nie świeci ona białym światłem, jak oświetlenie biurowe, ale mieni się niebieskim blaskiem, znanym z solariów. To niebieskie światło jest sztucznie wytworzonym promieniowaniem UV-C o krótkiej fali, o długości około 250 do 280 nanometrów.

Widmo elektromagnetyczne



UV-A i UV-B

Tylko te promienie UV docierają do Ziemi. Człowiek potrzebuje ich do produkcji witaminy D w organizmie. Powodują opalenie skóry. Jednak w zbyt dużych dawkach promieniowanie to jest szkodliwe, zarówno w krótkim okresie (ryzyko oparzeń słonecznych), jak i w długim okresie (ryzyko raka skóry).

UV-C

Do sterylizacji stosuje się sztucznie wytworzone promieniowanie UV-C o długości fali od 250 do 280 nm. Zwłaszcza 254 nm jest idealne do uszkodzenia materiału genetycznego mikroorganizmów. Promieniowanie UV-C jest również szkodliwe dla ludzi.

V (próżnia) UV

Ze spektrum ultrafioletowego wykorzystuje się sztucznie wytworzone światło o długości fali 185 nm w celu wytworzenia ozonu. Zastosowanie to działa wyłącznie ze specjalnymi rurkami kwarcowymi.

Czynnik długości fali

W przypadku systemów UV-C ważny jest zakres długości fal promieniowania, ponieważ tylko w ten sposób bakterie i wirusy są zabijane lub nie mogą się dalej rozmnażać dzięki uszkodzeniu ich materiału genetycznego. Wiedza ta jest od dawna wykorzystywana w technice medycznej, na przykład do dezynfekcji narzędzi chirurgicznych i medycznych. Urządzenia do dezynfekcji mają często postać prostokątnych skrzynek, które wyglądem przypominają dostępne w handlu kuchenki mikrofalowe. W skrzynkach tych zintegrowane są lampy UV-C, za pomocą których wewnątrz może być naświetlane w zakresie długości fal od 250 do 280 nanometrów. Przedmioty umieszczone w takim sterylizatorze ultrafioletowym są dezynfekowane przez promieniowanie UV-C.

Czynnik czasu

W arkuszach danych tych sterylizatorów UV-C wielokrotnie podkreśla się, że całkowita sterylizacja, czyli całkowite wyeliminowanie zarazków, może nastąpić już po około 30 sekundach naświetlania.

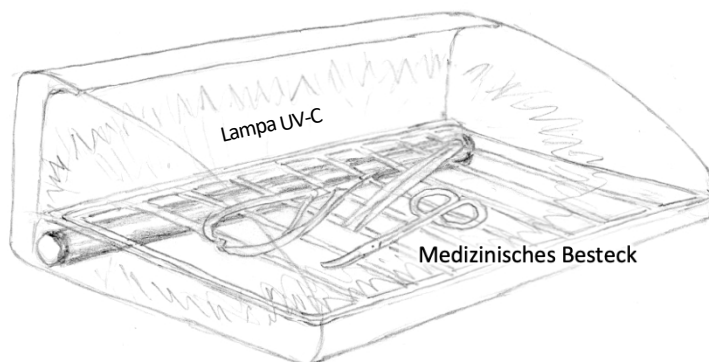
W większości sterylizatorów UV-C można ustawić czas dezynfekcji od 30 sekund do 60 minut, podobnie jak w przypadku ustawiania czasu w domowej kuchence mikrofalowej.

Długość fali+ Czas= Żądany rezultat

W ten sposób wyznaczyliśmy pierwszy obszar zastosowania, w którym istnieje wiele rozwiązań technicznych, produktów i doświadczeń: aby całkowicie unieszkodliwić wirusy i bakterie na przedmiotach takich jak nożyczki, noże, szczypce, igły itp., potrzebujemy sztucznie wytworzonego promieniowania ultrafioletowego o długości fali około 250 do 280 nanometrów. Bardzo ważne jest również, aby przedmioty te były wystawione na działanie promieniowania przez co najmniej 30 sekund, aby były naprawdę sterylne. Tak

Przynajmniej tak zalecają producenci sterylizatorów UV-C, które od wielu lat znajdują zastosowanie w technice medycznej.

Dezynfekcja w sterylizatorze UV-C



W tym nowoczesnym sterylizatorze proces przebiega w dwóch etapach:

- Promieniowanie UV-C (254 nm) przez co najmniej 30 sekund w celu zniszczenia materiału genetycznego mikroorganizmów.
- Promieniowanie VUV (185 nm) w celu całkowitego zabicia mikroorganizmów przez ozon.

Ilustracja 24

Jakie wnioski powinniśmy wyciągnąć z tego dla techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza?

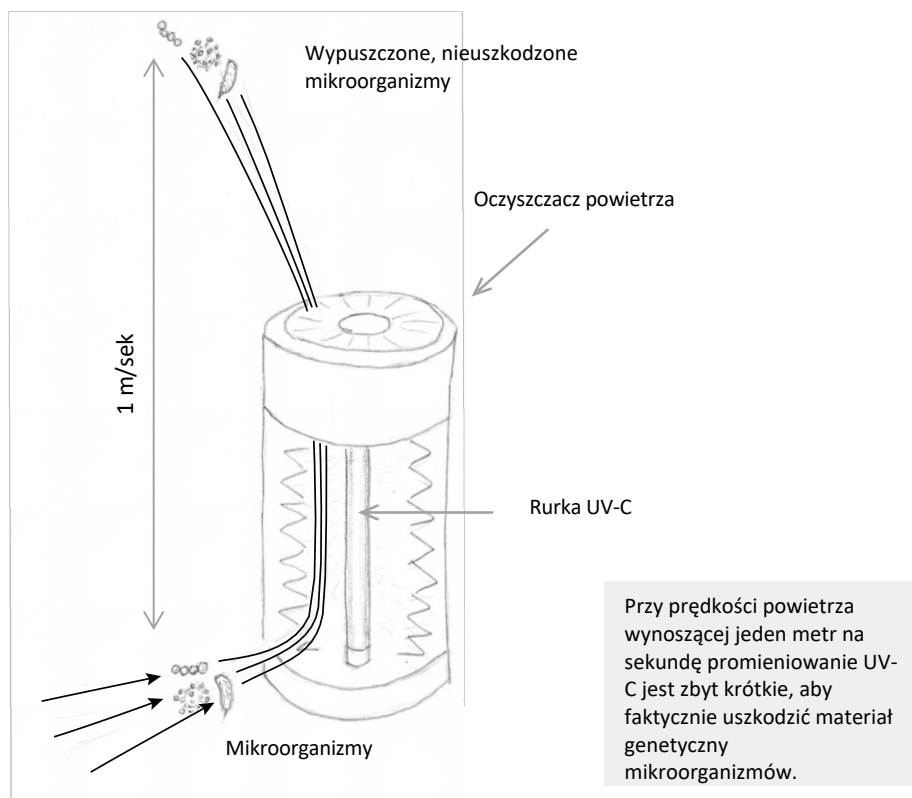
Właściwie odpowiedź na to pytanie jest dość prosta i oczywista: jeśli chcemy zabić bakterie i wirusy w strumieniu powietrza, potrzebujemy do tego tego samego promieniowania ultrafioletowego, które musi oddziaływać na wirusy i bakterie przez określony czas.

Nieporozumienie

Sterylizacja powietrza działa tak samo jak w przypadku przedmiotów.

Choć brzmi to prosto i logicznie, to właśnie tutaj pojawiają się problemy związane z techniką wentylacyjną. W urządzeniach wentylacyjnych i oczyszczaczach powietrza mamy do czynienia z przepływającym powietrzem, a nie z przedmiotami, które podczas sterylizacji pozostają w bezruchu przez pół minuty. Powietrze w urządzeniach wentylacyjnych i oczyszczaczach powietrza porusza się z prędkością co najmniej jednego metra na sekundę. Wszystko, co znajduje się w tym strumieniu powietrza, w tym bakterie i wirusy, pokonuje w ciągu sekundy co najmniej metr. W wielu instalacjach są to nawet większe odległości, od dwóch do pięciu metrów na sekundę.

Droga przebyta przez powietrze w ciągu sekundy



Ilustracja 25

Okoliczność ta stanowi już pierwszy problem i duże wyzwanie. Jak dowiedzieliśmy się z opisu sterylizatorów stosowanych w technice medycznej, bakterie i wirusy należy poddać działaniu promieniowania ultrafioletowego przez co najmniej trzydzieści sekund. Jak można to osiągnąć w systemie wentylacyjnym?

W przypadku instalacji wyciągowej o prędkości powietrza wynoszącej jeden metr na sekundę konieczny byłby kanał wyciągowy o długości trzydziestu metrów z lampami UV-C. Jednak nie znajdziesz takiej instalacji. Urządzenia wentylacyjne i oczyszczacze powietrza z lampami UV-C rzadko są dłuższe niż jeden metr. Można więc bardzo łatwo obliczyć, jak długo bakterie i wirusy przenoszone wraz z powietrzem są narażone na promieniowanie UV-C w tych urządzeniach: w takich systemach promieniowanie ma tylko sekundę, aby oddziaływanie na wirusy i bakterie. Jest to zdecydowanie zbyt krótki czas, aby zapewnić sterylizację.

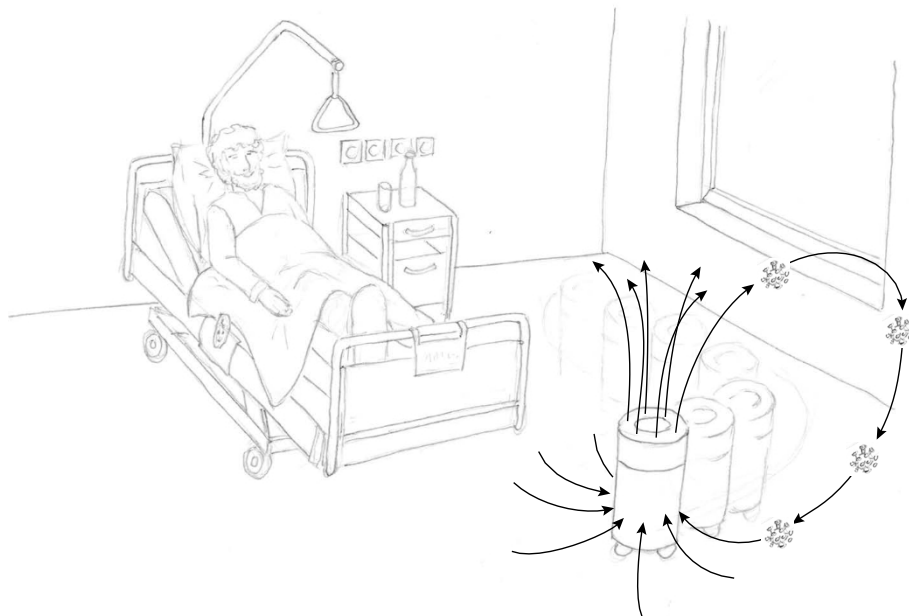
Nie wystarczy więc po prostu zamontować lampy UV-C w urządzeniu wentylacyjnym lub oczyszczaczu powietrza, a w większości przypadków nie ma to nawet sensu. Co zatem należy zrobić?

Jedną z możliwości byłoby doprowadzanie powietrza do obszaru działania lamp UV-C przez co najmniej pół minuty, aby uzyskać odpowiednio długi czas działania.

Przykład praktyczny: roboty dezynfekujące

Właśnie to robią nowo opracowane roboty dezynfekujące w szpitalach. Urządzenia te zostały opracowane podczas pandemii i mogą być stosowane w salach szpitalnych. Samodzielnie wjeżdżają do pomieszczenia i oczyszczają powietrze. W tym celu zasysają powietrze, a następnie wydmuchują je z powrotem. Powietrze jest poddawane działaniu promieniowania ultrafioletowego. Proces ten jest powtarzany w pomieszczeniu przez określony czas. Jak można się domyślić, pozwala to osiągnąć czas działania wynoszący co najmniej trzydzieści sekund.

Roboty dezynfekujące w salach szpitalnych



Tylko wtedy, gdy to samo powietrze przepływa przez robota dezynfekującego w „pętli ciągłej” (uproszczona ilustracja), zawarte w nim zarazki szpitalne mogą zostać unieszkodliwione przez promieniowanie UV-C.

Ilustracja 26

Proces ten może jednak przebiegać tylko wtedy, gdy mamy do dyspozycji zamkniętą przestrzeń, w której robot może przez określony czas zasysać, naświetlać i wydmuchiwać zawsze to samo powietrze. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja w przypadku pomieszczenia wentylowanego, do którego nawiewane jest świeże powietrze, a zużyte, zanieczyszczone powietrze jest z niego odsysane.

Czas nie wystarcza

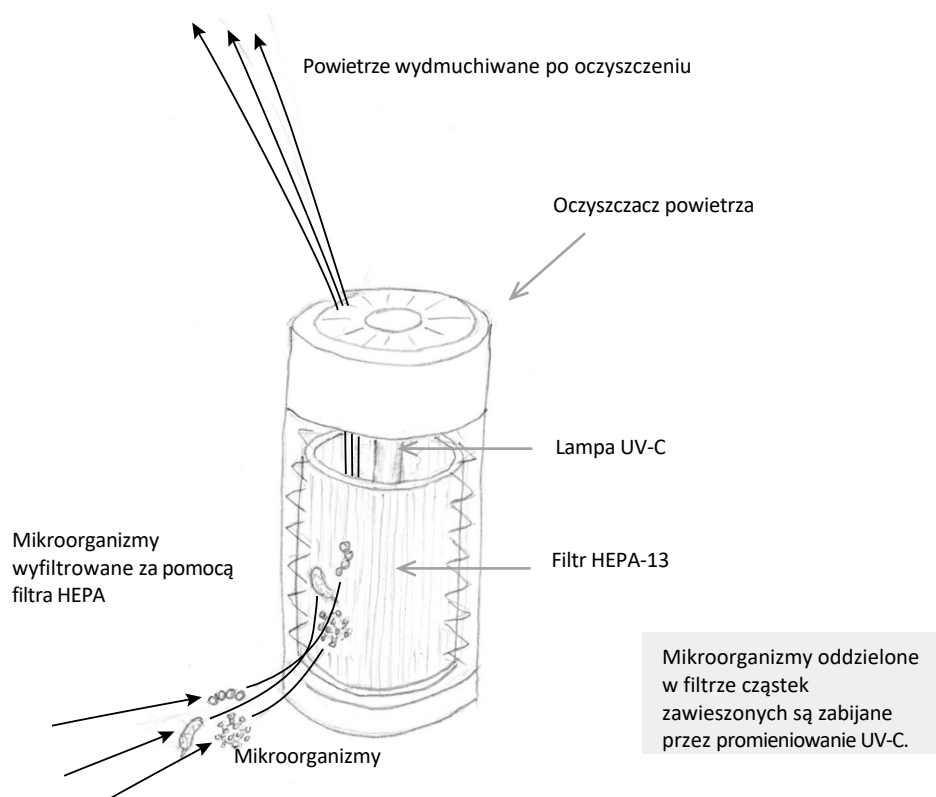
Nawet w przypadku prostych i małych oczyszczaczy powietrza zasysanie, oczyszczanie i wydmuchiwanie powietrza trwa zaledwie nieco ponad sekundę. Dlatego oczywiste jest, że w tak kompaktowych

oczyszczaczach powietrza nie ma możliwości sterylizacji powietrza wyłącznie za pomocą promieniowania UV-C. Po prostu nie ma na to wystarczająco dużo czasu.

Zastosowanie filtrów cząstek zawieszonych

Wydajność kompaktowych oczyszczaczy powietrza można poprawić poprzez zainstalowanie filtrów cząstek zawieszonych. Są to filtry o wysokiej wydajności, które mogą filtrować z powietrza nawet bardzo małe cząsteczki, a także wirusy i bakterie. W połączeniu z promieniowaniem UV-C, które wystarczająco długo naświetla ten wysokowydajny filtr, wirusy i bakterie mogą zostać zabite na filtrze.

Środki pomocnicze Filtry cząstek zawieszonych



Ilustracja 27

Istnieje wiele podobnych przykładów. Ostatecznie zawsze chodzi o to, aby odpowiednie promieniowanie ultrafioletowe oddziaływało na wirusy i bakterie wystarczająco długo, aby uszkodzić ich materiał genetyczny i zapobiec ich rozmnażaniu. Tylko całkowite zabicie organizmów pozwala osiągnąć prawdziwą sterylizację. Nieco bardziej naukowo można to podsumować w następujący sposób:

Promieniowanie ma śmiertelny wpływ na wirusy i bakterie, o ile jest wystarczająco intensywne i działa wystarczająco długo.

Czynnik intensywności promieniowania

Intensywność promieniowania zależy od lamp, a dokładniej od ich mocy na metr kwadratowy naświetlanej powierzchni. Im większa moc w watach, tym krótszy jest wymagany czas działania. Jeśli stosujemy słabe diody LED UV-C, które mają moc zaledwie kilku watów na diodę LED, potrzebujemy odpowiednio dłuższego czasu działania. Zależność jest stosunkowo prosta: im wyższa moc promieniowania i im dłuższy czas naświetlania, tym większe działanie dezynfekujące – i odwrotnie.

Przejdźmy teraz do usuwania olejów i tłuszczów z powietrza wywiewanego oraz do tego, w jaki sposób może w tym pomóc promieniowanie UV-C. Przy bliższym przyjrzeniu się tej kwestii natrafiamy na jedno z największych nieporozumień w dziedzinie techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza. Jest to jednak raczej tajemnica niż nieporozumienie i można ją opisać następującym pytaniem.

4.2. Czy promieniowanie UV-C może usuwać aerozole?

Jeśli wierzyć informacjom wielu producentów z branży wentylacyjnej, to tak. Często twierdzi się, że promieniowanie ultrafioletowe z lamp UV-C jest w stanie usuwać oleje i tłuszcze ze strumienia powietrza wywiewanego. Tajemnica ta jest szeroko rozpowszechniona, zwłaszcza w wentylacji kuchni przemysłowych. Według niektórych producentów to nie separatory aerozoli, które przedstawiłem w rozdziale drugim, ale raczej systemy UV-C rzekomo utrzymują wentylację kuchni w stanie wolnym od tłuszczu i oleju.

Jak już wyjaśniono wcześniej, oleje i tłuszcze mogą występować w powietrzu w postaci aerozoli lub w postaci odparowanej.

Nieporozumienie

Promieniowanie UV-C oczyszcza powietrze z tłuszczów i olejów.

Wielu producentów twierdzi, że odpowiedni system UV-C w kuchence wyciągowej może oddzielić wszystkie te formy tłuszczów i olejów z przepływającego powietrza i całkowicie oczyścić system wentylacji kuchennej z oleju i tłuszczu.

Brzmi świetnie, prawda? Niestety, te przełomowe właściwości oczyszczania powietrza nie zostały dotychczas ani razu potwierdzone na poziomie naukowym.

Wiemy już, jak złożony jest proces niezawodnego usuwania bakterii i wirusów za pomocą promieniowania UV-C. Oczyszczanie powietrza z aerozoli i kropelek olejów i tłuszczów za pomocą promieniowania ultrafioletowego to zupełnie inna sprawa!

Zaczyna się to już od wielkości i właściwości tych zanieczyszczeń powietrza: wirus jest wielokrotnie mniejszy niż aerozol olejowy. Ponadto wirusy i bakterie nie ulegają po prostu odparowaniu ani rozkładowi w inny sposób. Promieniowanie ultrafioletowe powoduje tak poważne uszkodzenia ich materiału genetycznego, że nie mogą się rozmnażać i giną.

W przypadku oczyszczania powietrza wywiewanego z olejów i tłuszczów twierdzi się, że ulegają one całkowitemu rozpuszczeniu i znikają – tak przynajmniej obiecują producenci! Jak to ma działać?

Nieporozumienie

Tłuszcz ulega całkowitemu rozkładowi w wyniku fotolizy.

Producenci wysuwają na ten temat najbardziej fantastyczne twierdzenia. Specjalne lampy UV mają rzekomo być w stanie rozkładać tłuszcz zawarty w powietrzu poprzez fotolizę. W ten sposób zanieczyszczenie tłuszczem miałyby zostać zmniejszone o 95%, a tłuszcz przekształcony w produkty końcowe, takie jak tlen, dwutlenek węgla, woda i pyłowe pozostałości.

Na pytanie, w jaki sposób takie twierdzenia zostały zmierzone i zweryfikowane, zawsze słyszy się odpowiedź: „Tak to zaobserwowaliśmy!” lub „Montujemy takie urządzenia od wielu lat i zawsze tak to obserwowaliśmy, nie możemy się mylić!”.

W większości przypadków nie ma żadnych urządzeń pomiarowych, protokołów pomiarowych ani badań, które choćby w najmniejszym stopniu potwierdzałyby te stwierdzenia i obserwacje. Obietnice i zapewnienia są uzasadniane wieloletnim doświadczeniem i własnymi obserwacjami, które przez tak długi czas nie mogły być błędne.

Przykład praktyczny: wartości emisji spalin

Również koncern VW ma wieloletnie doświadczenie w rozwoju silników wysokoprężnych i był przekonany, że nie może się mylić co do wartości emisji spalin swoich silników.

Skąd bierze się ta przesadna gorliwość? Dlaczego tak wielu producentów stosuje tę technologię w wentylacji przemysłowej kuchni?

Ponieważ jest to niezwykle lukratywny biznes. Zakup rur nie stanowi problemu, a ich integracja z systemem wywiewu powietrza jest w stanie wykonać każdy średnio doświadczony elektryk, dzięki czemu przy naprawdę niewielkim nakładzie można podnieść wartość systemu wentylacji kuchni o wiele tysięcy euro!

Nieporozumienie

System wentylacji kuchni można w każdym przypadku ulepszyć poprzez zastosowanie światła UV.

Powstaje jednak pytanie: czy naprawdę podniosła się wartość systemu? Czy tłuszcz i olej są usuwane w 95%? Czy dzięki tej dodatkowej inwestycji użytkownik faktycznie zyskuje trwałą wartość dodaną?

Aby udzielić rzetelnej odpowiedzi, należy przyjrzeć się faktom. Dopiero wtedy możemy podjąć próbę odpowiedzi na powyższe pytania. W tym celu wymieniamy wszystkie potwierdzone fakty dotyczące tych mitów:

1. System UV musi wytwarzać ozon

Systemy UV-C mają wpływ na tłuszcze i oleje w powietrzu wywiewanym z kuchni przemysłowych tylko wtedy, gdy zastosowane są odpowiednie lampy UV-C. Muszą one emitować promieniowanie ultrafioletowe o długości fali poniżej 200 nanometrów. Jest to możliwe tylko w przypadku lamp

z syntetycznego szkła kwarcowego. Sztuczka polega na tym, że promieniowanie ultrafioletowe o długości fali 185 nanometrów nie jest filtrowane przez to szkło i może być emitowane. Jest to podstawowy warunek do produkcji ozonu.

2. Ozon ma za zadanie utleniać tłuszcze i oleje.

Przy zastosowaniu odpowiednich rur i promieniowania o właściwej długości fali w systemie wentylacyjnym powstaje ozon. Ozon jest niezbędny, aby uzyskać jakikolwiek efekt na olejach, tłuszczach i wielu innych substancjach. Jest to jednak bardzo silny środek utleniający. Z tego powodu jest również szkodliwy dla zdrowia, a nawet podejrzewa się, że ma właściwości rakotwórcze. W powietrzu wywiewanym z kuchni można jednak spróbować utlenić oleje i tłuszcze. Ale mówię to świadomie: można SPRÓBOWAĆ!

Raport badawczy z USA

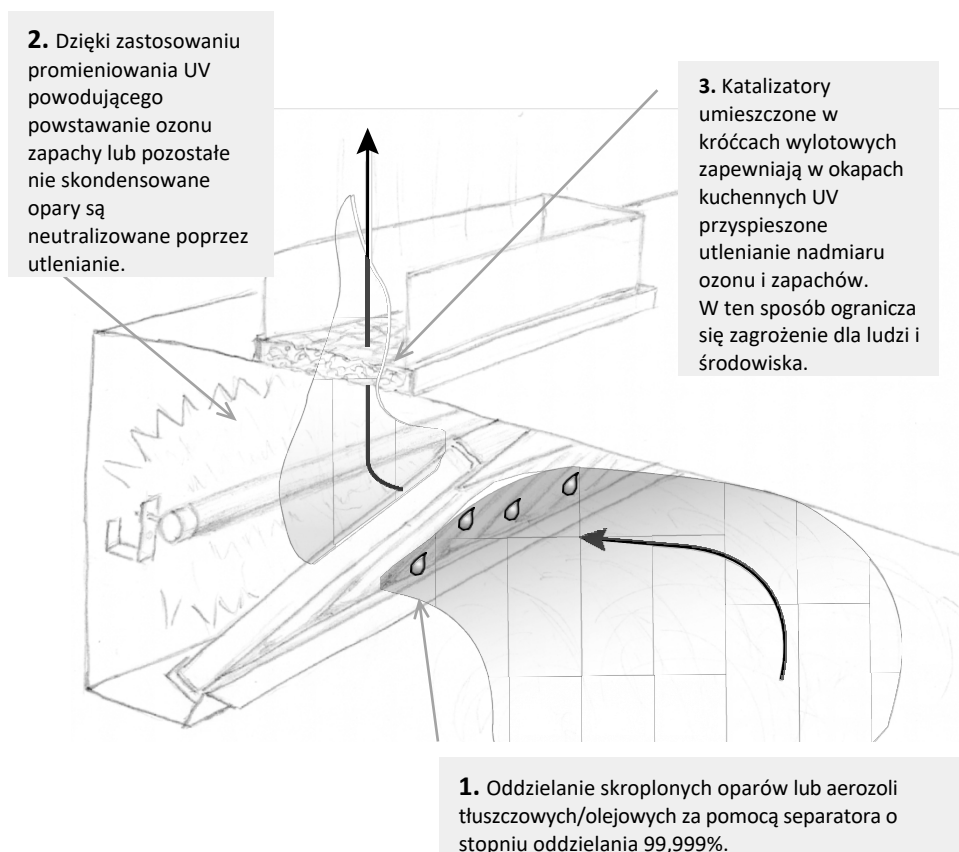
Najnowsze badania przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych dowodzą, że działanie utleniające na oleje i tłuszcze rzeczywiście występuje, jednak nie jest zbyt skuteczne. Oleje i tłuszcze ulegają tylko częściowemu utlenieniu, a twierdzenie, że można je całkowicie usunąć, nie znajduje potwierdzenia w badaniach. Wręcz przeciwnie! Ze względu na wysokie zagrożenie związane z ozonem pojawia się raczej pytanie, czy produkcja ozonu w takich systemach nie szkodzi środowisku bardziej niż pomaga! Odpowiedni raport badawczy został opublikowany w 2020 r. przez ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) i nosi tytuł „Research Project 1614 Determining the Effectiveness of UVC Systems on Commercial Cooking Effluent” (Projekt badawczy 1614 Określenie skuteczności systemów UVC w odprowadzanych ściekach z kuchni komercyjnych).

3. Skuteczne usuwanie tłuszczu na wstępie

Ze względu na niewielki wpływ ozonu na oleje i tłuszcze, w systemach wentylacji kuchni należy położyć główny nacisk na wychwytywanie, odsysanie i oczyszczanie powietrza wywiewanego za pomocą filtrów i separatorów, tak aby w ten sposób w jak największym stopniu usunąć z niego oleje i tłuszcze. Jeśli powietrze wywiewane ma ponadto silny zapach, jest to związane z odparowaniem

olejami i tłuszczami. W tym celu – i tylko w tym celu – można w ograniczonym zakresie zastosować system UV-C, który wytwarza ozon. Nie można jednak zapominać o potencjalnym zagrożeniu związanym z takimi systemami.

Sensowne zastosowanie promieniowania UV w okapach kuchennych



Ilustracja 28

4. Ozon jest potencjalnie rakotwórczy.

Urządzenia UV-C, które wytwarzają ozon poprzez promieniowanie, stanowią duże zagrożenie, o którym użytkownicy w kuchniach przemysłowych są zbyt rzadko informowani, nie mówiąc już o szczegółowych instrukcjach dotyczących zapobiegania zagrożeniom dla zdrowia. Jak już wspomniano wcześniej, promieniowanie to może uszkadzać materiał genetyczny wirusów i bakterii. Jednak szkodliwy wpływ na materiał genetyczny nie ogranicza się tylko do wirusów i bakterii. Dotyczy on również ludzi narażonych na działanie tego promieniowania. Wytwarzany ozon jest gazem szkodliwym dla zdrowia i podejrzanym o działanie rakotwórcze.

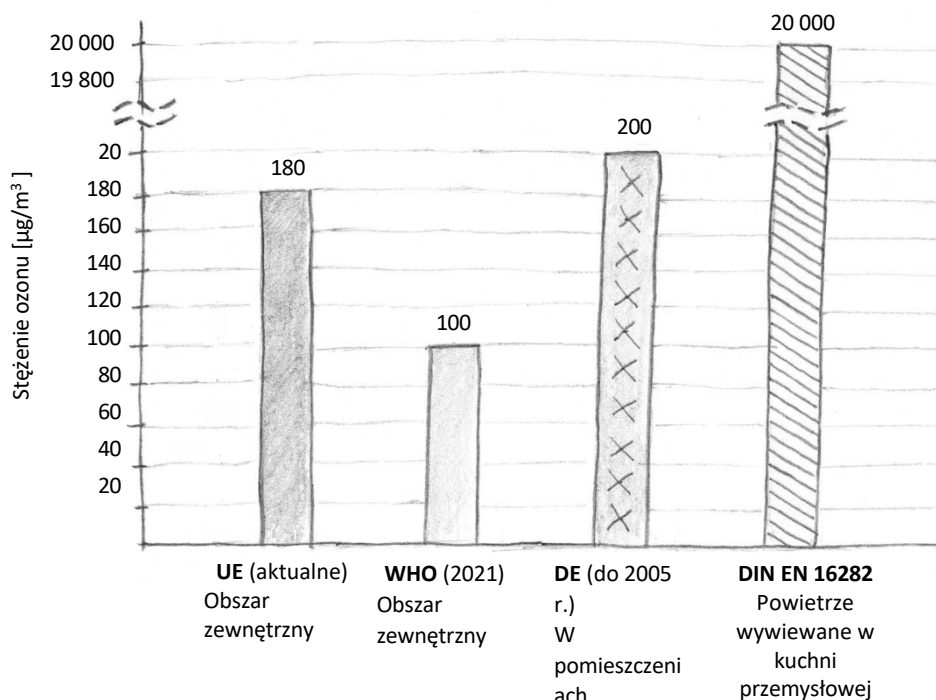
Z tego powodu w Niemczech zniesiono wszystkie wartości graniczne ozonu w pomieszczeniach zamkniętych. W miastach regularnie uruchamiany jest alarm ozonowy, gdy wartości ozonu na zewnątrz są zbyt wysokie. W przypadku wysokich wartości zaleca się ludności, aby nie uprawiała sportu na świeżym powietrzu i w miarę możliwości pozostała w domu. Jednak w wielu rozwiązaniach technicznych stosowanych w wentylacji i oczyszczaniu powietrza wykorzystuje się właśnie promieniowanie, które wytwarza tak niebezpieczne gazy.

Przykład praktyczny: wentylacja kuchni

Już kilkakrotnie spotkałem się z sytuacją, w której kucharze mówili mi o świetłówkach za filtrami w okapach kuchennych i nie byli pewni, czy nadal działają. Kiedy poinformowałem ich i personel kuchni, że nie są to świetłówki, ale systemy UV-C, które wytwarzają niebezpieczne promieniowanie i uwalniają gazy szkodliwe dla zdrowia, niejednokrotnie widziałem przerażone miny.

To tyle, jeśli chodzi o fakty, które nie są wyczerpujące i z pewnością można by je uzupełnić o kilka punktów.

Wartości graniczne ozonu



UE: maksymalne stężenie w ciągu godziny dziennie (średnia z 1 godziny), w przypadku przekroczenia tej wartości informowana jest ludność



WHO: maksymalne stężenie w ciągu ośmiu godzin dziennie (średnia z ośmiu godzin)



DE (obowiązywała do 2005 r.): dzienna MAK (maksymalna stężenie w miejscu pracy). Od tego czasu w Niemczech nie obowiązują żadne wartości graniczne stężenia ozonu w pomieszczeniach zamkniętych, ponieważ ozon jest podejrzany o działanie rakotwórcze na ludzi.
W Szwajcarii nadal obowiązuje MAK wynoszący 200 µg.



Zgodnie z normą **DIN EN 16282** najwyższa dopuszczalna wartość ozonu w powietrzu odprowadzanym z okapu kuchennego wynosi 20 000 µg. Jest to 100-krotność wartości dopuszczalnej w miejscu pracy w Niemczech (obowiązującej do 2005 r.)! Lub 200-krotność średniej wartości dla 8 godzin określonej przez WHO dla obszaru zewnętrznego!

Kolejną kwestią jest na przykład technika pomiarowa. Nie można sobie nawet wyobrazić, jak wielu producentów sprzedaje systemy wytwarzające ozon, ale nie dysponuje odpowiednią techniką pomiarową do określenia stężenia niebezpiecznego gazu ozonowego.

Nieporozumienie

Oleje i tłuszcze uległy rozpuszczeniu, ponieważ nie można ich było zmierzyć (przy użyciu określonych technik).

Są też producenci, którzy za pomocą odpowiedniej techniki pomiaru cząstek dostarczają rzekomo wiarygodny dowód na usunięcie wszystkich olejów i tłuszczów. W takich przypadkach często wystarczyłby prosty pomiar temperatury. Dlaczego? W niektórych systemach w kanale wywiewnym lub okapie kuchennym zainstalowanych jest kilkadziesiąt lamp UV-C. Podczas pracy lampy te bardzo się nagrzewają, ogrzewając całe otoczenie. Powoduje to odparowanie wielu olejów i tłuszczów.

5. Jak można uwidocznić przepływ powietrza?



Na początku pandemii w 2020 roku w Niemczech zaobserwowaliśmy „ciekawý” trend. Nie tylko oferta kompaktowych oczyszczaczy powietrza nagle eksplodowała, ale także pojawiły się setki ekspertów ds. wentylacji i aerodynamiki. Powstały tysiące graficznych przedstawień przepływu powietrza w biurach typu open space lub salach lekcyjnych, które były pokazywane wszędzie. Co łączyło wszystkie te ilustracje? Były pięknie kolorowe i zawierały wiele strzałek. Większość z nich wskazywała na oczyszczacz powietrza, który miał być umieszczony w rogu pomieszczenia i oczyszczać powietrze z wirusów i zanieczyszczeń.

Z rozdziału 1 wiemy już, że zasysanie powietrza jest niezwykle skomplikowanym procesem – . Już samo to powinno wystarczyć, aby zrozumieć, że oczyszczacz powietrza ustawiony w rogu pomieszczenia nie jest w stanie zasysać całego powietrza w sali lekcyjnej lub dużym biurze. Nie ma znaczenia, ile kolorowych strzałek wskazuje na oczyszczacz powietrza – powietrze nie będzie do niego przepływać (patrz rys. 5)!

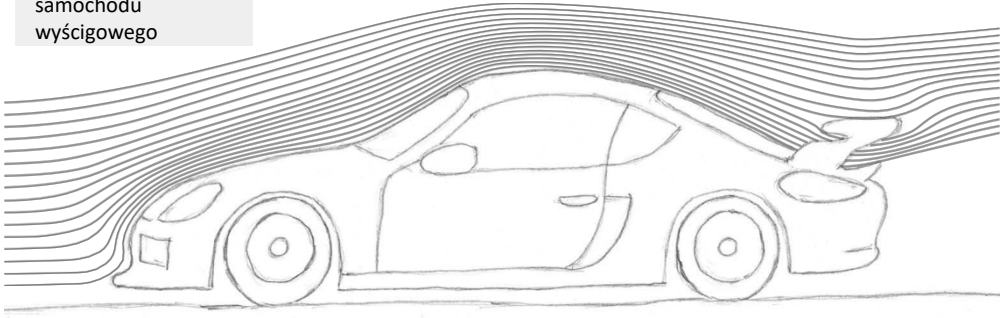
Większość tych kolorowych grafik przedstawia więc po prostu fikcyjne przepływy powietrza, które nie mają nic wspólnego z rzeczywistością. Ale jak można określić rzeczywisty przebieg tych przepływów powietrza i uwidocznć je?

Podstawowe badania nad analizą przepływów powietrza

Instytut Hermanna Rietschela przy Uniwersytecie Technicznym w Berlinie prowadzi szeroko zakrojone badania podstawowe w tej dziedzinie. Przedstawiciele instytutu tak wypowiadają się na temat analizy przepływów powietrza i skuteczności środków wentylacyjnych: „Aby ocenić, jak dobrze przebiega wymiana powietrza i usuwanie zanieczyszczeń w pomieszczeniu oraz w każdym jego punkcie, stosujemy tzw. współczynnik skuteczności wentylacji. Można ją określić za pomocą numerycznych symulacji przepływu i/lub pomiarów. We wszystkich naszych projektach stosujemy te metody do oceny przepływu powietrza w pomieszczeniach i opracowywania nowych, skutecznych form wentylacji”.

Wizualizacja przepływu powietrza

Wizualizacja
aerodynamiki
samochodu
wyścigowego



W budowie samolotów i samochodów wyścigowych symulacja przepływu jest znana od dawna. Obecnie obliczenia i wizualizacja przepływów powietrza są również wykorzystywane do optymalizacji w technice wentylacji pomieszczeń.

Ilustracja 30

Co to oznacza dla nas? Potrzebujemy więc symulacji przepływu i odpowiedniej techniki pomiarowej. Właśnie o tym wspomnieliśmy w poprzednich rozdziałach, na przykład w związku z filtrowaniem aerozoli lub technologią UV-C. Jak ta metoda jest stosowana w przypadku przepływu powietrza?

5.1. Nieporozumienie spowodowane kolorowymi obrazkami przedstawiającymi przepływ powietrza

Kolorowe obrazki z wieloma strzałkami nie przedstawiają numerycznej symulacji przepływu, ani nie są oparte na wartościach pomiarowych uzyskanych w wyniku skomplikowanej serii pomiarów. W większości przypadków są to dowolnie wymyślone przedstawienia przepływu powietrza, które nie mają nic wspólnego z rzeczywistymi warunkami. Są one więc w dosłownym tego słowa znaczeniu wzięte z powietrza i nie odzwierciedlają nawet w najmniejszym stopniu rzeczywistości!

Nieporozumienie

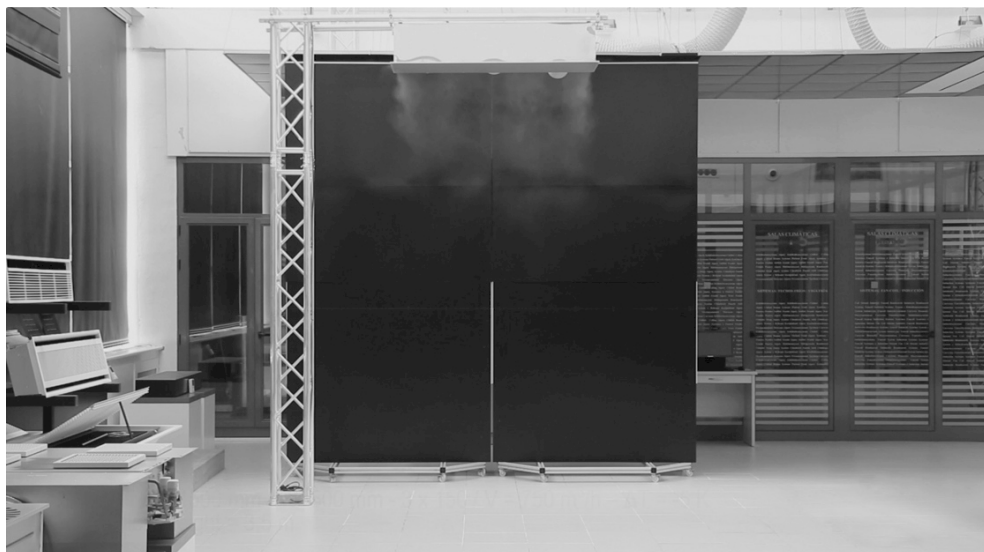
Przebieg przepływu powietrza jest przewidywalny.

Powszechnym błędnym przekonaniem w technice wentylacyjnej jest pochopne założenie, że można z góry przewidzieć zachowanie powietrza. W rozdziale 2 pokazaliśmy, do jakich błędnych interpretacji i wniosków może to prowadzić podczas opracowywania produktu. Również my w naszym zespole popełniliśmy ten błąd – podczas opracowywania naszej technologii X-CYCLONE®.

Centrum kompetencji CFD firmy SCHAKO

W naszej grupie firm SCHAKO mamy nawet własny zespół zajmujący się symulacją przepływów i techniką pomiarową. W SCHAKO IBERIA w Hiszpanii stworzyliśmy centrum kompetencji CFD. Zespół ten zajmuje się głównie zadaniem, które tak trafnie opisał Instytut Hermanna Rietschela Uniwersytetu Technicznego w Berlinie! W naszym centrum kompetencji CFD za pomocą numerycznych symulacji przepływu i odpowiednich urządzeń pomiarowych wizualizujemy przepływy powietrza.

Laboratorium SCHAKO w akcji



Wgląd w konstrukcję testową do wizualizacji przepływów powietrza nawiewanego

Ilustracja 31

Nieporozumienie

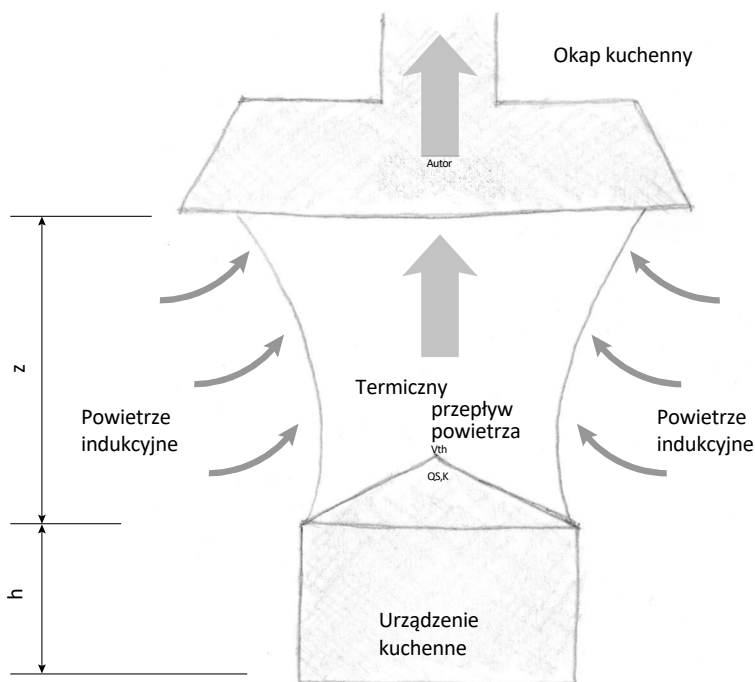
Modele wizualizacyjne odpowiadają rzeczywistości.

Również normy i wytyczne często opierają się na tych samych błędnych wyobrażeniach, co przedstawienia na „kolorowych obrazkach”. Wytyczne dotyczące wentylacji kuchni przemysłowych, takie jak VDI 2052, oraz normy międzynarodowe, takie jak DIN EN 16282, obowiązujące w całej Europie, również zawierają przedstawienia z kolorowymi strzałkami. Ilustracje przedstawiają urządzenia kuchenne oraz przepływ powietrza z tych urządzeń do okapu kuchennego. Dodatkowe strzałki skierowane do pomieszczenia mają przedstawiać przepływ świeżego powietrza do kuchni. Najczęściej są one rysowane jako proste pionowe lub poziome strzałki, które sugerują ostro oddzielony przepływ.

Strzałka biegnąca pionowo w górę od urządzenia kuchennego, sięgająca aż do okapu kuchennego, ma przedstawiać powietrze, które jest tam bezpośrednio i natychmiastowo odsysane – należy tu zadać pytanie, co ma to wspólnego z rzeczywistością? W każdym razie niewiele wspólnego z rzeczywistym przepływem powietrza. Jest to model, który ma przedstawiać termikę nad urządzeniem kuchennym. Termika ta powoduje powstanie strumienia powietrza skierowanego do góry. Jest on wychwytywany przez okap kuchenny nad urządzeniem kuchennym i odsysany. Tak wygląda model zgodnie z wytyczną VDI 2052. Nie ma wątpliwości, że jest to model, na podstawie którego można wywnioskować wiele rzeczy. Na przykład na tym modelu opierają się procedury projektowania i obliczania niezbędnych ilości powietrza wywiewanego. Za pomocą tych modeli oblicza się minimalną ilość powietrza wywiewanego, jaką musi zapewnić okap kuchenny w zależności od używanych urządzeń kuchennych.

Jak dotąd wszystko w porządku. Jednak często do błędnych interpretacji i nieporozumień prowadzi założenie, że taki model przepływu odpowiada rzeczywistości. Niestety zazwyczaj tak nie jest.

Prosty model przepływu powietrza w wentylacji kuchennej



Odtworzony model przepływu zgodnie z wytyczną VDI 2052:

Przedstawienie i przebieg strzałek nie mają żadnego wpływu na rzeczywiste zachowanie lub rzeczywisty przebieg poszczególnych strumieni powietrza.

Ilustracja 32

Rzeczywisty przebieg strumieni powietrza i jego znaczenie

Jak już wiemy, tradycyjne okapy kuchenne i okapy wyciągowe mogą odciągać opary kuchenne unoszące się do góry tylko w bardzo ograniczonym zakresie. Bardzo często opary te gromadzą się w tradycyjnych okapach wyciągowych, nie będąc natychmiast odciągane. W ten sposób opary, które zostały najpierw wychwycone, mogą nawet ponownie wydostawać się z okapu kuchennego.

Model przepływu zawarty w wyżej wymienionej dyrektywie odzwierciedla rzeczywiste zachowanie przepływów powietrza tylko w bardzo ograniczonym zakresie. Dotyczy to również modeli zawartych w innych dyrektywach i normach. Podobnie jak w przypadku wszystkich modeli naukowych, również i tutaj ważne byłoby dokładne zdefiniowanie ram modelu, a więc precyzyjne określenie zakresu jego ważności. Jeśli model zostanie uznany za ogólnie obowiązujący i zrozumiany jako odzwierciedlenie rzeczywistych warunków, doprowadzi to do fundamentalnych nieporozumień! Zostaną one widoczne najpóźniej podczas fachowej i prawidłowej symulacji CFD.

5.2. Symulacje CFD uwidaczniają przepływy powietrza!

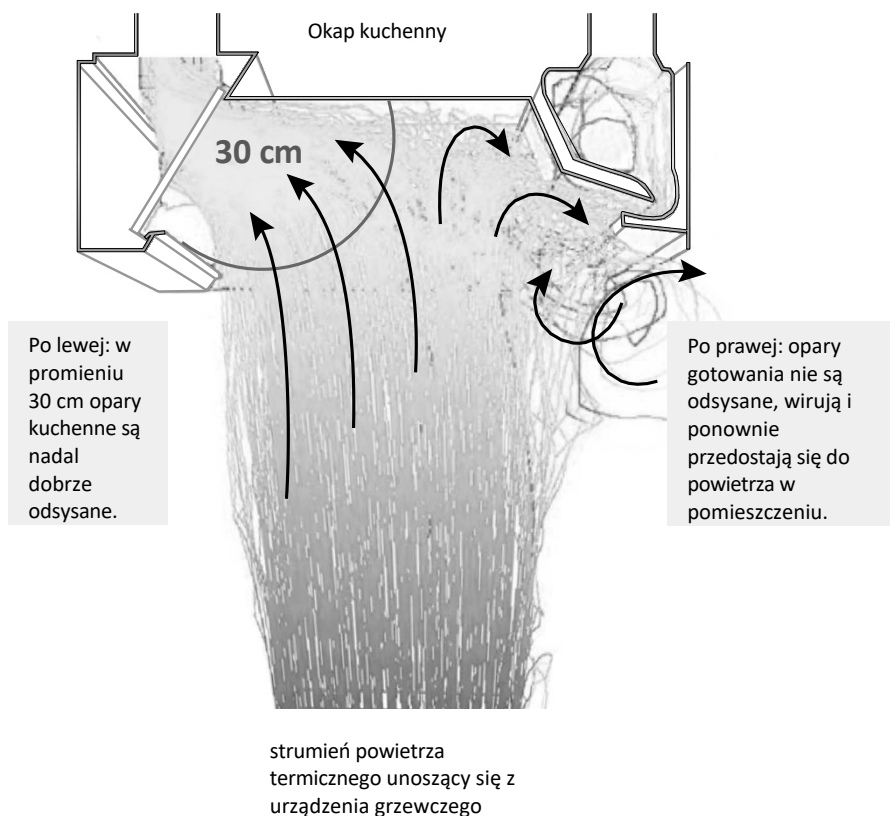
Dobrze wykonane symulacje CFD pokazują wszystkie wielkości fizyczne przepływu powietrza w całym obszarze. Dzięki temu można również wykazać i udowodnić działanie i wydajność systemu wentylacyjnego. W rozdziale 1 pokazaliśmy już szczegółowo, że tradycyjne osłony pomiarowe mogą odciągać opary unoszące się w górę tylko w ściśle ograniczonym obszarze wokół miejsca zasysania. Już w odległości 50 centymetrów od filtrów i miejsca zasysania nie jesteśmy w stanie zmierzyć żadnego odciągania. W symulacji CFD jest to bardzo łatwe do zauważenia i na podstawie przepływów powietrza można stwierdzić, że opary ponownie wydostają się z okapu kuchennego. Opary i strumienie powietrza wychwycone najpierw w okapie kuchennym ponownie uciekają i nie są odsysane!

Nieporozumienie

W okapie kuchennym wszystkie unoszące się opary są odsysane.

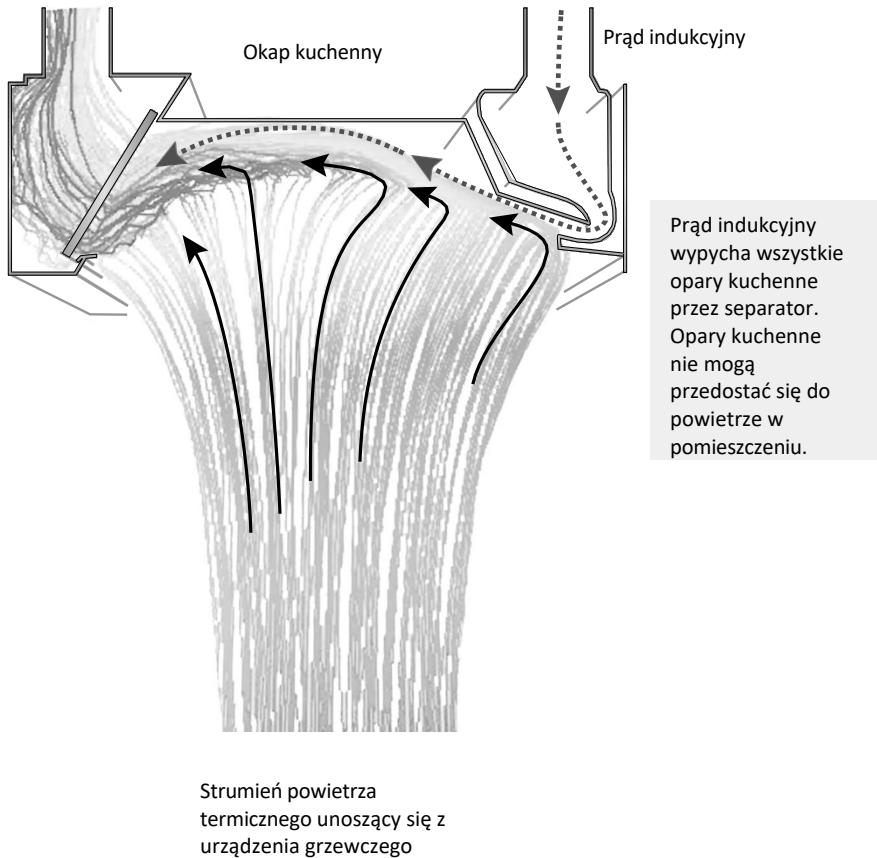
Obserwacja ta obala założenie modelu, że całe powietrze przepływające z kierunku gotowania w górę do okapu jest tam natychmiast odsysane. Jak można zareagować na ten problem i jakie zmiany w produkcie są konieczne w świetle tych ustaleń, wiemy już z poprzednich rozdziałów.

Schemat przepływu CFD w okapie kuchennym bez strumienia indukcyjnego



Na tej symulacji CFD przepływu powietrza w jednej z naszych okapów kuchennych dobrze widać, jak przy intensywnym gotowaniu opary kuchenne wirują poza promieniem ssania i ponownie dostają się do powietrza w pomieszczeniu.

Obraz przepływu CFD okapu kuchennego z prądem indukcyjnym



Symulacja CFD pokazuje wydajność prądu indukcyjnego.

Ilustracja 34

W tym rozdziale widzimy więc, jak wiele nieporozumień istnieje obecnie w dziedzinie techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza. Wyjaśniłem już, że w przeszłości takie nieporozumienia miały miejsce również w firmie REVEN GmbH. Na zakończenie tej serii przedstawiam jeszcze

5. Jak można dowiedzieć się, czy przepływa powietrze?
jeden przykład:

W przemyśle często stosuje się tzw. technikę powietrza źródłowego do wprowadzania świeżego powietrza do pomieszczeń. Jest to system doprowadzania świeżego powietrza o niskiej intensywności. Oznacza to, że świeże powietrze przepływa do pomieszczenia z niewielką prędkością przez cienkie blachy perforowane. Takie systemy powietrza źródłowego są idealne tam, gdzie wymagany jest najwyższy komfort, ponieważ niska prędkość powietrza zapewnia cichy i bezprzeciągowy dopływ świeżego powietrza. W idealnym przypadku powstaje tzw. przepływ warstwowy. Świeże powietrze nie miesza się intensywnie z powietrzem znajdującym się w pomieszczeniu, a dzięki temu sprytnemu wprowadzaniu w powietrzu w pomieszczeniu tworzą się warstwy, zarówno ze świeżego, niewykorzystanego powietrza, jak i zużytego lub zanieczyszczonego powietrza. W idealnym przypadku te różne warstwy powietrza wpływają na siebie i zakłócają się w jak najmniejszym stopniu. Jak można to zrealizować w praktyce? Wielu producentów rozwiązuje ten problem za pomocą ładnych „kolorowych obrazków” z wieloma strzałkami, podobnych do modelu zawartego w wytycznych VDI.

Również my w REVEN około 20 lat temu ulegliśmy błędnym wnioskowi wynikającemu z tego modelu. Zaprojektowaliśmy nowe produkty do nawiewu powietrza, w których blachy były zintegrowane w kilku warstwach. Były to blachy perforowane, czyli blachy z tysiącami małych otworów. Służą one do wyrównywania przepływu powietrza.

Naszym zdaniem strumień świeżego powietrza powinien być ładnie rozdzielony, tak aby równomiernie i powoli „spływał” do pomieszczenia. Można to sobie wyobrazić podobnie jak w przypadku głowicy prysznicowej. Silny, skoncentrowany strumień wody z przewodu wodociągowego jest równomiernie rozdzielany i wypływa z głowicy prysznicowej bez dużego ciśnienia.

Przykład praktyczny: systemy powietrza źródłowego – nasze założenie

W oparciu o tę zasadę około 20 lat temu opracowaliśmy systemy powietrza źródłowego REVEN®, ponieważ nasz zespół był w 100% przekonany, że z takich systemów do pomieszczenia będzie „spływać” tylko bardzo drobno rozdzielone świeże powietrze tworząc tam wyraźnie oddzieloną warstwę przepływu zużytego powietrza, a oba strumienie powietrza nie będą miały na siebie żadnego wpływu. Tak samo jak w wielu wyżej wymienionych

Model przedstawia: ładne niebieskie strzałki wskazujące, jak powietrze nawiewane przepływa prosto do pomieszczenia i tworzy warstwę świeżego powietrza, nie zakłócając przepływu powietrza wywiewanego oznaczonego czerwonymi strzałkami, dzięki czemu może ono swobodnie przepływać do okapu wyciągowego, gdzie jest bezpośrednio wychwytywane i odsysane.

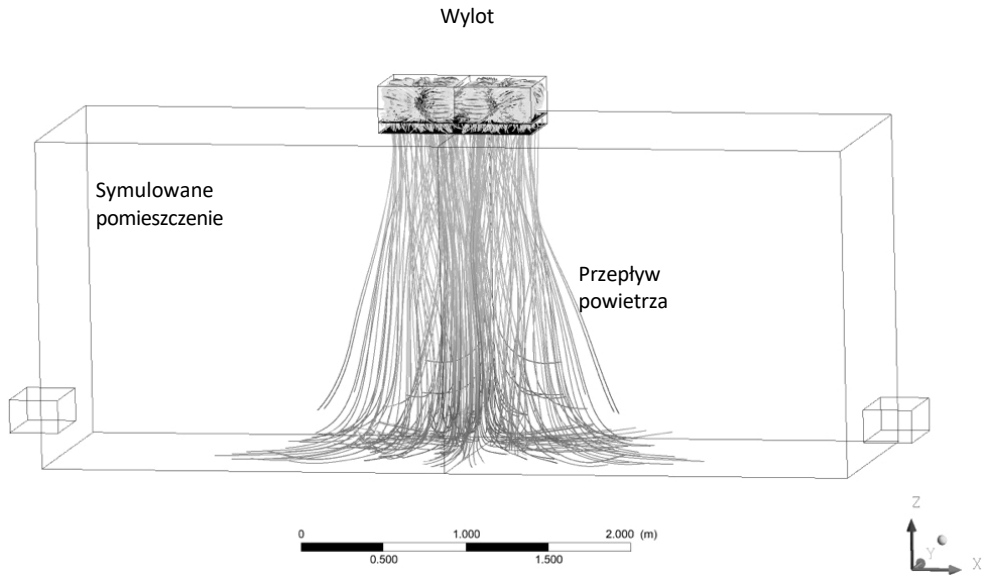
Przykład praktyczny: systemy powietrza źródłowego – wątpliwości

Pamiętam jeszcze, jak w 2017 roku przedstawiałem nasze produkty z powietrzem źródłowym ekspertowi z hiszpańskiego zespołu SCHAKO CFD. Na podstawie wielu wspaniałych kolorowych obrazków ze strzałkami wyjaśniłem mu, co potrafią nasze produkty z powietrzem nawiewnym. Kiedy dokładnie przyjrzał się naszej konstrukcji i przeanalizował odpowiednie plany konstrukcyjne, pojawiły się wątpliwości, które dość szybko ostudziły mój optymizm. „Sven, musimy to zasymulować i zmierzyć, mam wątpliwości, czy wszystko jest tak, jak mi to właśnie wyjaśniłeś”. I co mogę powiedzieć? Miał rację!

Przykład praktyczny: systemy powietrza źródłowego – rzeczywistość

Kiedy technik pokazał mi swoje pierwsze analizy CFD, niemal dostałam zawału serca. Już krótko po przepłynięciu ostatniej blachy perforowanej napływające świeże powietrze rozchodziło się wachlarzowo, tworząc dokładnie odwrotny efekt niż ostro odgraniczona warstwa, która przepływa bezpośrednio od sufitu w kierunku podłogi. Nie mogłem uwierzyć w to, co widziałem w analizie CFD. Następnie technik zbadał nasz stary wylot powietrza zasilającego w laboratorium przepływowym i za pomocą maszyn wytwarzających mgłę uwidoczniał przepływy powietrza. Badanie to dało taki sam wynik jak analiza CFD. Najpóźniej w tym momencie stało się dla mnie jasne, że w REVEN popełniliśmy ogromny błąd!

Analiza CFD naszego wylotu



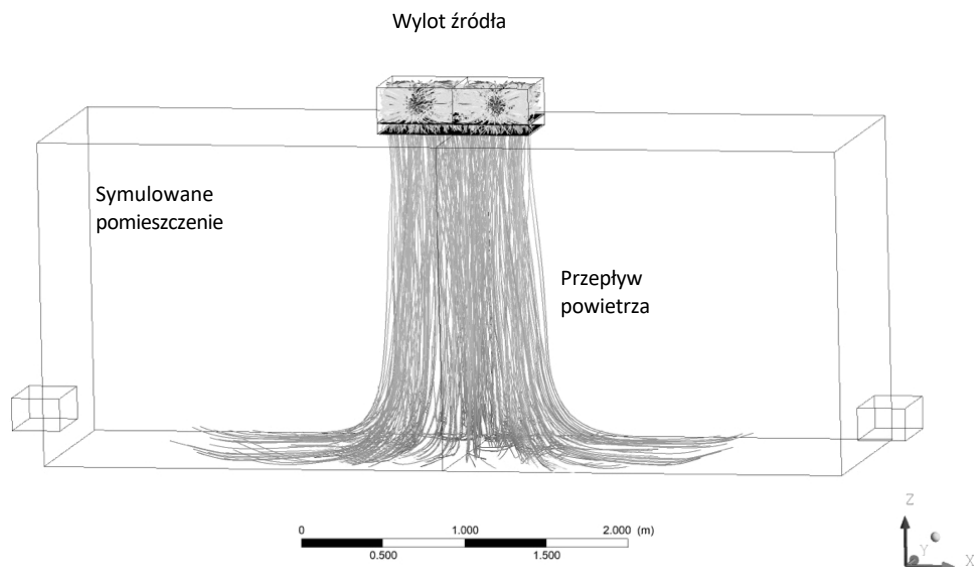
Symulacja CFD pokazuje rozprzestrzenianie się powietrza nawiewanego z sufitu.

Ilustracja 35

Przykład praktyczny: systemy powietrza źródłowego – optymalizacja dzięki CFD

Zgodnie z mottem „zagrożenie rozpoznane, zagrożenie zażegnane” w 2017 roku zaczęliśmy robić dokładnie to, co powinniśmy byli zrobić od samego początku. Zoptymalizowaliśmy wydajność naszych produktów nawiewnych za pomocą symulacji CFD i techniki pomiarowej, osiągając wydajność bardzo zbliżoną do kolorowego obrazka z niebieską strzałką skierowaną w dół od sufitu w kierunku podłogi.

Optymalizacja wylotu powietrza

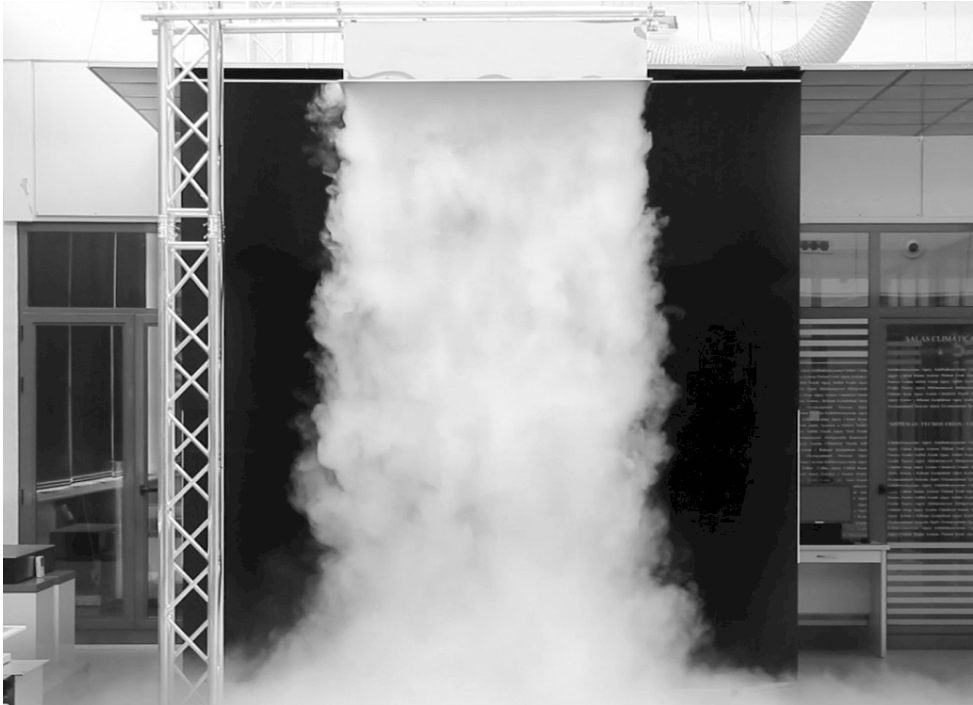


Symulacja CFD pokazuje, jak powietrze nawiewane przepływa w linii prostej od sufitu do podłogi.

Ilustracja 36

Aby jednak uzyskać taki przebieg przepływu, konieczne było około 12 miesięcy pracy z wieloma analizami CFD i symulacjami przepływu. Efektem końcowym był naprawdę wydajny system nawiewu, całkowicie pozbawiony nieporozumień. Serdecznie dziękujemy zespołowi CFD firmy SCHAKO!

Wizualizacja przepływu powietrza w wydajnym systemie nawiewnym



W laboratorium SCHAKO powietrze nawiewane jest uwidoczniane za pomocą wytwornicy mgły. Widać, jak nawiewane powietrze delikatnie opada w dół. Optymalizacja wylotu źródła za pomocą analizy CFD opłaciła się.

Ilustracja 37

6. Jak można mierzyć zanieczyszczenie powietrza?

?



Od wielu lat panuje zgoda co do tego, że zanieczyszczone powietrze nie jest zdrowe. Podczas pandemii dowiedzieliśmy się, jak niebezpieczne dla naszego zdrowia może być powietrze zanieczyszczone wirusami. Dlatego w tym miejscu chciałbym wymienić czynniki, które mogą zanieczyszczać powietrze. Do zanieczyszczeń powietrza należą między innymi:

1. wirusy i bakterie

2. pył zawieszony, zarodniki grzybów i pyłki

3. gazy i opary

cząsteczki i aerozole

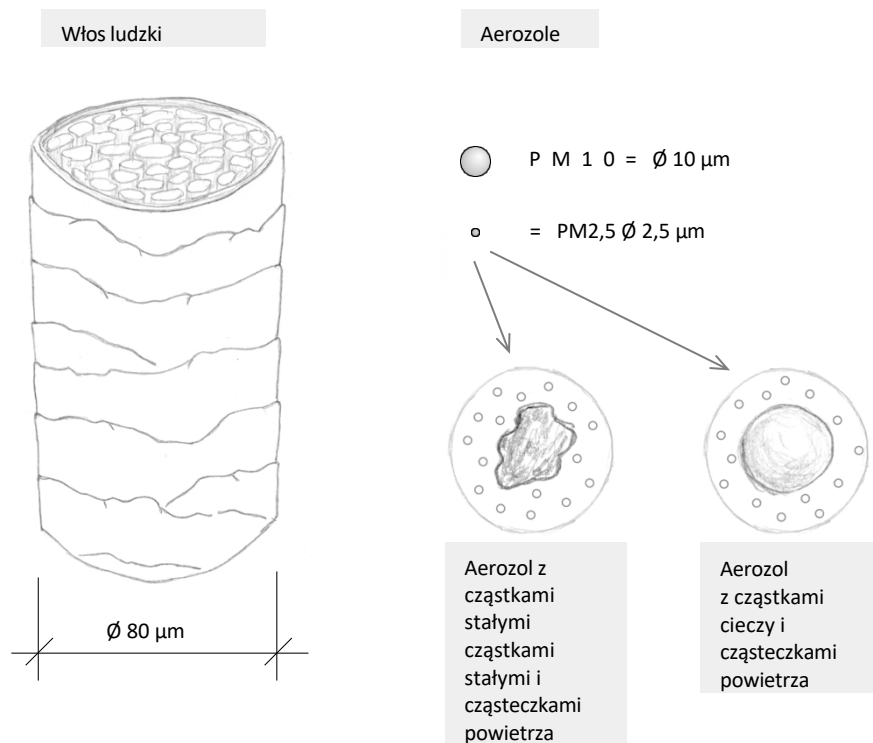
Według informacji Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) zanieczyszczenie powietrza ma największy negatywny wpływ na zdrowie ludzkie na całym świecie. Dlatego w 1987 roku w Stanach Zjednoczonych zdefiniowano tzw. normę PM. PM oznacza Particulate Matter (cząstki stałe) i jest to udział cząstek stałych lub ciekłych w powietrzu. Te cząstki stałe lub ciekłe są często składnikami aerozoli. W związku z tym aerozole są mieszaniną powietrza i cząstek. Również w tym przypadku często dochodzi do nieporozumień i mylenia pojęć.

Nieporozumienie

Aerozol to inne słowo oznaczające cząsteczki.

Cząsteczki unoszące się w powietrzu same w sobie nie stanowią jeszcze aerozolu, który powstaje dopiero w połączeniu z otaczającym powietrzem. Wartość PM10 określa zatem obecność w powietrzu drobnych cząstek o średnicy 10 mikrometrów (0,01 milimetra) i mniejszych. Dla porównania, średnica ludzkiego włosa wynosi około 50 do 80 mikrometrów (0,05 do 0,08 mm). Należy pamiętać, że te zawieszone cząsteczki PM10 mogą składać się zarówno z stałych cząstek pyłu, jak i małych kropelek cieczy. Mówiąc prościej, aerozol zawsze składa się z gazu, najczęściej powietrza, oraz cząstek stałych lub ciekłych zawieszonych w powietrzu.

Wielkość i skład aerozolu



Ilustracja 38

Oznaczenie PM10 lub PM2,5 odnosi się do wielkości cząsteczki. Liczba oznacza średnicę w mikrometrach. Również w tym przypadku należy uważać, aby nie doszło do nieporozumień!

Niezrozumienie

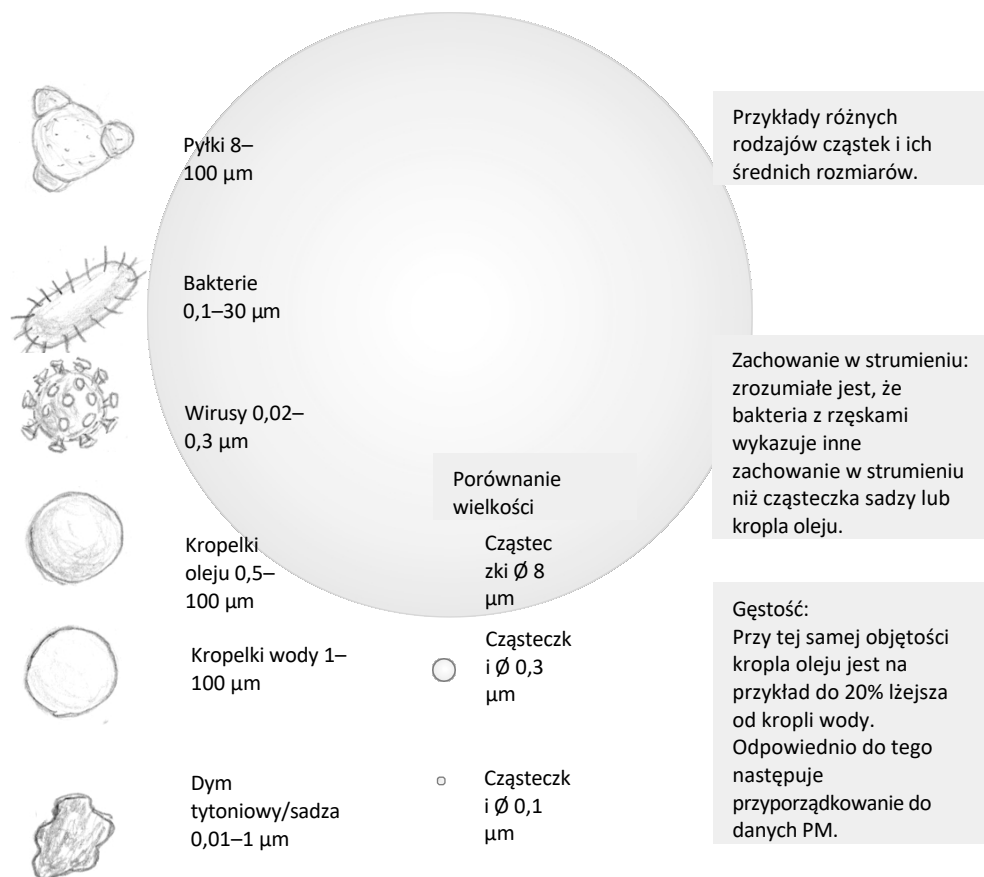
Na podstawie danych PM można wywnioskować rzeczywisty kształt i wielkość cząsteczki.

Podanie średnicy zakłada w rzeczywistości geometryczny kształt kuli. Ale jak to możliwe? Czy cząsteczki kurzu, piasku, wirusy i wszystkie inne zanieczyszczenia powietrza mają zawsze kształt kuli? Oczywiście, że nie! Często cząsteczki te mają zupełnie inny kształt!

Przyporządkowanie wartości PM do poszczególnych cząstek

Jak jednak można zdefiniować wszystkie te cząsteczki o średnicy PM₁₀, PM_{2,5} lub PM₁? Można to zrobić za pomocą pewnej sztuczki: po prostu porównuje się rzeczywiste cząsteczki o dowolnym kształcie z cząsteczkami o kształcie kulistym, które zachowują się w powietrzu tak samo jak cząsteczki rzeczywiste. Uwzględnia się przy tym na przykład zachowanie cząsteczek w strumieniu, ale także ich zachowanie dyfuzyjne i gęstość. Sprawdza się, które cząsteczki o geometrycznym kształcie kulistym wykazują takie samo zachowanie jak rzeczywiste cząsteczki w odniesieniu do tych punktów. Cząsteczki o kształcie kulistym i takim samym zachowaniu w przepływie i dyfuzji można zatem zdefiniować jako PM₁₀, PM_{2,5} lub PM₁. Średnica określona w ten sposób jest w nauce nazywana średnicą aerodynamiczną.

Rodzaje, kształty i wielkość cząstek



Ilustracja 39

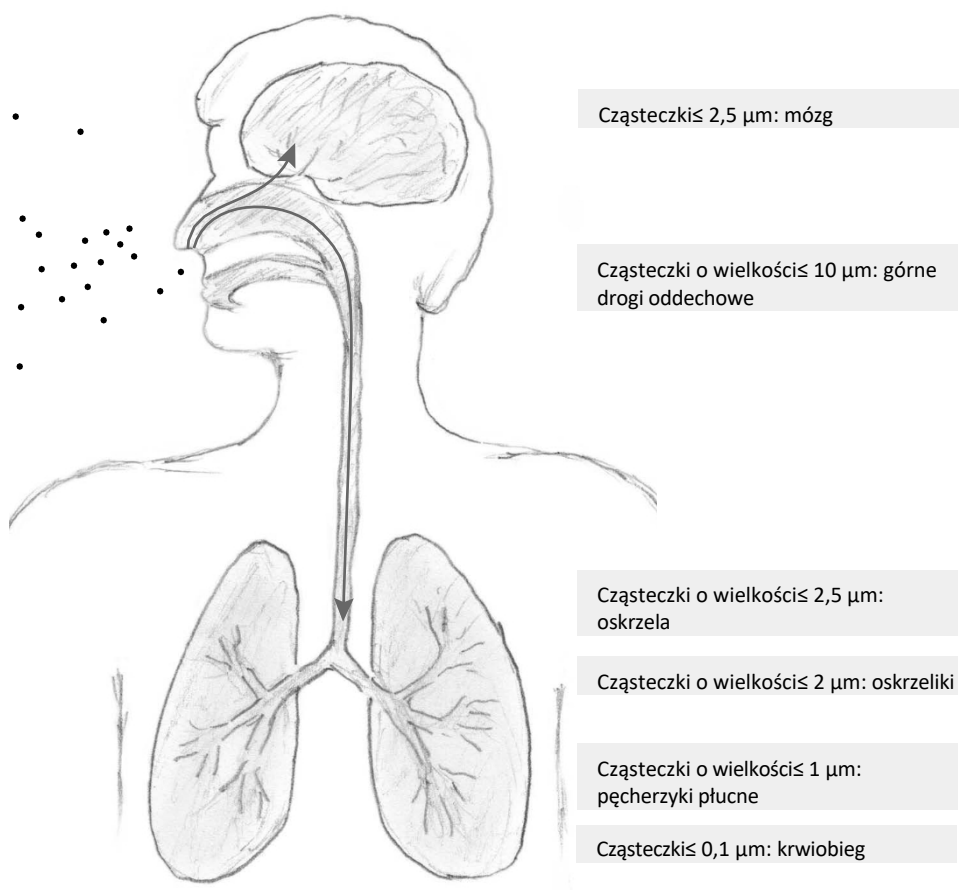
Cząsteczki PM10 mogą być wdychane.

Kiedy w 1987 roku w Stanach Zjednoczonych określono normy dotyczące zanieczyszczenia powietrza, najpierw zaczęto badać zanieczyszczenia powietrza w zakresie PM10, czyli cząsteczki o średnicy 10 mikrometrów i mniejsze. Dlaczego właśnie w tym zakresie wielkości? Ponieważ cząsteczki tej wielkości nie są filtrowane i oddzielane podczas wdychania przez usta i nos. Docierają one do płuc.

Cząsteczki PM2,5 docierają do pęcherzyków płucnych

W międzyczasie zakres ten został zawężony do PM2,5. Również w tym przypadku decydującą rolę odegrała ochrona zdrowia: cząsteczki mniejsze niż 2,5 mikrometra mogą przedostawać się do pęcherzyków płucnych. Jeśli zanieczyszczenia powietrza mogą przedostawać się do wnętrza naszego organizmu, można sobie wyobrazić, jaki negatywny wpływ mogą mieć na nasze zdrowie.

Wchłanianie cząstek poprzez wdychanie



Obecnie dobrze udowodniono, że cząsteczki PM10 mogą powodować uszkodzenia w górnych drogach oddechowych, a cząsteczki PM2,5 – w dolnych. Według najnowszych badań cząsteczki mniejsze niż $2,5 \mu\text{m}$ mogą przedostawać się bezpośrednio przez nerw węchowy lub krwiobieg do mózgu, gdzie wpływają na jego funkcjonowanie.

Ilustracja 40

Niedawno jeden z moich rozmówców w moim nowym podcaście „Luftpost” ujął to w następujący sposób:

*„To, co wdychamy w pomieszczeniach produkcyjnych,
to często substancje, które nie należą do naszego
organizmu i nie powinny do niego trafiać!”*

Jednak również w tym zakresie występują poważne nieporozumienia dotyczące techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza!

6.1. Nieporozumienie dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniach

Po ponad dwudziestu latach pracy w naszej branży nadal nie rozumiem, dlaczego istnieje tak poważne nieporozumienie dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniach. Z niewytłumaczalnych powodów ludzie zawsze zakładają, że powietrze, którym oddychają w pomieszczeniach, jest odpowiedniej jakości i nie zawiera znaczących zanieczyszczeń.

Nieporozumienie

Jakość powietrza w pomieszczeniach jest zazwyczaj nieszkodliwa.

Od ponad dziesięciu lat angażujemy się w działania edukacyjne w tej dziedzinie, ale nasze głosy są słabo słyszalne. Często spotykamy się z zaskoczonymi minami, które zdradzają, że ludzie nie do końca wierzą w to, co mówimy! Dlaczego tak jest? O czym chcemy informować? W gruncie rzeczy chodzi o dość prostą sprawę, a mianowicie o sposób postępowania z zanieczyszczeniem powietrza w dużych niemieckich miastach w porównaniu z postępowaniem z zanieczyszczeniem powietrza w pomieszczeniach zamkniętych.

Pomiar pyłu zawieszonego w dużych miastach

W naszych dużych miastach mówi się o zanieczyszczeniu powietrza i rozważa się wprowadzenie zakazu ruchu, gdy wartość graniczna 50 dla cząstek pyłu zawieszonego PM10 jest przekraczana przez dłuższy czas. Aby określić te wartości, w punkcie pomiarowym w mieście mierzy się, ile cząstek pyłu zawieszonego PM10 znajduje się w metrze sześciennym powietrza.

Jeszcze raz prościej: mamy objętość jednego metra sześciennego powietrza miejskiego i za pomocą odpowiedniej techniki pomiarowej można zmierzyć, ile cząstek pyłu zawieszonego o średnicy 10 mikrometrów lub mniejszej znajduje się w tym metrze sześciennym powietrza miejskiego. Na podstawie średnicy cząsteczki można obliczyć jej objętość, a na podstawie gęstości można określić jej masę, a na podstawie zmierzonej liczby cząsteczek obliczyć całkowitą masę zanieczyszczeń w metrze sześciennym powietrza miejskiego. Całkowita masa jest podawana w mikrogramach.

Znaczenie jakości powietrza na zewnątrz



Rosnące znaczenie jakości powietrza można dostrzec w szczegółowych wykazach zanieczyszczeń w dzisiejszych aplikacjach pogodowych. Wyświetlane są aktualne wartości dla wybranego miasta wraz z wyjaśnieniem, jakie skutki mogą mieć poszczególne zanieczyszczenia.

Przykład
Stuttgartu z dnia
14 lipca 2023 r.
o godz. 16:05

PM₁₀: 25 µg/m³

PM_{2,5}: 10 µg/m³

Ilustracja 41

Aktualne wartości graniczne zanieczyszczenia powietrza na zewnątrz

Jeśli na przykład całkowita masa wynosi 20 mikrogramów, zgodnie ze standardami WHO jest to niewielkie zanieczyszczenie powietrza, a zatem jakość powietrza jest akceptowalna. Na przykład dyrektywa UE w sprawie pyłu zawieszonego określa, że średnia dzienna wartość PM10 nie może przekraczać 50 mikrogramów na metr sześcienny powietrza miejskiego i może być przekroczona maksymalnie przez 35 dni w roku.

Światowe działania na rzecz obniżenia wartości granicznych

Na całym świecie trwają dyskusje i wysiłki mające na celu dalsze obniżenie tych limitów, na przykład do 40 mikrogramów pyłu zawieszonego na metr sześcienny. Coraz większą uwagę zwraca się również na zastrzone badania cząstek PM_{2,5} zamiast cząstek PM₁₀. Taka jest sytuacja w dużych miastach.

Zanieczyszczenie powietrza w pomieszczeniach

Jak wygląda sytuacja w pomieszczeniach? Na przykład w pomieszczeniach, w których gotuje się lub nowoczesne obrabiarki obrabiają elementy metalowe.

Przykład praktyczny: pomiary w pomieszczeniach

W firmie REVEN GmbH regularnie mierzymy zanieczyszczenie powietrza w pomieszczeniach. Jak to robimy? Korzystając z tej samej technologii pomiarowej i procedury, które opisaliśmy wcześniej dla pomiarów w centrach miast. Mierzemy liczbę cząstek szkodliwych w metrze sześciennym powietrza w pomieszczeniu, na przykład w zakładzie produkcyjnym lub dużej kuchni hotelowej.

Wynik uzyskany w ten sposób daje wskaźnik jakości powietrza wynoszący na przykład 10 000, 50 000 lub 100 000. Są to zupełnie inne wielkości niż w miastach! Musieliśmy nawet przedstawić naszym klientom wynik pomiaru wynoszący 500 000! Oznacza to, że w jednym metrze sześciennym powietrza w pomieszczeniu znajduje się nawet 500 000 mikrogramów cząstek szkodliwych! A w pomieszczeniach produkcyjnych nie jest to wcale rzadkością!

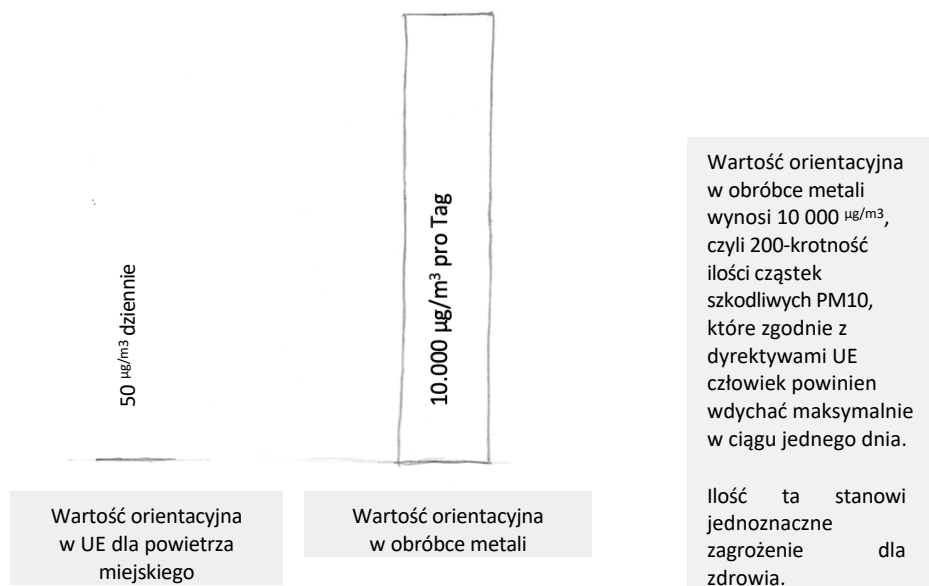
Oficjalne zalecenia dotyczące wartości granicznych dla przemysłu maszynowego

Również po przejrzeniu odpowiednich wytycznych i norm staje się jasne, że tak wysokie stężenia zanieczyszczeń nie są rzadkością. W oficjalnych wytycznych dla przemysłu maszynowego obowiązuje następująca rekomendacja:

W przypadku chłodziw mieszalnych z wodą stosowanych w obróbce metali oraz w obróbce szkła i ceramiki podano wartość graniczną 10 miligramów tych substancji w jednym metrze sześciennym powietrza w pomieszczeniu, podobnie jak w przypadku chłodziw niemieszalnych z wodą o temperaturze zapłonu poniżej 100 stopni Celsjusza.

Te 10 miligramów odpowiada wskaźnikowi jakości powietrza w dużych miastach wynoszącemu 10 000! Gdyby taka wartość została zmierzona w centrum Stuttgartu przez tydzień, w ciągu dnia nie mogłaby jeździć ani jedna samochód, a wszystkie media w całym kraju informowałyby o tym.

Porównanie wartości granicznych cząstek szkodliwych (PM10)



Ilustracja 42

Natomiast pomiar takiego zanieczyszczenia powietrza w zakładzie budowy maszyn lub kuchni hotelowej nie interesuje praktycznie nikogo. Nawet przedstawiciele tych branż nie poświęcają tej kwestii zbyt wiele uwagi. Wręcz przeciwnie – ,wbrew lepszemu, milczy się na temat tych warunków, ponieważ ich usunięcie kosztowałoby pieniądze.

Znaczenie wyników pomiarów dla pracowników

Przypominamy, że dyrektywa UE w sprawie pyłu zawieszonego określa, że średnia dzienna wartość PM10 nie może przekraczać 50 mikrogramów na metr sześcienny powietrza miejskiego i może być przekroczona maksymalnie przez 35 dni w roku.

Jeśli w zakładzie produkującym maszyny zmierzy się powyższą wartość 10 miligramów, oznacza to dla pracowników tego zakładu, że przez około 200 dni roboczych w roku muszą pracować przy maksymalnym stężeniu zanieczyszczeń wynoszącym 10 000 mikrogramów.

Wnioski z praktyki

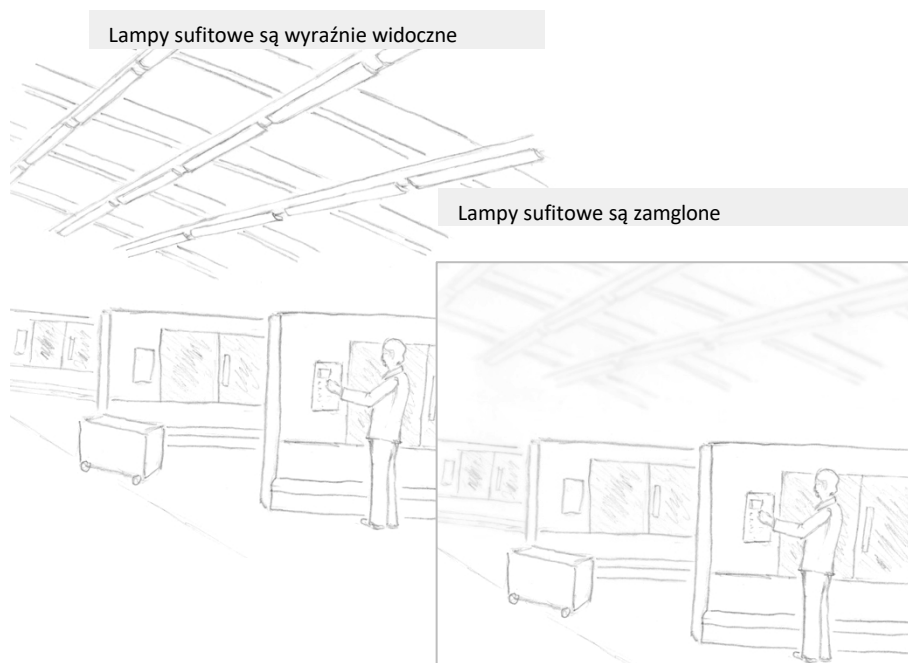
W ciągu ostatnich 20 lat przeprowadziliśmy tysiące pomiarów zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach na całym świecie. Byliśmy w różnego rodzaju zakładach produkcyjnych, gdzie wytwarzane są najróżniejsze produkty z najróżniejszych materiałów. Jednak wszystkie nasze pomiary wykazały jedno:

gdy tylko powietrze było widoczne, w jednym metrze sześciennym powietrza w pomieszczeniu mierzyliśmy stężenie zanieczyszczeń przekraczające 10 000 mikrogramów.

Prosta metoda oceny jakości powietrza

W przyszłości być może będziecie mogli sami ocenić jakość powietrza! Jeśli przebywasz w pomieszczeniu produkcyjnym – , niezależnie od tego, czy jest to kuchnia hotelowa, zakład produkcyjny w przemyśle spożywczym czy maszynowym, i zauważysz, że powietrze nie jest już czyste, a raczej przypomina jesienną mgłę, oznacza to, że zanieczyszczenie powietrza wynosi co najmniej 10 000 mikrogramów na metr sześcienny. Najłatwiej można to stwierdzić, patrząc w kierunku oświetlenia pomieszczenia! Jeśli lampa jest wyraźnie widoczna, a powietrze wokół niej jest niewidoczne, wszystko jest w porządku. Jeśli jednak nie możesz już wyraźnie dostrzec lampy, ponieważ wokół niej tworzy się rozproszona mgła, możesz mieć pewność, że wskaźnik jakości powietrza w tym pomieszczeniu wynosi około 10 000!

Prosta ocena jakości powietrza



Jeśli lampy sufitowe w pomieszczeniu nie są dobrze widoczne, stopień zanieczyszczenia powietrza jest bardzo wysoki i wynosi około $10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ilustracja 43

Rozbieżność między oceną jakości powietrza na zewnątrz i wewnątrz

To porównanie z intensywnie dyskutowanym zanieczyszczeniem powietrza w niemieckich centrach miast pokazuje rozbieżność, która wywołuje zdziwienie i niezrozumienie, gdy mowa o pomieszczeniach wewnętrznych. Często jesteśmy pytani, jak można wyjaśnić takie różnice.

Naszym zdaniem nie da się ich uzasadnić. Wszystkie próby wyjaśnienia sytuacji przez osoby odpowiedzialne są tylko wymówkami, mającymi na celu uniknięcie pilnie potrzebnych inwestycji.

Po prostu nikt nie ma świadomości, jakie ryzyko wynika z tego dla wszystkich zainteresowanych stron. Stężenia drobnych cząstek, które na zewnątrz są uważane za poważnie szkodliwe dla zdrowia, w pomieszczeniach zamkniętych są uznawane za dopuszczalne w ilości 200 razy większej? Kto ponosi odpowiedzialność za to zagrożenie w przyszłości?

Konieczna jest zmiana sposobu myślenia producentów systemów wentylacyjnych

My, producenci systemów wentylacyjnych i oczyszczaczy powietrza, również musimy zmierzyć się z tym problemem! Dlaczego? Ponieważ w naszej branży istnieją setki producentów systemów wentylacyjnych dla kuchni przemysłowych lub zakładów budowy maszyn, którzy nie dysponują nawet najprostszą techniką pomiarową, aby choćby w minimalnym stopniu mierzyć i analizować takie zanieczyszczenia powietrza.

Jednocześnie oferują oni produkty do oczyszczania powietrza, które mają wentylować pomieszczenia i usuwać z nich szkodliwe substancje.

Norma dotycząca wentylacji kuchni DIN EN 16282

W przypadku wentylacji kuchni przemysłowych obowiązuje obecnie norma DIN EN 16282, która ma zastosowanie niemal w całej Europie. Norma ta wymaga, aby we wszystkich kuchniach przemysłowych wszystkie szkodliwe substancje były wychwytywane, odsysane, a następnie oddzielane od strumienia powietrza wywiewanego, jak dowiedzieliśmy się w poprzednich rozdziałach.

Jeśli uda się osiągnąć oba cele, czyli wychwycenie i odessanie zanieczyszczeń oraz oddzielenie ich od strumienia powietrza wywiewanego, otrzymujemy

- a) naprawdę dobry, nowoczesny i wydajny system wentylacyjny oraz
- b) dobrą jakość powietrza z bardzo niskim poziomem zanieczyszczeń w pomieszczeniach.

Brak kontroli wdrożenia

Teraz mam pytanie do Państwa: jak myślą Państwo, w ilu nowo zainstalowanych kuchniach przemysłowych sprawdza się zgodność z normą podczas uruchomienia? Mniej więcej tak często, jak podawane zużycie paliwa w nowych pojazdach? A może tak często, jak zużycie energii elektrycznej w nowych pompach ciepła?

W przypadku 1000 nowo zainstalowanych przemysłowych systemów wentylacyjnych kuchni sprawdza się to w mniej niż dziesięciu przypadkach!

Przykład praktyczny

Wielokrotnie zdarzało mi się, że konkurenci zwracali się do nas, gdy inwestor nalegał na przeprowadzenie takich badań, i prosili nas o wykonanie pomiarów, ponieważ sami nie dysponowali niezbędną aparaturą pomiarową!

Ozon – przykład zanieczyszczenia powietrza przez gazy

W przypadku zanieczyszczenia powietrza gazami mamy do czynienia z bardzo podobną sytuacją i obserwujemy to samo zjawisko. Chciałbym to wyjaśnić na przykładzie ozonu. O potencjalnym zagrożeniu związanym z ozonem pisaliśmy już w rozdziale 4. W wielu krajach Europy dopuszczalna wartość ozonu w pomieszczeniach zamkniętych nadal wynosi maksymalnie 200 mikrogramów na metr sześcienny powietrza. Była to również dotychczasowa wartość graniczna w Niemczech, która jednak została obecnie zniesiona. W Szwajcarii wartość ta nadal obowiązuje. Zgodnie z kryteriami klasyfikacji substancji rakotwórczych Niemieckiej Wspólnoty Badawczej (DFG) ozon jest klasyfikowany jako substancja niedostatecznie zbadana, ale podejrzana o wywoływanie raka u ludzi.

Aplikacja pogodowa z wysokim stężeniem ozonu na zewnątrz



W aplikacji pogodowej najwyższe wartości zanieczyszczeń są wyświetlane na pierwszym miejscu. Na pierwszym miejscu znajduje się ozon z wartością 104 µg/m³. Stężenie to przekracza zalecaną przez WHO średnią wartość dla 8 godzin (patrz rys. 29).

Przykład Hoyerswerda,
20 sierpnia 2023 r.
o godz. 9:55

o₃: 104 µg/m³

Ilustracja 44

Ozon – wartości graniczne na zewnątrz

Informacje na temat wartości granicznych na zewnątrz i zagrożeń dla zdrowia podaje Federalna Agencja Ochrony Środowiska. Ostrzega ona, że ozon w powietrzu może powodować upośledzenie funkcji płuc, reakcje zapalne dróg oddechowych i dolegliwości oddechowe. Obowiązuje

Wartość graniczna wynosi 180 mikrogramów ozonu na metr sześcienny powietrza miejskiego. Wartość ta jest określana jako próg informacyjny. Jeśli stężenie przekroczy tę wartość, za pośrednictwem mediów przekazywane są zalecenia dotyczące postępowania oraz ostrzeżenia dla ludności. Przy stężeniu 240 mikrogramów ozonu na metr sześcienny powietrza miejskiego przekroczony zostaje próg alarmowy i uruchamiany jest alarm. Dodatkowo należy pamiętać, że wartości ozonu na zewnątrz nie mogą przekraczać średniej wartości 120 mikrogramów na metr sześcienny powietrza miejskiego w ciągu ośmiu godzin przez maksymalnie 25 dni w roku kalendarzowym.

Ozon – wartości graniczne w wentylacji kuchennej

Obecnie jednak eksperci w dziedzinie wentylacji kuchni nadal podają dopuszczalną wartość graniczną wynoszącą 20 000 mikrogramów ozonu na metr sześcienny powietrza. Informacja ta również pochodzi z europejskiej normy DIN EN 16282, zbioru przepisów, w którego opracowaniu uczestniczyło wiele krajowych stowarzyszeń przemysłowych. Niech się nie dziwi ten, kto myśli źle!

W normie tej można przeczytać, że stężenie ozonu w powietrzu wywiewanym z kuchni przemysłowej nie może przekraczać 10 ppm. Przy ciśnieniu powietrza wynoszącym 1013 hektopaskali i temperaturze 20 stopni Celsjusza podana wartość 10 ppm ozonu odpowiada dość dokładnie wartości granicznej wynoszącej 20 000 mikrogramów ozonu na metr sześcienny powietrza (patrz rys. 29).

Ozon – rozbieżności, które mówią same za siebie

Myślę, że różnice w ocenie jakości powietrza w pomieszczeniach i na zewnątrz, pokazane w tym przykładzie, mówią same za siebie i nie wymagają dalszego wyjaśnienia. Właściwie w tym przypadku również powinno być jasne dla każdego, co należy zrobić, a mianowicie całkowicie unikać powstawania ozonu, niezależnie od tego, czy znajduje się on w pomieszczeniach, czy na zewnątrz!

Aby jednak osiągnąć ten cel, należy dokonać pomiarów i analiz zanieczyszczeń powietrza. Jak to zrobić, dowiesz się za chwilę.

6.2. Pomiary cząstek stałych uwidaczniają zanieczyszczenie powietrza!

Jaką techniką pomiarową można mierzyć zanieczyszczenia w powietrzu? Jaką techniką pomiarową można wykazać wydajność instalacji wentylacyjnej? Zasadniczo nie jest to skomplikowane i zostało już opisane w rozdziale 3. Do dokładnego określenia stężenia zanieczyszczeń w powietrzu zaleca się

- a) technika pomiaru cząstek i aerozoli oraz
- b) detektor jonizacji płomieniowej (FID)

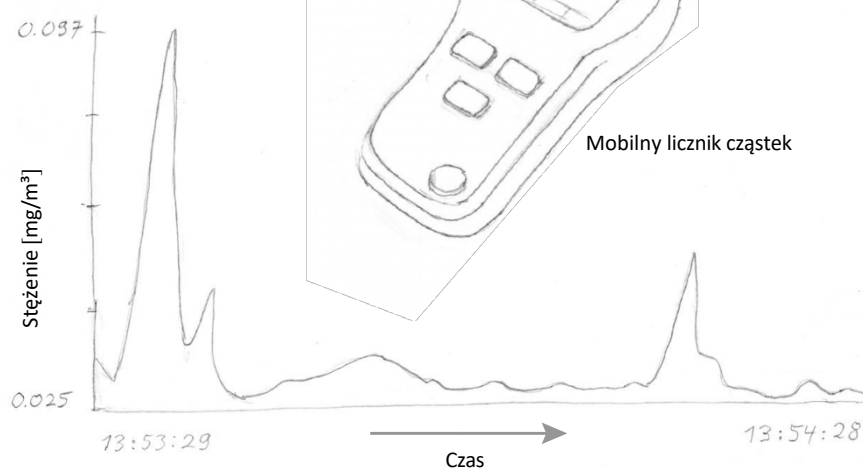
Urządzenia pomiarowe FID zostały szczegółowo opisane w rozdziale 3. Urządzenia do pomiaru cząstek i aerozoli są od dawna standardem w pomieszczeniach czystych. Od dziesięcioleci nie ma już sal operacyjnych w szpitalach ani pomieszczeń produkcyjnych mikroprocesorów, w których podczas uruchamiania systemu wentylacyjnego nie stosuje się liczników cząstek do sprawdzania działania. Zasadniczo chodzi po prostu o wykazanie, że powietrze w takim pomieszczeniu czystym jest naprawdę czyste i wolne od najmniejszych cząstek. Do tego służy licznik cząstek.

Jak mierzy się cząsteczki

Liczniki cząstek mogą analizować za pomocą złożonej optyki i promieni laserowych, czy w powietrzu w pomieszczeniu znajdują się najmniejsze cząstki. Liczy się liczbę cząstek i jednocześnie bada się ich wielkość, czyli określa się ich średnicę aerodynamiczną.

Mobilny licznik cząstek

Mobilny, zasilany akumulatorowo licznik cząstek z pomiarem światła rozproszonego i rejestracją danych do pomiaru masy aerozoli w czasie rzeczywistym.



Ilustracja 45

Technika pomiaru cząstek musi być dostosowana do sytuacji.

Podobnie jak w pomieszczeniach czystych, również w zakładach produkcyjnych, kuchniach przemysłowych lub zakładach budowy maszyn można analizować powietrze w pomieszczeniach i określać zawartość cząstek. Zasadniczo jest to dokładnie ta sama procedura, jednak z jedną istotną różnicą:

liczba cząstek różni się znacznie w porównaniu z pomieszczeniami czystymi! Podczas gdy w pomieszczeniach czystych sprawdza się, czy w powietrzu w ogóle występują cząstki PM10, w kuchni lub zakładzie produkcyjnym mierzy się liczbę cząstek występujących w metrze sześciennym powietrza. Często jest to wtedy

Dziesięć tysięcy lub nawet więcej niż w pomieszczeniu czystym! Liczniki cząstek muszą być dostosowane do tych warunków lub należy wybrać odpowiednią technikę pomiarową.

Przykład praktyczny: pomiar cząstek poprzez rozrzedzenie powietrza

Kiedy 25 lat temu przeprowadzaliśmy pierwsze pomiary cząstek w tak silnie zanieczyszczonych pomieszczeniach, próbowaliśmy użyć tradycyjnych mierników cząstek, ponieważ nie było wtedy bardziej odpowiedniej technologii pomiarowej. Jak można sobie wyobrazić, pierwsze pomiary często nie były możliwe do zweryfikowania, nie były zrozumiałe i charakteryzowały się bardzo niską jakością, ponieważ liczniki cząstek stałych były całkowicie przeciążone wysokim stężeniem cząstek. Pierwszym podejściem do poprawy było zdefiniowane rozrzedzenie analizowanego powietrza. Oznacza to, że za pomocą odpowiednich stopni rozrzedzenia analizowane powietrze rozrzedzano na przykład 1000-krotnie czystym powietrzem wolnym od cząstek. Rozrzedzone powietrze było następnie mierzone za pomocą tradycyjnych liczników cząstek, a wynik był ekstrapolowany przy użyciu współczynnika 1000. Równoczesny rozwój liczników cząstek sprawił, że urządzenia stały się mniej wrażliwe na bardzo wysokie stężenia cząstek, a wyniki pomiarów były coraz dokładniejsze.

Nowoczesne urządzenia zapewniają dokładne pomiary

Dzisiejsze liczniki cząstek stałych potrafią analizować nawet bardzo zanieczyszczone powietrze w pomieszczeniach z taką samą dokładnością, jakiej od dziesięcioleci oczekuje się w pomieszczeniach czystych. Branża musi po prostu naprawdę chcieć tak dokładnych pomiarów i być gotowa zainwestować w nowoczesną technikę pomiarową.

Przeprowadza się zbyt mało pomiarów

Obecnie na niemieckojęzycznym rynku wentylacji kuchennej zaledwie garstka producentów stosuje taką technikę pomiarową podczas uruchamiania nowych instalacji wentylacyjnych.

Niestety nie jest to nieporozumienie!

Optymalne działanie systemów wentylacyjnych jest po prostu zakładane, bez dowodów pomiarowych.

Bezbłędne działanie instalacji wentylacyjnej, skuteczność wychwytywania i odsysania oraz separacji i filtrowania szkodliwych substancji z przepływającego powietrza – wszystko to jest cichym założeniem i traktowane jako coś oczywistego. Zgodnie z mottem: „jakoś to będzie i wszystko będzie w porządku”. Zazwyczaj nikt nie chce wiedzieć, czy rzeczywiście tak jest, a już na pewno nie chce przejrzystości poprzez analizę i dokumentację.

Aby osiągnąć optymalną jakość powietrza, niezbędna jest technika pomiarowa

W poprzednich rozdziałach szczegółowo wyjaśniliśmy, jak złożone są zadania w technice wentylacyjnej, takie jak wykrywanie i odsysanie, filtrowanie i oddzielanie oraz wentylacja świeżym powietrzem. Z tych powodów technika pomiarowa jest niezbędna do potwierdzenia, że powietrze w pomieszczeniu jest naprawdę wolne od szkodliwych substancji. Nie ma żadnego usprawiedliwienia dla nieregularnego stosowania tej techniki pomiarowej.

Brak dowodów pomiarowych w przypadku oczyszczaczy powietrza z ozonem

Za pomocą odpowiedniego sprzętu pomiarowego można również mierzyć stężenie niebezpiecznych gazów, takich jak ozon. Jednak również w tym przypadku obserwuje się takie samo podejście, jak w przypadku opisanej powyżej techniki pomiaru cząstek: spośród tysięcy dostawców oczyszczaczy powietrza z ozonem trudno znaleźć takiego, który byłby w stanie dostarczyć dowód za pomocą odpowiedniej techniki pomiarowej, że jego produkty nie powodują więcej szkód niż korzyści dzięki wytwarzanemu ozonowi.

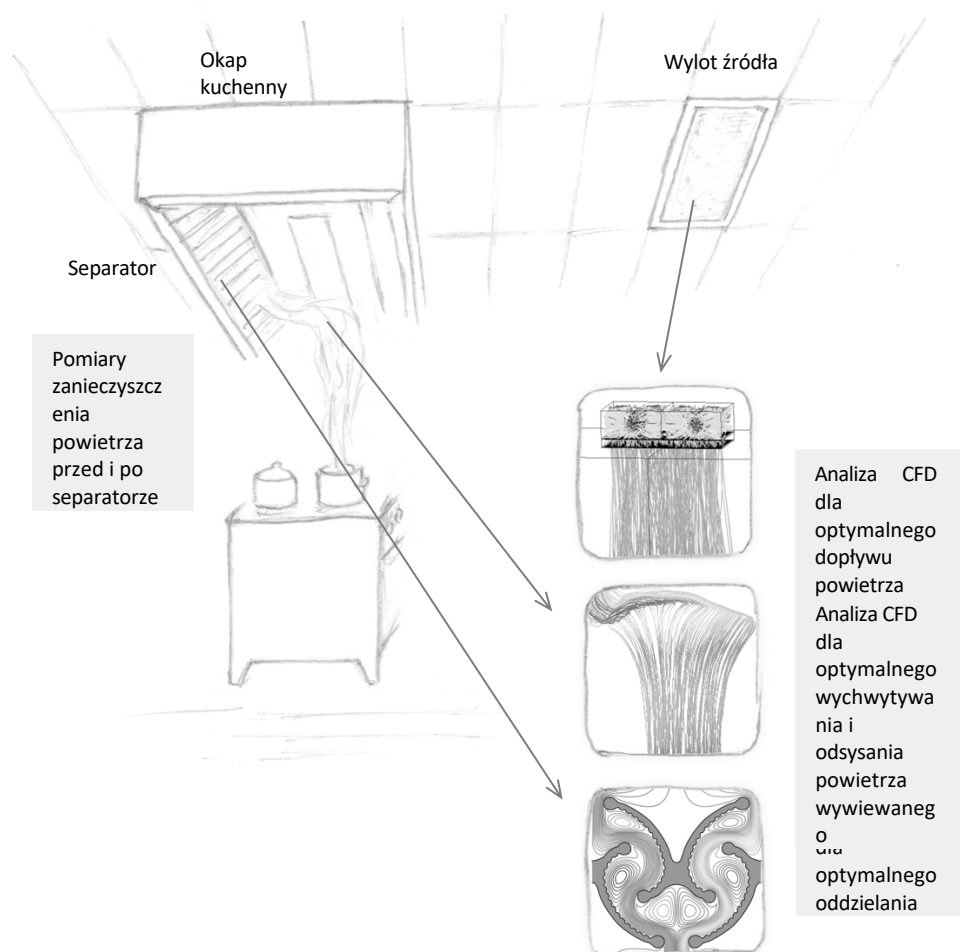
Rzetelna technika wentylacyjna ma podstawy naukowe

Podobnie jak w poprzednich rozdziałach, również i tutaj ponownie widać, że poważny rozwój produktów w dziedzinie techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza wymaga podejścia opartego na podstawach naukowych. W naszej branży zbyt często można spotkać się z obietnicami zawartymi w atrakcyjnie zaprojektowanych broszurach reklamowych, które sugerują coś zupełnie innego. Należy zachować czujność i podchodzić krytycznie do takich obietnic.

Podsumowanie

–Mam nadzieję, że moje wskazówki pomogły Państwu lepiej zrozumieć ten temat i dostarczyły kilku interesujących informacji. W ten sposób zamknęliśmy cykl od efektywnego pomiaru i odsysania w rozdziale 1 do odpowiedniej techniki pomiarowej służącej do określania wydajności techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza w rozdziale 6.

Naukowo uzasadniona technika wentylacyjna



Funkcjonalność techniki wentylacji kuchennej jest sprawdzana i optymalizowana w firmie Rentschler REVEN przy użyciu metod opartych na badaniach naukowych.

Podsumowanie

Przeczytałeś wszystkie rozdziały tej książki, które pierwotnie pochodziły z naszego podcastu.

„Nieporozumienia w zakresie techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza”. Mam nadzieję, że udało mi się dostarczyć Państwu kilka inspirujących wskazówek. Jeden z konkurentów skrytykował ostatnio treść podcastu. Uznał, że jest on zbyt powierzchowny i oczekiwał ode mnie więcej. Jak już wspomniałem, moim celem było przedstawienie tematów związanych z techniką wentylacji i ochroną powietrza w przystępny sposób i w możliwie najkrótszej formie. Nie chciałem pisać naukowego artykułu. Tematyka naszej branży wentylacyjnej jest raczej niszowa i nie interesuje szerokiej rzeszy odbiorców. Dlatego zależało mi na tym, aby wyjaśnić nieporozumienia w prosty i zrozumiały sposób również osobom spoza branży. Mam nadzieję, że mi się to udało.

Na podstawie tego podcastu napisaliśmy tę książkę. Zawiera ona wiele interesujących ilustracji, które uzupełniają poszczególne informacje.

Zależy mi na tym, aby nasza branża była atrakcyjna dla młodych ludzi, ponieważ ochrona powietrza jest ważnym tematem i pozostanie nim również w przyszłości. Dlatego należy podchodzić do tej kwestii z należytą starannością i poczuciem obowiązku.

W przyszłości moi koledzy i koleżanki z działu sprzedaży będą mieli tę książkę przy sobie i chętnie udostępnią Państwu egzemplarz w celu wyjaśnienia różnych zagadnień podczas omawiania nowych projektów, procesów i planów. Chcemy bowiem, aby nasze technologie i produkty były zrozumiałe!

W ramach podziękowania dla słuchaczy naszego podcastu oferujemy nowo wydaną książkę bezpłatnie.

Równolegle z naszym projektem książkowym powstał również nowy podcast. Nosi on tytuł „Luftpost” (Poczta lotnicza).



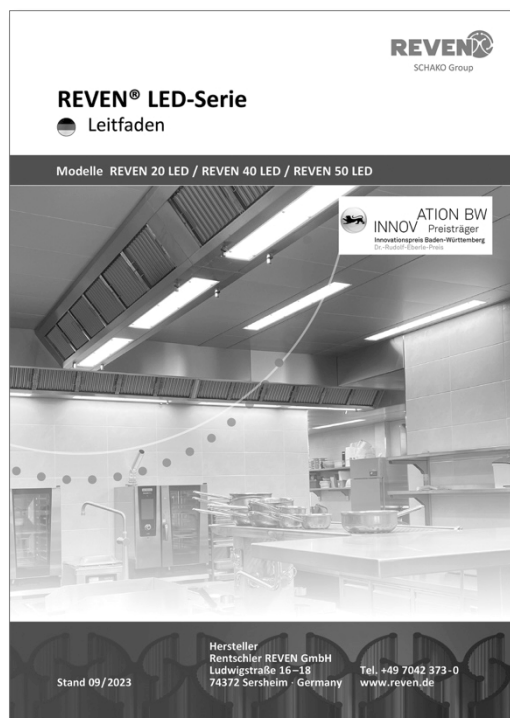
Ta nowa seria podcastów dotyczy zdrowego powietrza. Przedstawiam osoby i firmy zajmujące się tematyką oczyszczania powietrza i techniki wentylacyjnej. Wywiadów udzielają przedstawiciele różnych branż, omawiane są technologie. Wybrałem ten tytuł ze względu na skojarzenia, jakie wywołuje to pojęcie. Dawniej wiadomości i komunikaty były często wysyłane pocztą lotniczą. W moim podcaście „Luftpost” chcę przekazywać aktualne informacje na temat czystego powietrza i zdrowego środowiska.

Pod linkiem **reven.news/luftpost** można znaleźć pierwsze odcinki.

Jeśli sami działacie w branży wentylacyjnej lub oczyszczania powietrza, chętnie wspólnie stworzymy odcinek podcastu. Chętnie przyjadę do Państwa. Proszę o kontakt pod adresem **marketing@reven.de**.

Ciekawe informacje od REVEN

Przewodnik po oprawach LED

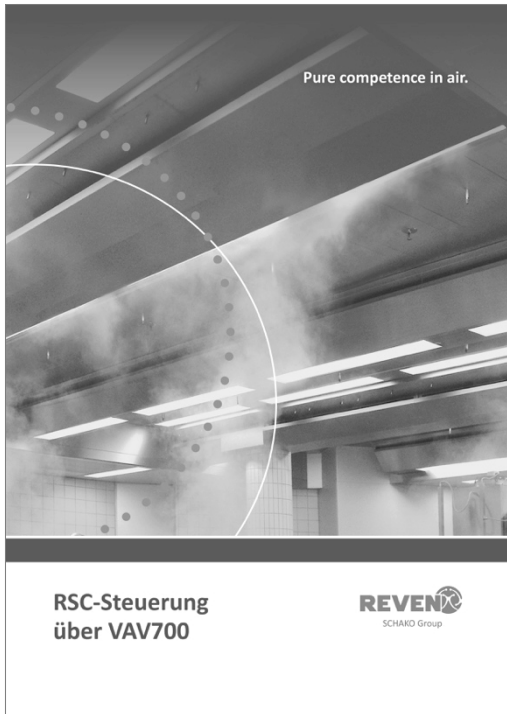


Często nie docenia się znaczenia dobrego oświetlenia dla użytkowania pomieszczeń.

Właściwe oświetlenie ma ogromne znaczenie zwłaszcza w kuchniach przemysłowych. Dlatego podczas planowania należy uwzględnić takie aspekty, jak jasność, kontrast i kolorystyka. W tym zakresie nasze systemy zarządzania oświetleniem oferują ogromne korzyści.

W niniejszym przewodniku po diodach LED wyjaśniamy, jakie czynniki są ważne dla dobrego oświetlenia i w jaki sposób oprawy LED REVEN® spełniają te wymagania.

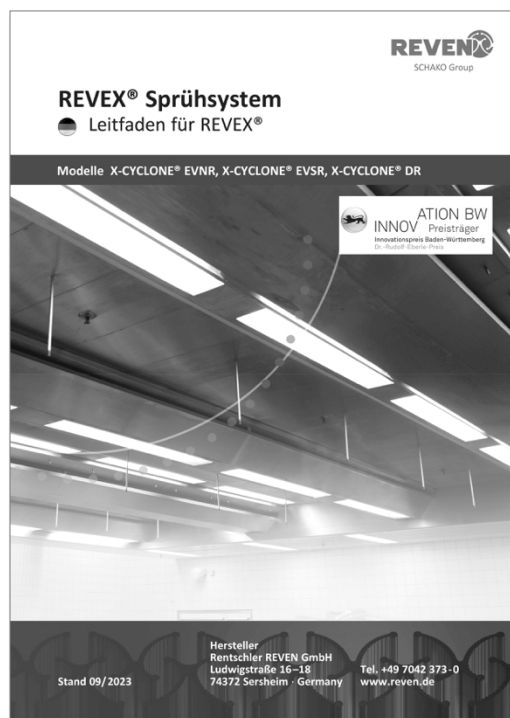
Broszura Sterowanie RSC



W celu poprawy ekonomiczności instalacji wentylacyjnych w dużych kuchniach firma Rentschler REVEN oferuje inteligentny system automatycznej regulacji RSC. System ten dostosowuje ilość powietrza nawiewanego i wywiewanego w sposób płynny do intensywności gotowania, zgodnie z innowacyjnym standardem Przemysł 4.0.

W naszej broszurze znajdą Państwo szczegóły techniczne, które należy uwzględnić podczas montażu sterowania RSC.

Przewodnik po systemie natryskowym REVEX®



W przeszłości temat „czyszczenia instalacji wentylacyjnych w kuchniach” często nie był wystarczająco uwzględniany.

Regularne, profesjonalne i prawidłowe czyszczenie instalacji wentylacyjnych w kuchniach przemysłowych zapewnia bezawaryjne działanie instalacji, ogranicza ryzyko pożaru i zapobiega rozwojowi mikroorganizmów wewnątrz instalacji. Dodatkowo chroni zdrowie personelu kuchennego.

Nieporozumienia w zakresie techniki wentylacyjnej i oczyszczania powietrza

Książka

Reakcja podczas podcastu była tak duża, że niemal samoistnie powstała decyzja o wydaniu książki. Opinie, które mówią same za siebie:

„... podcast na temat przepływu powietrza wzbudził moją ciekawość i chęć dowiedzenia się więcej ...”

„... chciałbym pogratulować Państwu interesującego podcastu

„Nieporozumienia w technice wentylacyjnej i oczyszczaniu powietrza” i podziękować za informacje...”

„... bardzo dziękuję za naprawdę interesujący podcast. Byłbym zadowolony z kontynuacji. Od ponad 20 lat jestem kierownikiem projektu w dziedzinie techniki wentylacyjnej i mogłem wynieść z niego wiele praktycznej wiedzy przydatnej w kolejnych projektach. Byłbym zadowolony, gdybyśmy mogli wspólnie zbudować kolejną instalację kuchenną ...”

„... Gratuluję podcastu. Tematyka jest bardzo zrozumiała nawet dla osób takich jak ja, które nie są tak dobrze zaznajomione z tą dziedziną ...”

„... jako uważny słuchacz Państwa podcastu chciałbym skorzystać z okazji i zamówić zapowiadzaną na 2023 r. książkę specjalistyczną. Mam nadzieję na kolejne odcinki poświęcone tematowi powietrza – naszego najcenniejszego surowca naturalnego ...”

Autor

Dipl. Ing. Sven Rentschler jest dyrektorem zarządzającym Rentschler Reven GmbH, średniej wielkości producenta urządzeń do oczyszczania powietrza. Jako przedsiębiorca postawił sobie za cel poprawę świadomości na temat oczyszczania powietrza w przemyśle i handlu na całym świecie. Wynikiem jego zaangażowania są dwa międzynarodowe patenty oraz nagroda za innowacyjność przyznana przez kraj związkowy Badenia-Wirtembergia. Ponadto Sven Rentschler jest blogerem i prelegentem na temat ochrony powietrza.

Grupa docelowa

Wszyscy zainteresowani tym, na co należy zwrócić uwagę, aby zapewnić optymalną wentylację i oczyszczanie powietrza.

Początkujący, osoby odświeżające wiedzę i profesjonaliści z branży klimatyzacyjnej i wentylacyjnej oraz osoby zmieniające zawód z branż pokrewnych, w szczególności projektanci wentylacji w budownictwie maszynowym i przemyśle spożywczym, firmy wykonawcze, eksperci, operatorzy i projektanci kuchni przemysłowych.

• W E Z E R A C J A • KLIMAT • CHŁÓD

Pierwsze wydanie

2023 cci-dialog.de

cci Buch jest znakiem towarowym firmy cci Dialog GmbH Dostępne również w formie e-booka

ISBN 978-3-922420-74-3



9 783922 420743

€ 47,00 (D)