

Poradnik fachowy

**VIESSMANN**

Kotły parowe





**Zakład farmaceutyczny L.I.F.E firmy  
B. Braun Melsungen AG**

Dwa wysokopiętne kotły parowe  
Vitomax 200-HS dostarczają do  
40 t pary na godzinę dla produkcji  
roztworów infuzyjnych.



# Spis treści

<b>Strona</b>		
<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>4</b>
1.1	Przeznaczenie poradnika	
1.2	Para wodna w historii	
<b>2</b>	<b>Podstawy ogólne</b>	<b>5</b>
2.1	Zawartość ciepła w parze	
2.2	Obszary zastosowań pary	
2.3	Czym jest para?	
<b>3</b>	<b>Wytwarzanie pary</b>	<b>9</b>
3.1	Kotły parowe	
3.2	Podstawy prawne	
3.3	Zespoły składowe instalacji kotłowej	
<b>4</b>	<b>Elementy składowe kotłowni parowej</b>	<b>15</b>
4.1	Kocioł parowy	
4.2	Palniki	
4.3	Podgrzewacz wody zasilającej/ekonomizer	
4.4	System odprowadzania spalin	
4.5	Uzdatnianie wody	
4.5.1	Chemiczne uzdatnianie wody	
4.5.2	Osmoza odwrócona	
4.5.3	Termiczne uzdatnianie wody	
4.6	Uzdatnianie kondensatu	
4.7	Szafy sterownicze	
<b>5</b>	<b>Dobór kotła</b>	<b>34</b>
5.1	Ciśnienie i moc	
5.2	Zapotrzebowanie energii na potrzeby własne kotłowni parowej	
5.3	Regulacja poziomu wody w kotle	
5.4	Tryb udzielania pozwoleń	
5.5	Instalacje wielokotłowe	
<b>6</b>	<b>Instalowanie</b>	<b>41</b>
6.1	Pomieszczenie kotłowni	
6.2	Emisje hałasu	
6.3	Transport	
6.4	Wstawianie	
<b>7</b>	<b>Prowadzenie ruchu kotła</b>	<b>46</b>
7.1	Tryby prowadzenia ruchu	
7.2	Normy i przepisy eksploatacyjne	
7.3	Serwis	
<b>8</b>	<b>Specjalne typy konstrukcyjne</b>	<b>50</b>
8.1	Kotły odzysknicowe	
8.2	Kotły parowe z przegrzewaczem	
<b>9</b>	<b>Instalacje referencyjne</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>Nowoczesne metody konstruowania i wytwarzania gwarantują wysoką jakość</b>	<b>54</b>

# 1 Wstęp

## 1.1 Przeznaczenie poradnika

Celem niniejszego poradnika jest przedstawienie w zarysie zastosowania pary i sposobów jej wytwarzania w kotłach parowych. Ponieważ właściwości pary różnią się znacznie od właściwości stosowanego powszechnie w technice grzewczej czynnika roboczego – wody, podajemy na wstępie kilka podstawowych rozważań dotyczących pary jako czynnika roboczego. Zanim zajmiemy się omawianiem elementów składowych kotłowni parowej przedstawimy wskazówki dotyczące doboru, instalowania i prowadzenia ruchu kotła.

Poradnik ten zajmuje się wyłącznie parą i nie porusza zagadnień wysokotemperaturowych kotłów wodnych. Podawane informacje dotyczą „lądowych” instalacji parowych, a więc stacjonarnych instalacji parowych (rys. 1) i świadomie nie obejmują osobliwości mobilnych instalacji parowych, np. okrętowych. Jeśli wymienia się normy i ustawy, to ich podstawą są uregulowania Unii Europejskiej. Przykładowo podano także informacje, oparte na narodowych przepisach niemieckich, które nie rozciągają się bezpośrednio na inne kraje.



Rys. 1: Stacjonarna maszyna parowa



Rys. 2: Gejzery i wulkany są naturalnymi wytwornicami pary wodnej

## 1.2 Para wodna w historii

Para wodna znana jest od czasu, gdy człowiek nauczył się wykorzystywać ogień; powstawała i powstaje w niezamierzony sposób przy gaszeniu ogniska wodą.

Pierwsze rozważania nad technicznym wykorzystaniem pary wodnej przypisuje się Archimedesowi (287 – 212 p.n.e.), który skonstruował działło parowe. Leonardo da Vinci (1452 – 1519) dokonał na ten temat pierwszych obliczeń, według których wystrzelona z takiego działła kula o masie 8 kg poleciałaby na odległość około 1250 metrów.

Do Denisa Papina należy pierwsza praktyczna realizacja szybkowaru (ok. 1680). Ten pierwszy zbiornik ciśnieniowy wyposażony został już w zawór bezpieczeństwa po tym, jak jego prototyp eksplodował przy pierwszych próbach.

Pojawianie się maszyn parowych od ok. roku 1770 spowodowało konieczność bliższego zbadania teoretycznego i praktycznego pary, jako czynnika roboczego. Do pierwszych praktyków należeli James Watt i Karol Gustaw Patryk de Laval, którzy wprowadzając swoje maszyny na rynek stali się ludźmi bogatymi.

# 1 Podstawy ogólne

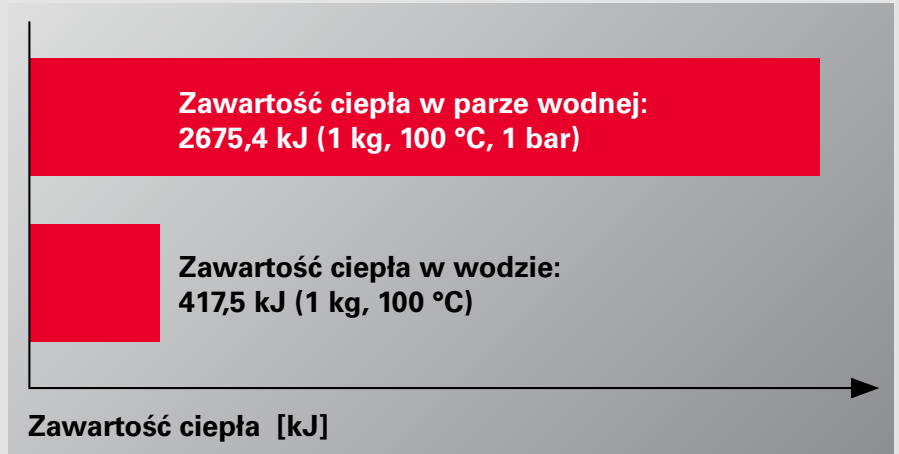
## 2.1 Zawartość ciepła w parze

Zaletą pary jako nośnika ciepła polega na tym, że w porównaniu z wodą posiada znacznie wyższą pojemność cieplną (rys. 3).

Przy takiej samej masie i temperaturze, ilość ciepła zawarta w parze wodnej jest ponad sześciokrotnie wyższa, niż w wodzie. Wynika to z tego, że do odparowania wody konieczne jest doprowadzenie znacznej ilości ciepła, które pozostaje w powstałej parze i uwalnia się z powrotem przy jej kondensacji.

Efekt ten można obserwować na co dzień, np. przy gotowaniu (rys. 4): dla odparowania zawartości garnka potrzebny jest długi czas na pobór ciepła z palnika kuchenki. Doprowadzana w tym czasie energia służy wyłącznie do odparowania – temperatura wody wzgl. pary pozostaje stała (100°C przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym) (rys. 5).

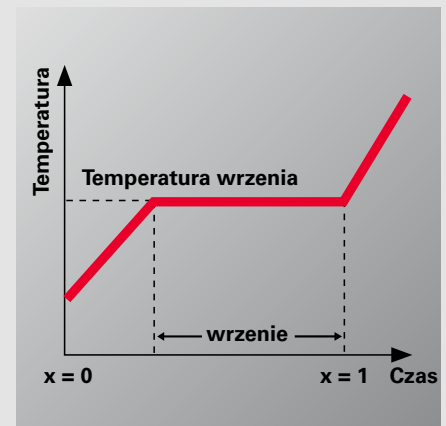
Na tym właśnie polega zasadnicza zaleta pary jako nośnika ciepła: do przesłania tej samej ilości ciepła trzeba, w porównaniu z wodą, przetransportować tylko szóstą część jej masy.



Rys. 3: Zawartość ciepła w wodzie i parze wodnej



Rys. 4: Gotowanie wody



Rys. 5: Przebieg odparowania

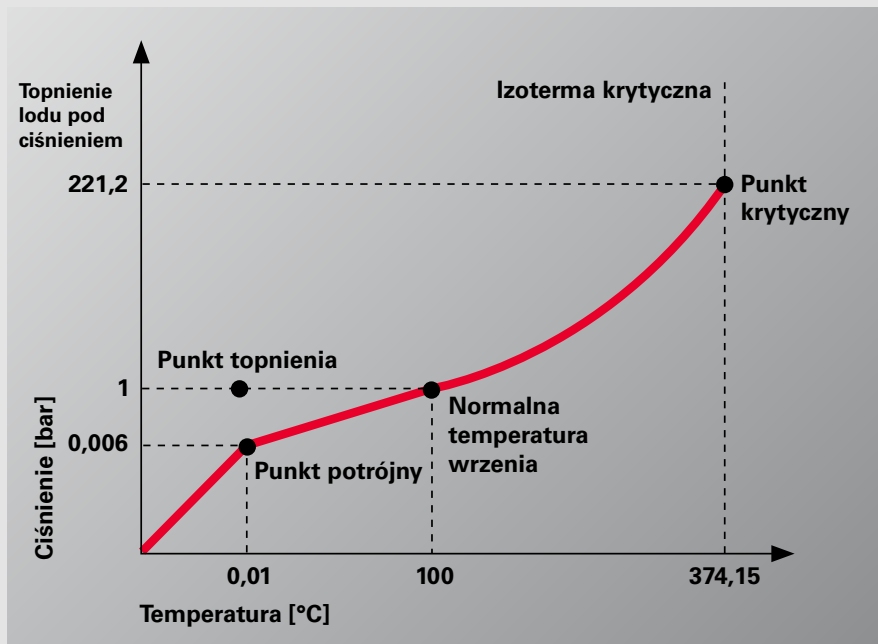
## 2.2 Obszary zastosowań pary

Para wodna stosowana jest w wielu gałęziach przemysłu jako nośnik energii cieplnej i nośnik substancji chemicznych. Typowe obszary zastosowań to między innymi przemysł papierniczy, przemysł materiałów budowlanych, rafinerie, przemysł farmaceutyczny i spożywczy. Para napędza też turbiny, wytwarzające energię elektryczną, wulkanizuje wyroby gumowe i sterylizuje opakowania.

### Typowe zastosowania pary, wytwarzanej stacjonarnie:

- turbiny parowe,
- ogrzewanie parowe (czynnik grzewczy),
- procesy chemiczne (jako nośnik energii oraz jako nośnik odczynników),
- przemysł spożywczy (produkcja soków owocowych, produkcja makaronu i serów, browary, mleczarnie, piekarnie przemysłowe), także do celów sterylizacji,
- przemysł nawozów sztucznych,
- wulkanizacja gumy,
- przemysł farmaceutyczny – do sterylizacji i jako nośnik substancji czynnych,
- przemysł materiałów budowlanych,
- przemysł papierniczy,
- rafinerie (krakowanie ropy),
- przemysł drzewny (gięcie drewna)
- wytwarzanie próżni przez wyparcie powietrza i kondensację.

Wytwarzanie pary wodnej do celów przemysłowych i sposób jej stosowania w niektórych punktach różni się znacznie od wytwarzania ciepła w technice grzewczej z wodą, jako nośnik ciepła. Zwłaszcza wytwarzanie pary wysokociśnieniowej w większych zakresach mocy wymaga specjalnego wyposażenia instalacji kotłowej.



Rys. 6: Wartości charakterystyczne pary

## 2.3 Czym jest para?

Poradnik niniejszy nie zajmuje się mieszaninami powietrza z parą wodną, lecz wyłącznie parą suchą, wytwarzaną w systemach zamkniętych (kotłach parowych).

Para powstaje z fazy ciekłej lub stałej poprzez odparowanie lub sublimację.

W sensie fizycznym para wodna jest wodą w stanie gazowym.

Przy parowaniu wody z czasem ustala się dynamiczna równowaga, tzn. dokładnie tyle samo cząsteczek fazy ciekłej lub stałej przechodzi do fazy gazowej, ile fazy gazowej się skrapla. W stanie tym mówimy o parze nasyconej. Ilość cząsteczek zmieniających fazę zależna jest od ciśnienia i temperatury w rozpatrywanym systemie.

### Wartości charakterystyczne pary (rys.6):

Gęstość przy 100°C i 1,01325 bar:  
0,598 kg/m<sup>3</sup>

Jednostkowa pojemność cieplna:  
 $c_p = 2,08 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Przewodność cieplna:  
> 0,0248 W/(m·K)

Punkt potrójny: 0,01°C, co odpowiada 273,165 K przy 0,00612 bar

Punkt krytyczny:  
374,15°C przy 221,2 bar

# Podstawy ogólne

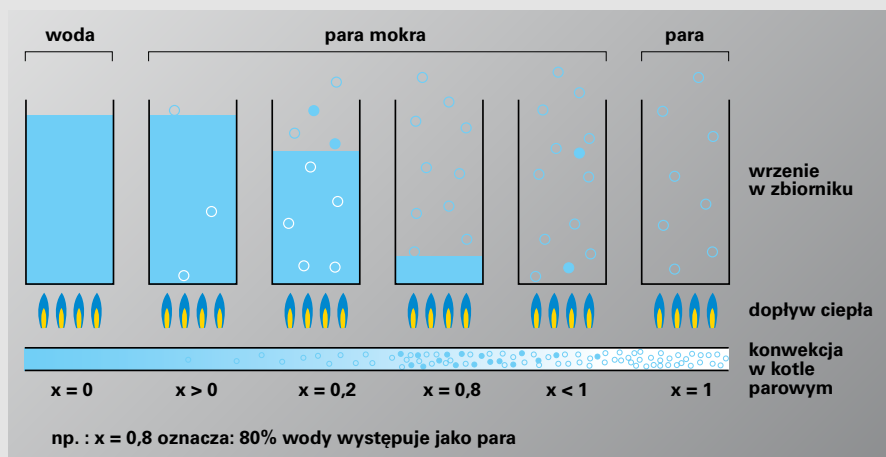
## Para mokra, gorąca, nasycona

Jeśli wodę odparuje się w zimnym środowisku przez doprowadzenie ciepła, cząsteczki wody w fazie gazowej kondensują znowu, tworząc bardzo drobne kropelki wody. Para wodna składa się wtedy z mieszaniny drobnych kropelek i niewidocznej wody w stanie gazowym. Mieszaninę taką nazywa się parą mokrą (rys. 7).

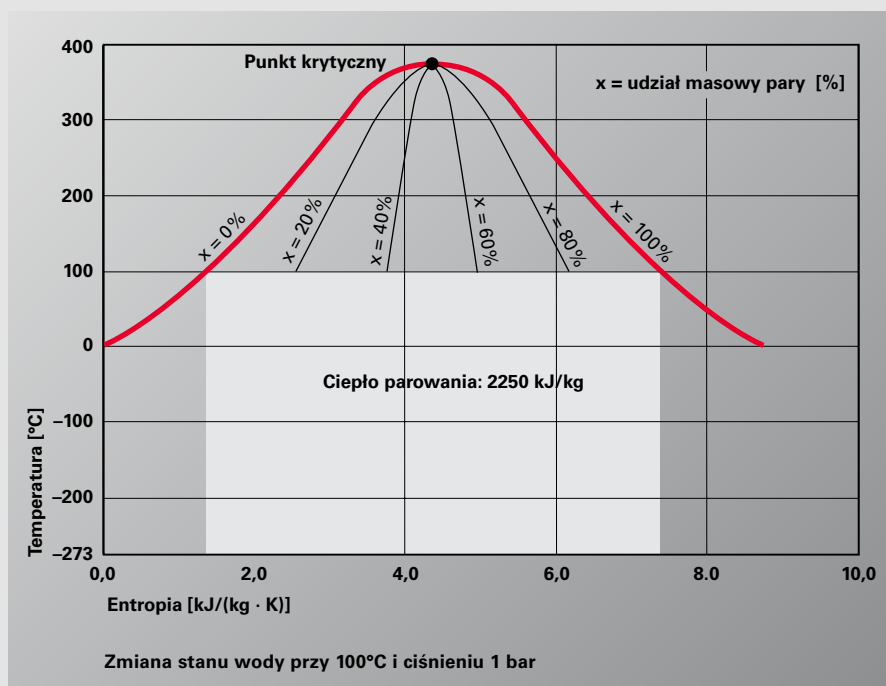
Na wykresie T-S (rys. 8) obszar pary mokrej rozciąga się do punktu krytycznego przy 374, 15°C i 221,2 bar.

Powyżej tej temperatury para wodna i woda ciekła nie różnią się już od siebie gęstością i stan ten nazywa się dlatego „nadkrytycznym”. Stan ten jest nieistotny dla zastosowań kotłów parowych. Woda nadkrytyczna ma z chemicznego punktu widzenia szczególnie agresywne właściwości. Poniżej punktu krytycznego para wodna występuje więc w stanie „podkrytycznym”, znajdując się w równowadze z wodą ciekłą. Jeśli parę w tym obszarze po pełnym odparowaniu cieczy będzie się podgrzewało dalej, do temperatur przekraczających temperaturę parowania w danych warunkach, to powstanie para przegrzana, albo „para gorąca”. Ta forma pary nie zawiera już żadnych kropelek wody i pod względem fizycznym jest niewidzialnym gazem.

Para w obszarze granicznym między parą mokrą a gorącą nazywa się „parą nasyconą”, albo w odróżnieniu od pary mokrej czasem także „parą suchą”. Do tego stanu odnosi się większość danych, podawanych w tzw. tablicach pary.



Rys. 7: Para mokra, gorąca, nasycona



Rys. 8: Wykres T-S dla wody

## Kondensacja i przegrzanie cieczy

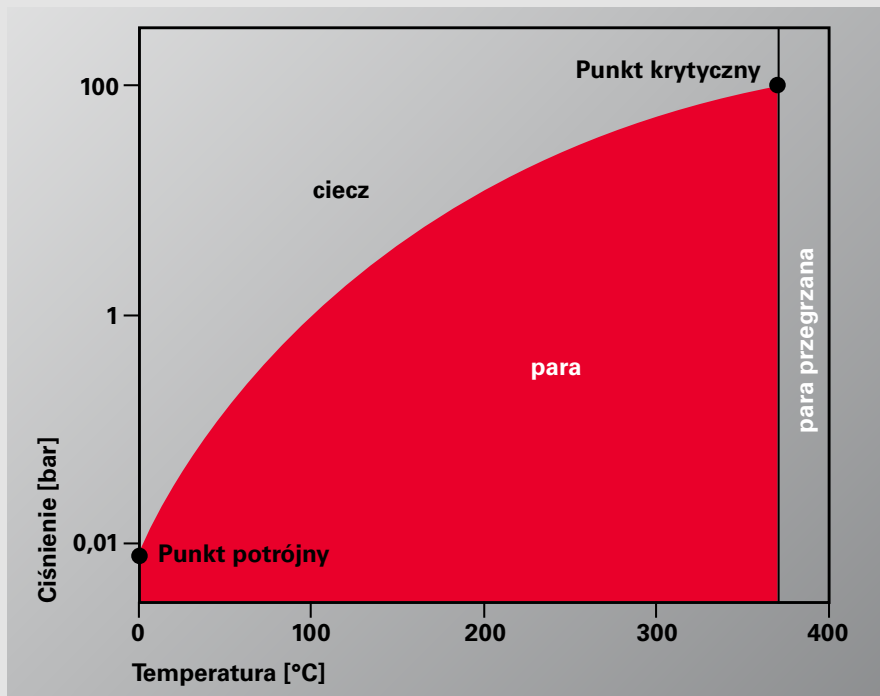
Przy schładzaniu pary osiąga się w pewnym momencie temperaturę punktu rosy, w której para wodna jest ponownie w stanie nasyconym i przy dalszym schładzaniu przechodzi znowu w ciecz. W przypadku bezpośredniego przejścia ze stanu gazowego w stały, a więc przy resublimacji, temperaturę tę nazywa się punktem zamarzania. Jeśli para zostanie schłodzona poniżej punktu rosy bez wystąpienia kondensacji, to dochodzi wtedy do przesylenia pary. Powodem tego jest brak zarodków kondensacji, np. cząstek pyłu lub lodu.

W kierunku „przeciwnym” może nastąpić przegrzanie cieczy: wodę nie zawierającą cząstek pyłu lub pęcherzyków gazu można podgrzać ponad temperaturę wrzenia, bez wystąpienia wrzenia. Najmniejsze zakłócenia, jak na przykład wstrząsy powodujące przemieszanie, mogą spowodować nagłe, mające charakter eksplozji, rozdzielenie fazy gazowej i ciekłej. Nazywa się to przegrzaniem cieczy.

## Zagrożenia związane z parą wodną

Nieznaczne ilości pary wodnej mogą transportować duże ilości ciepła i tym samym energii. Dlatego niszczycielski potencjał urządzeń parowych, jak kotły i rurociągi parowe, jest bardzo duży.

Zwykły przemysłowy kocioł parowy stanowi naczynie zamknięte. Oznacza to, że para znajduje się z reguły pod ciśnieniem wyższym od atmosferycznego. O ile pod normalnym ciśnieniem atmosferycznym z litra wody powstaje ok. 1700 litrów pary, to przy nadciśnieniu 7 bar objętość ta redukuje się do 240 litrów.



Rys. 9: Charakterystyka wrzenia wody

Łatwo więc wyobrazić sobie, że przy otwarciu takiego zbiornika nastąpi udarowe rozprężenie, co pociąga za sobą odpowiednie zagrożenia.

Para wodna o wysokiej temperaturze i wysokim ciśnieniu, ulatniająca się z uszkodzonego przewodu (w stanie „pary gorącej”) jest niewidoczna i może tworzyć strumień o znacznym zasięgu. Kontakt takiego strumienia pary z większą powierzchnią ciała jest dla człowieka zabójczy, ze względu na natychmiastowe ciężkie oparzenia.



## 3 Wytwarzanie pary

### 3.1 Kocioł parowe

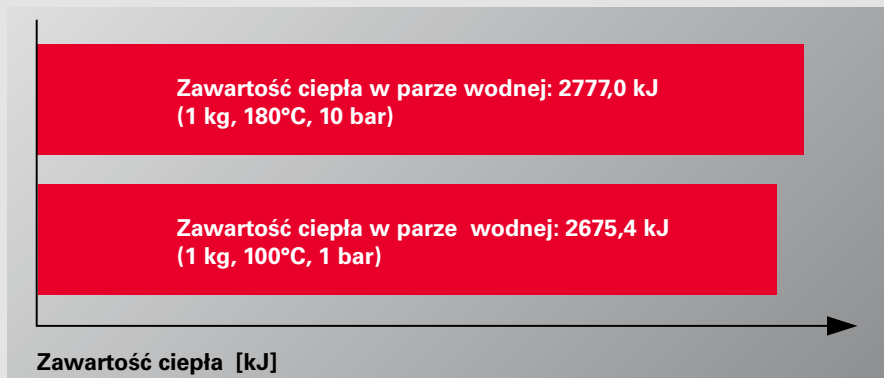
Kocioł parowy jest naczyniem zamkniętym, służącym do wytwarzania pary pod ciśnieniem wyższym od atmosferycznego. Wskutek „zamknięcia” pary rośnie jej ciśnienie i tym samym temperatura wrzenia. Rośnie w ten sposób także zawartość energii w powstającej parze (rys. 10).

Poszczególne typy kotłów klasyfikuje się albo według typu konstrukcji lub rodzaju paliwa.

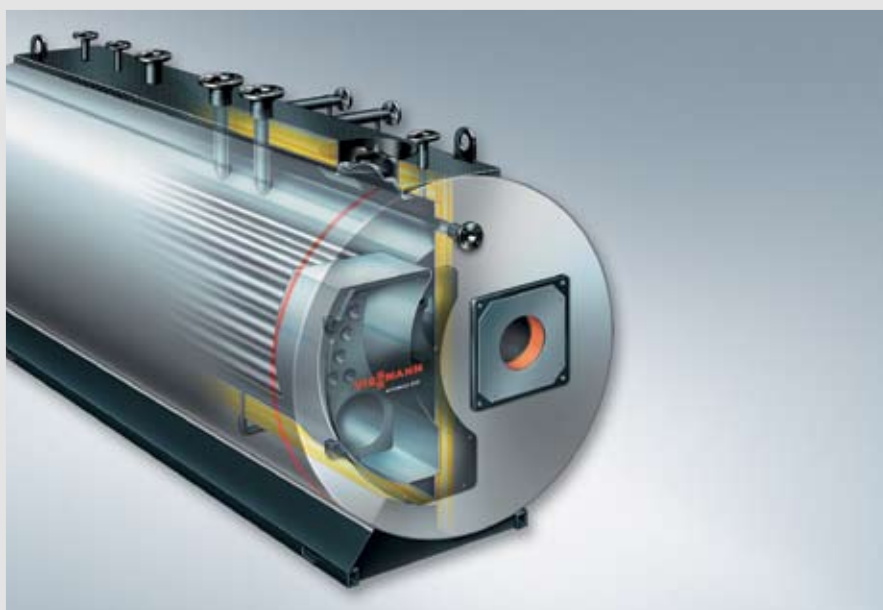
Kocioł parowy definiuje się ponadto przez podanie wydajności pary i dopuszczalnego nadciśnienia roboczego. Wysokoprężne kocioł parowe większej mocy budowane są w dwóch zasadniczych typach konstrukcyjnych: jako kocioł opłomkowe i kocioł płomienicowo-płomieniówkowe (zwane również walczakowymi). W kociołach pierwszego typu woda znajduje się w rurach, opływanych przez spaliny. Ten typ kotła stosowany jest zazwyczaj jako szybka wytwornica pary do ok. 30 bar, lub jako kocioł wodnorurkowy do ok. 300 bar.

Tak dużych ciśnień kocioł walczakowe nie są w stanie zapewnić. W kociołach tego typu spaliny przepływają przez rury (płomienice i płomieniówki) otoczone wodą (rys. 11). Dopuszczalne nadciśnienie robocze tych kotłów wynosi – zależnie od ich wielkości – do ok. 25 bar i produkować mogą one np. 25 ton pary na godzinę.

Kocioł płomienicowo-płomieniówkowe mogą bezpiecznie i ekonomicznie spełniać większość wymagań stawianych wytwarzaniu pary w procesach przemysłowych, zwłaszcza odnośnie ciśnienia i wydajności pary. Ten typ konstrukcyjny stosowany jest także z zasady do wytwarzania pary niskoprężnej (do 1 bar).



Rys. 10: Zawartość ciepła w parze wodnej



Rys. 11: Vitomax 200-HS – wysokoprężny kocioł parowy



Rys. 12: Vitomax 200-HS – wysokoprężny kocioł parowy, typ M237, wydajność pary 0,5-3,8 t/h



Rys. 13: Vitomax 200-HS – wysokoprężny kocioł parowy, typ M235, wydajność pary 4,0-25 t/h

# Wytwarzanie pary

## 3.2 Podstawy prawne

Już w roku 1985 pojawił się postulat opracowania ujednoczonych uregulowań technicznych, pozwalających na likwidację barier handlowych na wewnętrznym rynku europejskim. Jednakże jeszcze do roku 1997 obowiązywały w krajach Unii Europejskiej zróżnicowane krajowe przepisy budowy urządzeń ciśnieniowych, a tym samym i kotłów parowych.

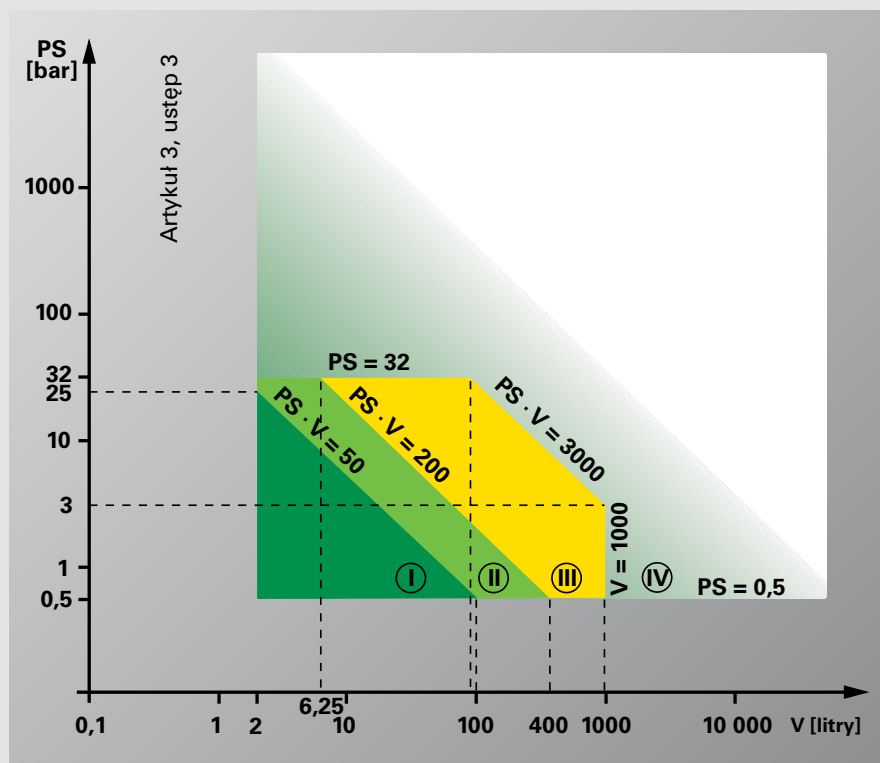
29 maja 1997 weszła w życie z pięcioletnim okresem przejściowym „Dyrektywa 97/23/WE Parlamentu i Rady Europejskiej z 29 maja 1997 o zbliżaniu przepisów krajów członkowskich dotyczących urządzeń ciśnieniowych”.

Dyrektywa ta obowiązuje dla wszystkich kotłów parowych o dopuszczalnym nadciśnieniu roboczym ponad 0,5 bar lub temperaturze roboczej ponad 110°C i pojemności powyżej 2 litrów. Przy wartości pojemności należy mieć na uwadze, że należy zawsze uwzględniać łączną objętość kotła parowego.

Dla kotłów parowych, których nadciśnienie robocze nie przekracza 0,5 bar a temperatura robocza jest niższa od 110°C dyrektywa ta nie obowiązuje. Dla urządzeń takich obowiązuje np. dyrektywa „Urządzenia spalające gaz”.

Dyrektywa 97/23/WE reguluje całe postępowanie aż do wprowadzenia urządzeń do obrotu. Zakres obowiązywania dyrektywy obejmuje nie tylko samo urządzenie ciśnieniowe, lecz także wszystkie części wyposażenia pełniące funkcje bezpieczeństwa i poddane ciśnieniu.

Załącznik II do dyrektywy zawiera podział opalanych urządzeń ciśnieniowych (kotłów parowych) na kategorie (rys. 14).



Rys. 14: Diagram klasyfikacji kotłów wg dyrektywy „Urządzenia ciśnieniowe”, zmodyfikowany wg „Przewodnika stosowania dyrektywy 97/23/WE „Urządzenia ciśnieniowe” opracowanego przez EHI (Association of the European Heating Industry)

Wysokoprężne kotły parowe Viessmann serii Vitomax 200-HS oraz niskoprężne kotły parowe serii Vitomax 200-LS zalicza się na podstawie wzoru

ciśnienie • pojemność

do kategorii IV wg diagramu.

Jedynie kotły serii Vitoplex 100-LS (kotły parowe o dopuszczalnym nadciśnieniu roboczym 1 bar) o pojemności poniżej 1000 litrów wchodzi do kategorii III.

Z kategorii kotłów III wzgl. IV wynikają dyrektywy możliwych kategorii modułów badań.

Kategorie modułów określają, jakie badania producent może przeprowadzić sam, a jakie muszą być przeprowadzone przez niezależną placówkę badawczą (jednostkę notyfikowaną wg dyrektywy 97/23/WE).

Wysokoprężne kotły parowe Viessmann kategorii IV badane są głównie według modułu G. Oznacza to, że wszystkie badania kotła przeprowadzane są na zlecenie producenta przez „jednostkę notyfikowaną”. Badania obejmują badanie projektu (sprawdzenie obliczeń części ciśnieniowej i konstrukcji na zgodność z normami), kontrolę technologii produkcji, nadzór nad budową, próbę wytrzymałościową (próbę ciśnieniową) i badanie końcowe.

# Wytwarzanie pary

Po pomyślnym badaniu końcowym wg modułu G jednostka badająca wystawia poświadczenie zgodności.

W deklaracji zgodności (rys. 17) producent oświadcza, że kocioł parowy odpowiada obowiązującym przepisom dyrektywy 97/23/WE i ew. innych odnośnych dyrektyw. Na znak spełnienia tych wymagań producent umieszcza na kotle znak CE.

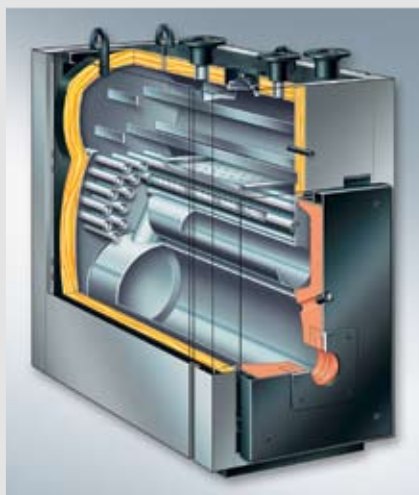
Dla kotłów budowanych seryjnie możliwa jest produkcja wg modułu B (homologacja WE typu konstrukcyjnego). W ramach tego modułu badań producent sam wykonuje wszystkie badania na każdym kotle seryjnym. Warunkiem jest posiadanie przez producenta uznanego systemu zapewniania jakości dla produkcji, badań końcowych i wszystkich badań związanych z wytwarzaniem, który nadzorowany jest przez jednostkę notyfikowaną.

Po opatrzeniu kotła znakiem CE, wystawieniu deklaracji zgodności i udokumentowaniu przeprowadzenia badań zgodnie z modulem badań, wynikającym z rys. 14, producent może bez jakichkolwiek barier handlowych wprowadzić kocioł do obrotu na całym obszarze UE. Kraje członkowskie UE muszą przy tym stosować domniemanie, że kocioł spełnia wszystkie wymagania obowiązujących dyrektyw, np. 97/23/WE (domniemanie zgodności).

Z państwami nie należącymi do UE i nie uznającymi też dyrektywy 97/23/WE producent musi dokonać stosownych uzgodnień z właściwym dla danego kraju organem dozoru technicznego.



Rys. 15: Kotlewnia z trzema kotłami Vitoplex – jednym niskoprężnym kotłem parowym i dwoma kotłami wodnymi



Rys. 16: Vitoplex 100-LS – niskoprężny kocioł parowy, 260-2200 kg/h

**Atest producenta**

My, firma Viessmann Werke GmbH & Co KG, D-35107 Allendorf, oświadczamy z całą odpowiedzialnością, że wyrób

**Vitoplex 100 LS**

odpowiada następującym normom:	Zgodnie z postanowieniami zawartymi w dyrektywach
EN 303	73/ 23/EWG
EN 50 082-1	89/336/EWG
EN 50 165	97/ 23/WE
EN 55 014	produkt ten na podstawie kontroli wzorca konstrukcyjnego ciśnieniowego urządzenia grzewczego (nr certyfikatu 01 202 620 B-042731-264-04 P), przeprowadzonej przez placówkę dozoru technicznego TÜV Rheinland/Berlin-Brandenburg, D-10882 Berlin, oznaczony został symbolem:
EN 60 335	CE-0035
EN 61 000-2-3	
EN 61 000-3-3	

Wytuczna TRD 2003/2 (Warunki Techniczne dla Kotłów Parowych, Niemcy)

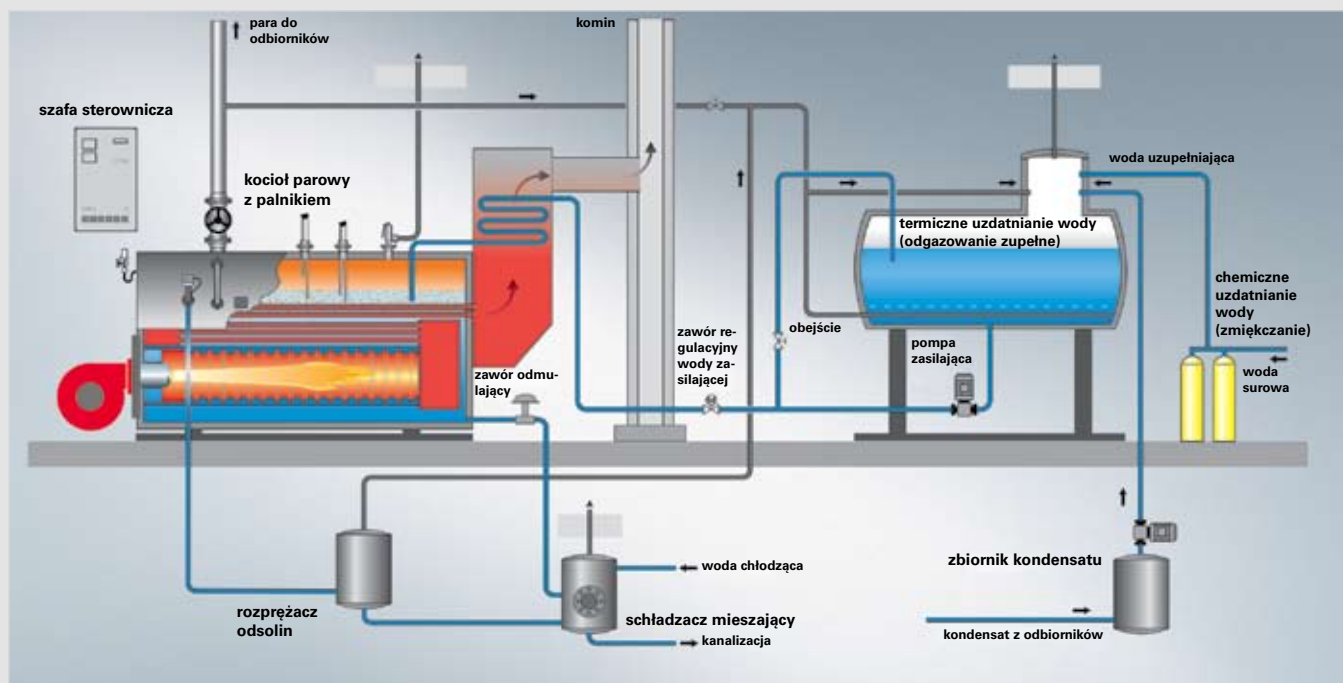
**Dane według wytycznej dla urządzeń ciśnieniowych (97/23/WE):**

- ciśnieniowe urządzenie grzewcze
- kategoria IV wg załącznika II, wykres 5
- moduły B i D zgodnie z załącznikiem III
- zastosowane przepisy: TRD (Warunki Techniczne dla Kotłów Parowych, RFN)
- zastosowane materiały zgodnie z załącznikiem I, 4.2, b) i przepisami TRD
- stopień korozji według załącznika I, 2.2 i normy TRD

Urządzenie ciśnieniowe zostało sprawdzone bez wyposażenia (urządzenie zabezpieczające).  
Przed ustawieniem i pierwszym uruchomieniem urządzenie ciśnieniowe należy wyposażyć zgodnie z lokalnymi przepisami.  
Urządzenie ciśnieniowe spełnia ponadto wymagania obowiązujących przepisów TRD i stosownych przepisów branżowych.

Rys. 17: Deklaracja zgodności dla kotła

# Wytwarzanie pary



Rys. 18: Zespoły składowe instalacji kotłowej

## 3.3 Zespoły składowe instalacji kotłowej

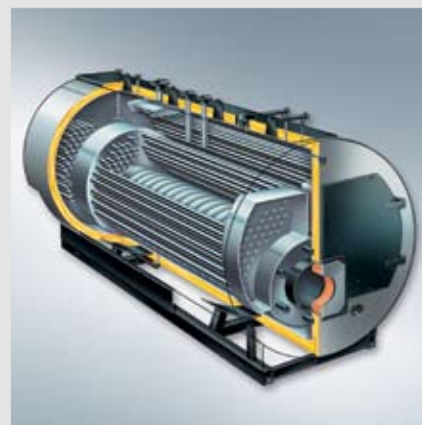
Zdolna do działania instalacja kotłowa obejmuje, oprócz samego kotła parowego wraz z armaturą zabezpieczającą, regulacyjną, wskazującą i odcinającą, zawiera także dodatkowe zespoły, niezbędne dla ruchu kotła (patrz rys. 63, str. 32/33). W niniejszym punkcie przedstawiono przegląd zespołów składowych i ich współdziałania. Szczegółowy opis poszczególnych elementów zawarty jest w następujących punktach. Typowa instalacja kotłowa składa się z następujących głównych zespołów.

### 1. Pomieszczenie kotła

Wykonanie pomieszczenia do zainstalowania kotła regulowane jest przepisami budowlanymi poszczególnych krajów. Wymagania odnośnie ustawienia kotła w pomieszczeniu, z uwzględnieniem pomieszczeń sąsiadujących i sposobu ich użytkowania uregulowane są w przepisach TRD (Zasady Techniczne dla Pary).



Rys. 19: Vitomax 200-HS – wysokoprężny kocioł parowy, typ M237, wydajność pary 0,5-3,8 t/h



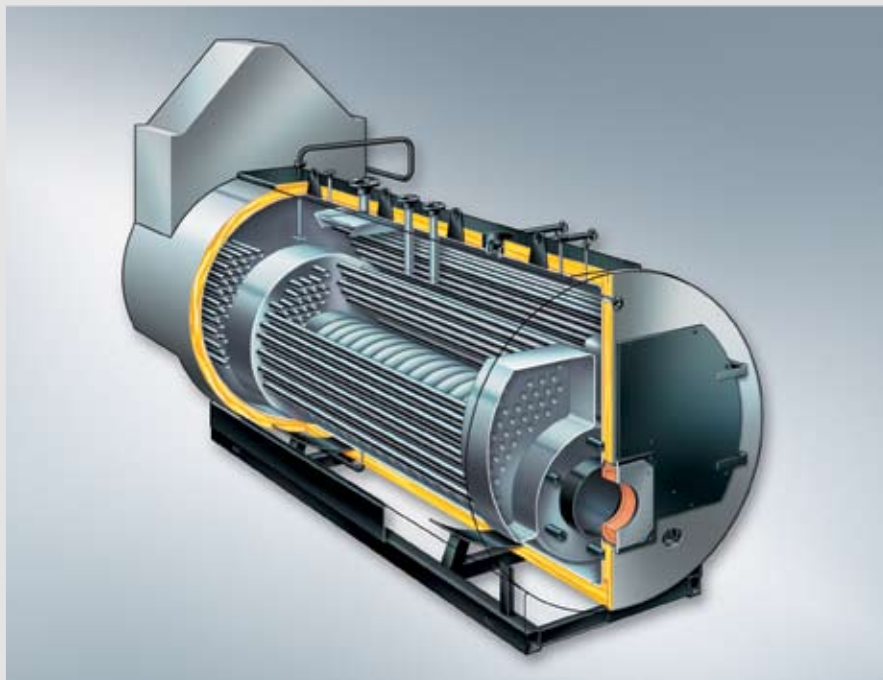
Rys. 20: Vitomax 200-HS – wysokoprężny kocioł parowy, typ M235, wydajność pary 4,0-25,0 t/h

# Wytwarzanie pary

Do wyposażenia kotłowni należą również wszystkie otwory wentylacyjne, konieczne do doprowadzenia powietrza do spalania, instalacje oświetleniowe, jak i możliwość komunikacji na zewnątrz.

## 2. Kocioł parowy

Kocioł parowy charakteryzuje się, oprócz typu konstrukcyjnego, także jego wydajnością pary i dopuszczalnym nadciśnieniem roboczym. Do kotła parowego należy armatura zabezpieczająca, regulacyjna, wskaźująca i odcinająca, zespół pomp zasilających, palenisko (palnik) i szafa sterująca. Dobór poszczególnych komponentów zależy od zakładanego przez użytkownika sposobu prowadzenia ruchu instalacji i stosowanego paliwa.



**Rys. 21:** Vitomax 200-HS – olejowy/gazowy wysokopięny kocioł parowy z ekonomizerem zintegrowanym z czopuchem. Wydajność pary 4,0 – 25,0 t/h

## 3. Ekonomizer

Dla zwiększenia sprawności kotła dostawia się do niego podgrzewacz wody zasilającej (ekonomizer – EKO) w postaci zintegrowanego lub wolnostojącego zespołu. W ekonomizerze następuje podgrzanie wody zasilającej przez spaliny i dodatkowe schłodzenie spalin (rys. 21).

## 4. Zasilanie paliwem

W Niemczech i krajach sąsiednich jako paliwa stosuje się od lat głównie olej opałowy EL i gaz ziemny. Inne paliwa, jak olej ciężki, oleje odpadowe, gaz płynny, biogaz, gaz wielkopieczowy stosuje się tylko w odosobnionych przypadkach. W przypadku oleju opałowego układ zasilania paliwem obejmuje zbiorniki magazynowe oleju, instalacje napełniające, zbiorniki rozchodowe, pompy transportowe oleju (rys. 22), przewody oleju z armaturą i zabezpieczającą armaturą odcinającą. W przypadku opalania gazem instalacja zasilająca obejmuje główny zawór szybkoodecinający, przewody gazowe w kotłowni, przewody wentylacyjne i armaturę przedpalnikową (rys. 23).



**Rys. 22:** Dwupompowy agregat transportowy oleju (źródło: Weishaupt)



**Rys. 23:** Zestaw przedpalnikowej armatury gazowej

# Wytwarzanie pary

## 5. System odprowadzania spalin

System obejmuje przewody spalin między kotłem wzgl. ekonomizerem a kominem, tłumik hałasu przepływu i komin.

## 6. Chemiczne uzdatnianie wody

Sposób uzdatniania wody zależy od następujących czynników:

- skład chemiczny wody surowej
- jakość kondensatu
- ilość zawracanego kondensatu
- wymagania dla jakości pary
- częstość odsalania kotła

Na podstawie tych kryteriów dobiera się odpowiednią technologię uzdatniania wody.

System uzdatniania wody obejmuje również urządzenia do przygotowania wody zasilającej.

## 7. Termiczne uzdatnianie wody

Dla usunięcia z wody zasilającej rozpuszczonych w niej, szkodliwych dla ruchu kotła gazów, jak tlenu i dwutlenku węgla, konieczne są urządzenia do termicznego odgazowania. Podgrzanie w nich wody zmniejsza jej zdolność rozpuszczania gazów i redukuje ich zawartość w wodzie zasilającej.

## 8. Aparaty termiczne

Termiczne uzdatnianie wody obejmuje urządzenia do oddzielania zawartych w wodzie gazów, np. odgazowywacze termiczne, zbiorniki schładzające odmuliny i odsoliny kotła parowego, wymienniki ciepła dla odzysku ciepła z odsolin, oraz zbiorniki kondensatu, łącznie z pompami kondensatu.



Rys. 24: Instalacja odprowadzania spalin (źródło: ASETEC)



Rys. 25: Stopa kominowa

## 9. Przegrzewacze

Przegrzewacze służą do przegrzania pary ponad temperaturę pary nasyconej (patrz również str. 50, punkt 8.2 Kotły parowe z przegrzewaczem).

## 10. Rurociągi

Wszystkie rurociągi, armatura, rozdzielacze pary i rurociągi odwadniające kondensatu traktuje się również jako elementy instalacji kotłowej.

Wszystkie te elementy rozpatrywane są przez organy dozoru technicznego przy ocenie instalacji kotłowej.

## 4 Elementy składowe kotłowni parowej

### 4.1 Kocioł parowy

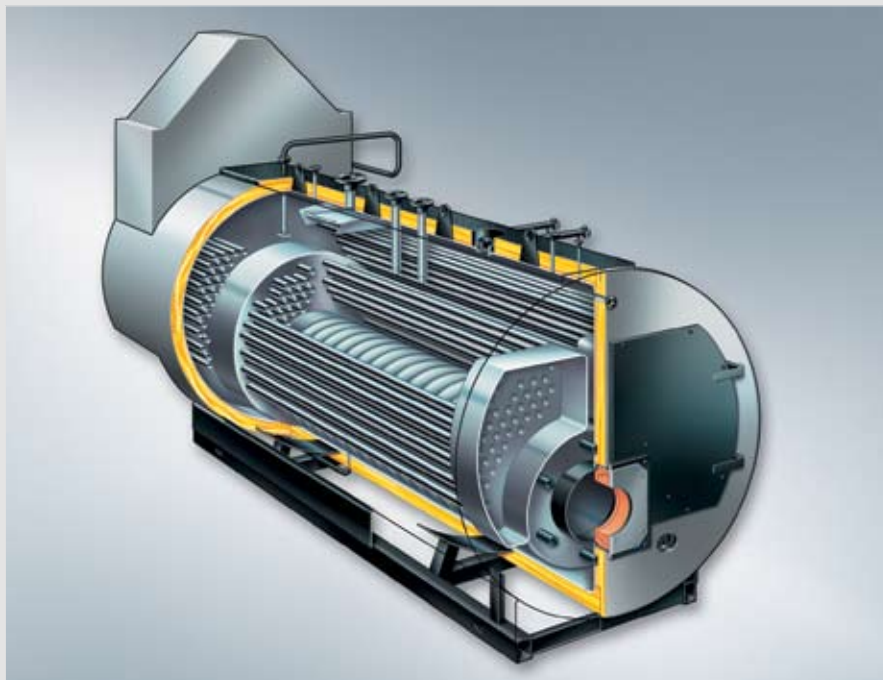
Ponad 50% eksploatowanych w Niemczech wysokopięrnych kotłów parowych to kotły płomienicowo-płomieniówkowe w układzie trzyciągowym, tak jak wysokopięrny kocioł parowy Vitomax 200-HS (rys. 26 i 27).

Układ trzyciągowy umożliwia uzyskanie szczególnie niskoemisyjnego, a tym samym przyjaznego środowisku, spalania. Spaliny przechodzą na końcu komory spalania przez chłodzoną wodą komorę nawrotu do drugiego ciągu spalin. W następnej komorze nawrotu, przy przednich drzwiach kotła, spaliny przechodzą do trzeciego ciągu spalin, stanowiącego konwekcyjną powierzchnię grzewczą. Ponieważ spaliny opuszczają komorę spalania przez tylną komorę nawrotu i w komorze spalania nie występuje już zwrotny przepływ spalin wokół jądra płomienia, płomień może oddać więcej ciepła i jest przez to lepiej schłodzony. Ten efekt oraz krótki czas przebywania spalin w strefie reakcji redukują powstawanie tlenków azotu.

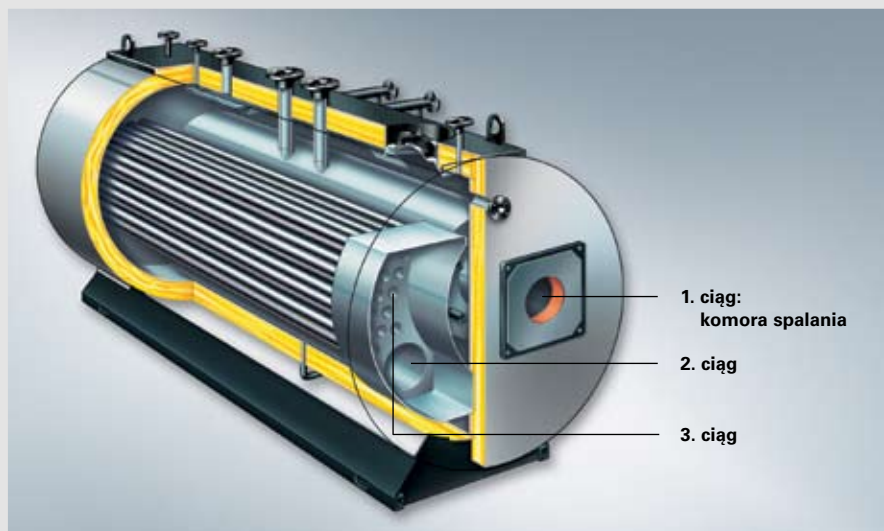
Zasada konstrukcyjna kotła płomienicowo-płomieniówkowego cechuje się dużą pojemnością wodną, dużą przestrzenią pary i w efekcie dobrą zdolnością akumulacji ciepła. Dzięki temu kocioł zapewnia stabilne zaopatrzenie w parę, nawet przy nagłych i silnych wahanach obciążenia.

Duża powierzchnia parowania w połączeniu z korzystnym kształtem przestrzeni parowej z wbudowanym odkraplaczem zapewniają suchą parę.

Dzięki układowi trzyciągowemu można zapewnić wysoką wydajność pary przy krótkich czasach rozgrzewania.



Rys. 26: Vitomax 200-HS – olejowy/gazowy wysokopięrny kocioł parowy z ekonomizerem zintegrowanym z czopuchem. Wydajność pary 0,7-3,8 t/h



Rys. 27: Kocioł trzyciągowy Vitomax 200-HS jw. bez ekonomizera.

# Elementy składowe kotłowni parowej

Przekazywanie ciepła rozkłada się na poszczególne ciągi następująco:

- 1 ciąg i komora nawrotna:  
ok. 35%
- 2 i 3 ciąg płomieniówkowy:  
ok. 65%.

Konstrukcja kotła Vitomax 200-HS charakteryzuje się następującymi cechami:

- niskoemisyjne spalanie z niską emisją tlenków azotu, dzięki małemu obciążeniu komory spalania
- duża przestrzeń parowa, duża powierzchnia parowania i zintegrowany odkraplacz podwyższający jakość pary
- wygodne serwisowanie dzięki chłodzonej wodą tylnej komorze nawrotu, bez wymurówki
- duże drzwi wyczystkowe
- przystosowane do chodzenia górne pokrycie kotła (w zakresie dostawy) – ułatwia montaż i chroni izolację cieplną przed uszkodzeniem (rys. 28)
- wysokie bezpieczeństwo eksploatacji i długa żywotność dzięki obszernemu płaszczowi wodnemu i dużym odstępom między płomieniówkami
- duża pojemność wodna gwarantuje dobre krążenie wewnętrzne i skuteczne przekazywanie ciepła
- nieznaczne straty na promieniotwórczość, dzięki zespolonej izolacji cieplnej grubości 120 mm i chłodzonej wodą ścianie przedniej
- niskie opory przepływu po stronie spalin, dzięki konwekcyjnym powierzchniom grzewczym płomieniówek z dużą średnicą.

Moce maksymalne kotłów parowych określa norma europejska EN 12953 i są one wiążące dla producentów. Kotły opalane gazem budowane są do wydajności 25 t/h a opalane olejem – do 19 t/h. Dopuszczalne maksymalne ciśnienia robocze mogą wynosić do 25 bar, zależnie od typu i wielkości kotła.



Rys. 28: Pomost roboczy kotła montowany na wszystkich kotłach parowych Vitoplex-LS oraz kotłach parowych Vitomax 200-HS



Rys. 29: Instalacja kotła parowego

W niektórych krajach organy dopuszczające wymagają dla kotłów o mocy od 12 MW przy opalaniu olejem wzgl. 15,6 MW przy opalaniu gazem, zainstalowania punktów pomiarowych do kontroli temperatury płomienicy. Takie punkty pomiarowe można bez problemu wbudować w kotły Vitomax.



Rys. 30: Rozprowadzanie pary

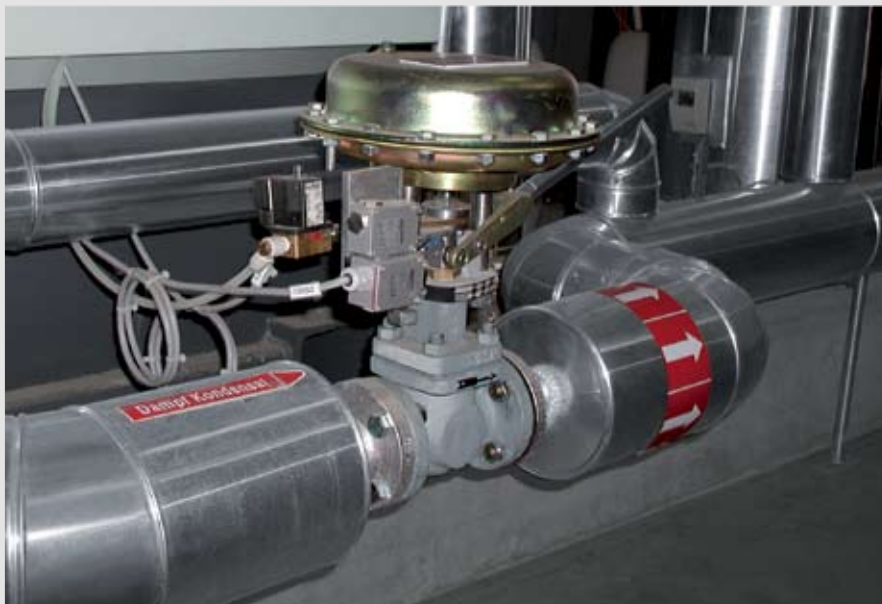


## Elementy składowe kotłowni parowej

Do kotła parowego należy armatura zabezpieczająca, regulacyjna, wskazująca i odcinająca, zespół pomp zasilających, palenisko (palnik) i rozdzielnica elektryczna i szafa sterująca urządzeniami regulacji na kotle. Dobór tych poszczególnych komponentów, należących do kotła parowego, zależy od zakładanego przez użytkownika sposobu prowadzenia ruchu instalacji i stosowanego paliwa.

Szczególne znaczenie mają zawory odmulające i odsalające na kotle. Są one nieodzowne do zapewnienia bezpiecznej, ciągłej pracy kotła parowego. Podczas ruchu kotła tworzą się osady mułów, które okresowo należy usuwać z kotła. Służy do tego tzw. zawór odmulający (rys. 31), poprzez który spuszcza się wodę z dolnego rejonu kotła. Przy jego nagłym otwarciu silny strumień wody powoduje skuteczne wypłukanie mułu z dolnej części kotła.

Podczas wytwarzania pary w wodzie pozostają rozpuszczone w niej sole, pochodzące z uzdatniania chemicznego, zwiększając stopień zasolenia wody kotłowej. Duże stężenie soli powoduje krystalizację soli na powierzchniach wymiany ciepła, pogarszając przekazywanie ciepła i wywołując korozję i powstawanie piany, która może przedostawać się do instalacji parowej. Pogarsza to jakość pary, a tworzące się w instalacji korki wodne obciążają armaturę. Piana zakłóca także działanie regulatorów poziomu, utrzymujących stały poziom wody w kotle. Zadaniem zaworów odsalających jest więc niedopuszczanie do przekroczenia określonego stężenia soli. Wbudowana w kocioł elektroda konduktancyjna mierzy stężenie soli i przy przekroczeniu wartości zadanej powoduje otwarcie zaworu odsalającego (rys. 32).



Rys. 31: Automatyczny zawór do okresowego odmulania kotła



Rys. 32: Zawór odsalający

# Elementy składowe kotłowni parowej

## 4.2 Palniki

Zadaniem palników jest przekształcenie energii zawartej w paliwie w ciepło użyteczne. Kotły płomieniowo-płomieniówkowe opalane są zazwyczaj paliwami płynnymi i/lub gazowymi. W rzadkich przypadkach opala się kotły także pyłem węglowym lub drewnem, ale ze względu na małe rozpowszechnienie ich stosowania nie będą one tu omawiane.

### **Powietrze do spalania**

Gaz lub olej spala się tylko w obecności tlenu (powietrza). Dlatego każdy palnik wyposażony jest w dmuchawę powietrza do spalania. Zależnie od usytuowania dmuchawy rozróżnia się palniki monoblokowe i duoblokowe (monoblok: dmuchawa na palniku; duoblok: dmuchawa zamontowana osobno).

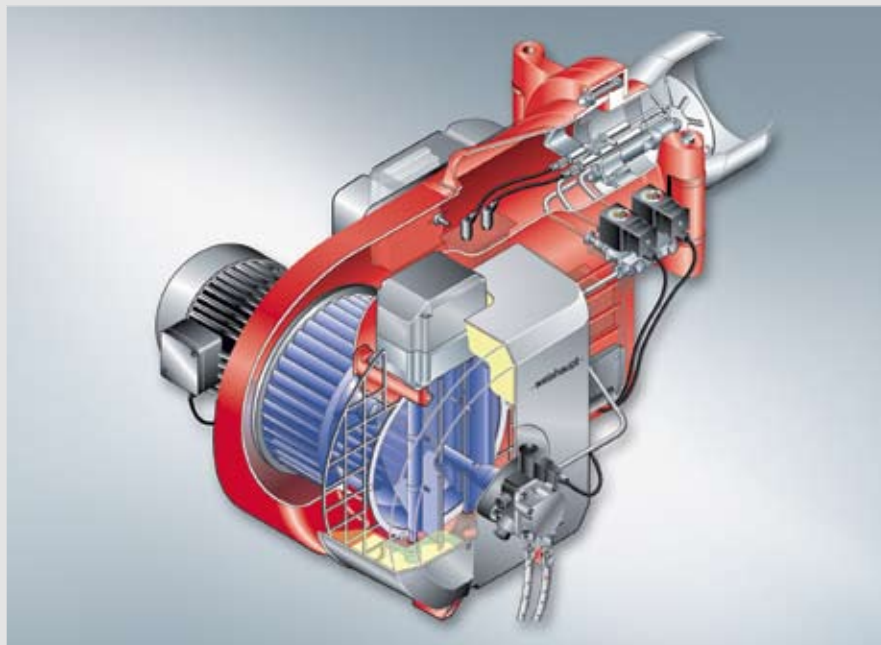
Zadaniem dmuchawy jest dostarczenie powietrza w ilości koniecznej stechiometrycznie, plus około 10% nadmiaru i pokonanie oporu przepływu spalin instalacji kotłowej. Składa się on m.in. z oporów przepływu kotła, ekonomizera i tłumika szumów przepływu.

Dla zapewnienia niskoemisyjnego spalania i dużej żywotności palnika należy utrzymywać temperaturę zasysanego powietrza do spalania w zakresie 5 do 40°C. Ponadto powietrze nie może być zanieczyszczone substancjami korodującymi, jak halogenki i chlorowce.

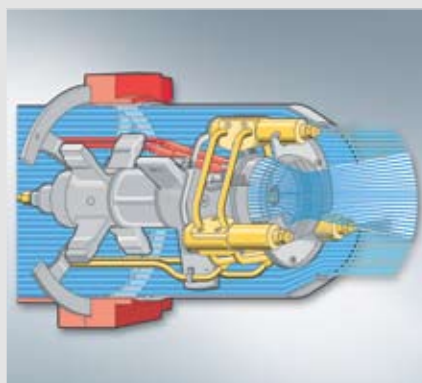
### **Olej opałowy**

Oleje opałowe dzieli się na następujące kategorie:

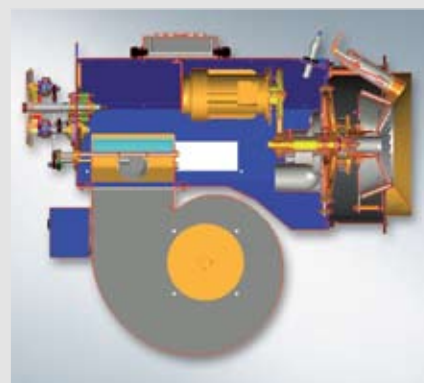
HEL: olej opałowy ekstra lekki  
 $H_u = 42,7 \text{ MJ/kg}$   
Olej S: olej opałowy ciężki  
 $H_u = 40,2 \text{ MJ/kg}$



Rys. 33: Palnik z rozpylaniem ciśnieniowym (źródło: Weishaupt)



Rys. 34: Przekrój rozpylacza ciśnieniowego (źródło: Weishaupt)



Rys. 35: Rozpylacz wirujący (źródło: Saacke)

W poszczególnych krajach występują różnice w składzie olejów.

Minimalne wymagania dla ww. olejów opałowych określa norma DIN 51603 cz. 1 i cz. 3. Ponadto, zwłaszcza poza Europą, stosuje się oleje, nie zaliczane do powyższych kategorii. Zależnie od gatunku oleju stosuje się różne warianty palników. Rozróżnia się palniki z rozpylaniem ciśnieniowym, parowym i obrotowym.

### **Rozpylacze ciśnieniowe**

W rozpylaczach tych olej podawany pod ciśnieniem przez pompę zostaje drobno rozpylony przez dyszę. Palniki te stosuje się głównie do oleju lekkiego (rys. 33 i 34).

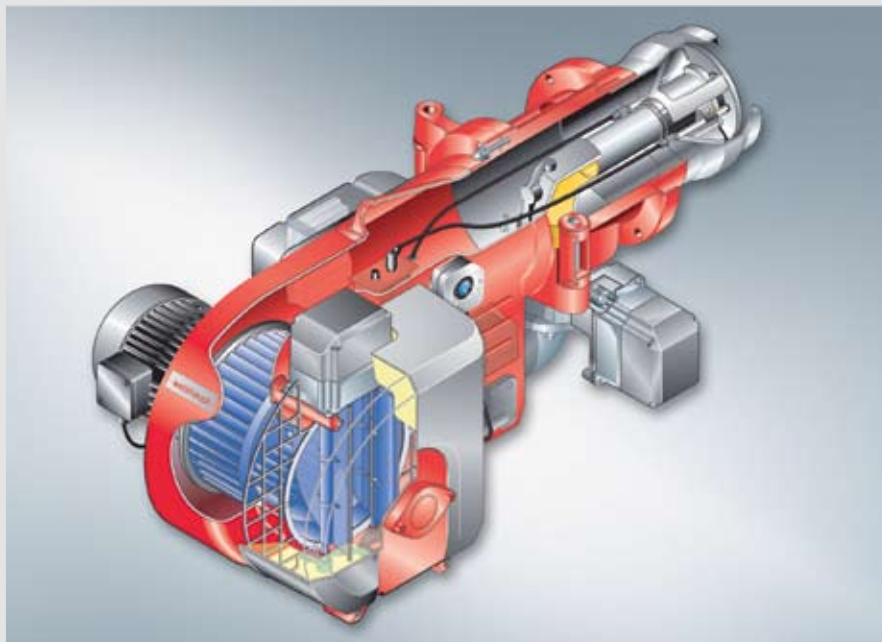
# Elementy składowe kotłowni parowej

## **Parowe rozpylacze ciśnieniowe**

Olej rozpylany jest w głowicy palnika przy pomocy pary. Metodę tę stosuje się zazwyczaj dopiero przy wyższych zakresach mocy.

## **Rozpylacze obrotowe (rotacyjne)**

Olej doprowadzany jest tu do szybko wirującego kubka. Wskutek ruchu wirowego i stożkowego kształtu wnętrza kubka olej spływa w kierunku komory spalania i na krawędzi kubka zostaje pod działaniem siły odśrodkowej drobno rozpylony w strumieniu wdmuchiwanego powietrza. Rozpylacze obrotowe stosuje się głównie przy opalaniu olejem ciężkim (rys. 35), ale nadają się również do spalania oleju lekkiego, odpadów olejowych, jak mieszaniny oleju i tłuszczu lub pozostałości po odtłuszczaniu, tłuszczów zwierzęcych, tłuszczów spożywczych i oleju rzepakowego.



Rys. 36: Palnik gazowy (źródło: Weishaupt)

## **Paliwa gazowe**

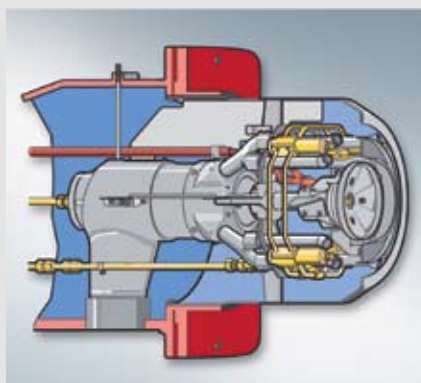
Stosowane są głównie różne gatunki gazu ziemnego. Gazy płynne i gaz miejski nie będą tu omawiane, ze względu na rzadkie stosowanie.

Gaz ziemny jest gazem naturalnym, złożonym głównie z metanu ( $\text{CH}_4$ ). Skład jego jest bardzo zróżnicowany, zależnie od miejsca wydobycia. Zazwyczaj zawiera także gazy obojętne (niepalne) oraz ew. cięższe węglowodory. Gaz ziemny jest cięższy od gazu miejskiego, lecz lżejszy od powietrza.

Gaz ziemny H:  $H_u = 36 \text{ MJ/kg}$   
Gaz ziemny L:  $H_u = 32 \text{ MJ/kg}$

Często możliwe jest domieszkowanie biogazu lub gazu z oczyszczalni, a często oba te gazy spala się bez dodatku gazu ziemnego.

Należy pamiętać o zmianie wartości opałowej przy stosowaniu domieszek, co wymaga dopasowania palnika lub zastosowania palnika specjalnego. Przy projektowaniu należy



Rys. 37: Palnik dwupaliwowy (źródło: Weishaupt)

generalnie brać pod uwagę zawartość siarki w stosowanym gazie, gdyż ew. może być konieczne użycie na armaturę gazową materiałów specjalnych, jak stal szlachetna.



Rys. 38: Palnik dwupaliwowy na olej i gaz na kotle Vitomax 200-HS

## **Palniki dwupaliwowe**

Są to palniki, które mogą spalać zarówno olej jak i gaz. Przesławiania dokonuje się ręcznie lub automatycznie, np. według czasów zakazu używania gazu, narzucanych przez dostawcę gazu i wymagających tymczasowego przełączenia na opalanie olejem. Wariant ten stosowany jest głównie w dużych instalacjach, dla zapewnienia ciągłości ruchu.

# Elementy składowe kotłowni parowej

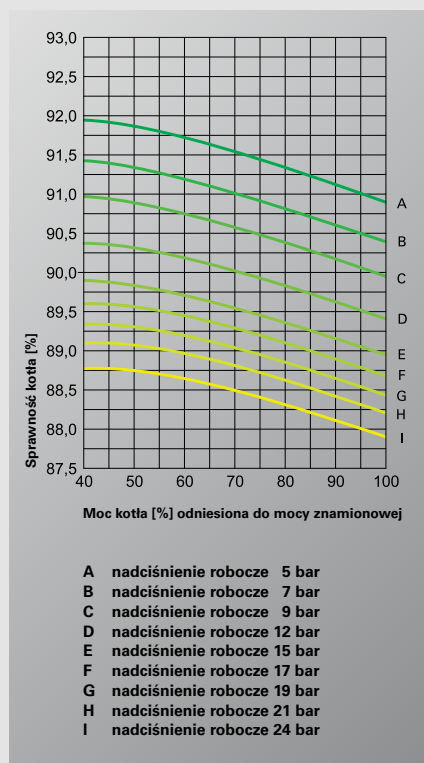
## 4.3 Podgrzewacz wody zasilającej/ekonomizier

Ekonomizier jest wymiennikiem ciepła spaliny/woda, wbudowanym w kocioł parowy (rys. 26, str. 15) lub ustawionym jako osobne urządzenie za kotłem. W kotłach parowych ekonomizery stosowane są do podgrzewania wody zasilającej.

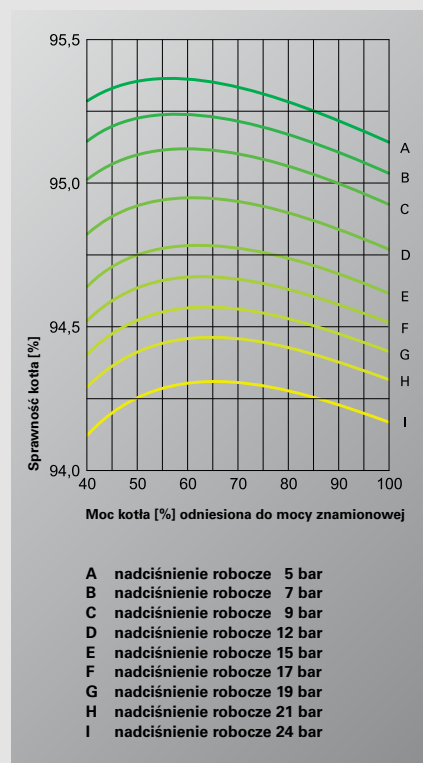
Temperatura spalin na wylocie kotła wynosi ok. 50 K ponad temperaturę pary nasyconej. Wartości tej, ze względu na prawa fizyczne przekazywania ciepła, nie można bardziej obniżyć akceptowalnym nakładem. Z takiej stosunkowo wysokiej temperatury spaliny wynika sprawność paleniskowa 89-91%. Strata kominowa może więc wynosić nawet 11%. Niemieckie rozporządzenie o czystości powietrza (BlmSchV) wymaga utrzymania maksymalnej straty kominowej 9%. Dla zejścia poniżej tej wartości stosuje się więc często w kotłach parowych podgrzewacze wody zasilającej (ekonomizery).

Ekonomizery wpinane są zasadniczo za trzecim ciągiem spalin. Następuje w nich dalsze schłodzenie spalin przez przepływającą w przeciwnym kierunku wodę zasilającą. Doboru termodynamicznego dokonuje się w oparciu o natężenie przepływu i temperaturę spalin oraz pożądaną temperaturę spalin za ekonomizyrem. Zależnie od wielkości powierzchni wymiany ciepła, spaliny zostają schłodzone do ok. 130°C.

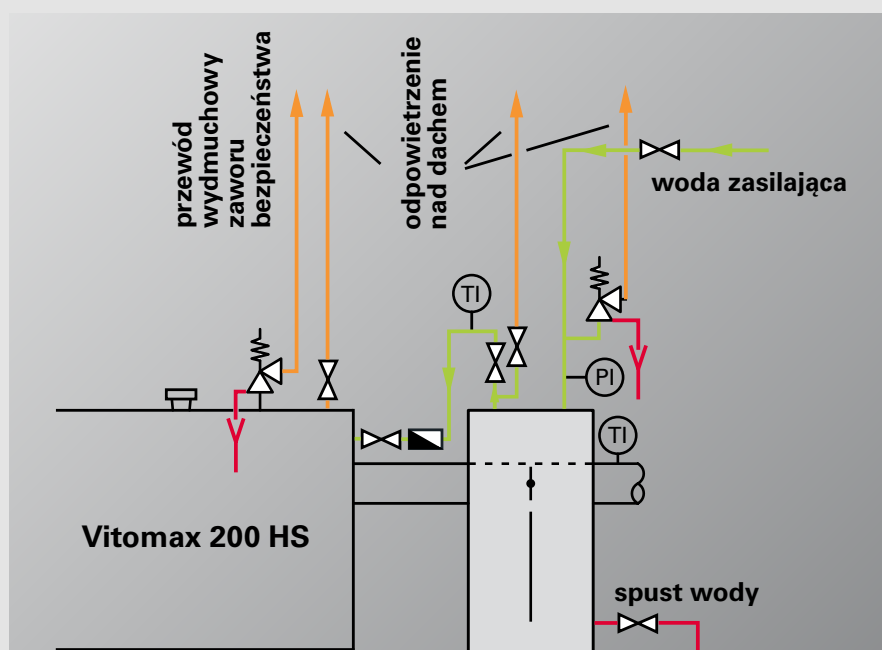
W programie dostaw znajdują się dwie standardowe wielkości ekonomizyru dla kotłów parowych Vitomax, schładzające spaliny do 180°C lub 130°C. Nagrzewają one wodę zasilającą od 102°C (temperatura wlotowa) do ok. 135°C (przy temperaturze spalin 130°C). Na życzenie klienta możliwe są też inne parametry. Zapewnia to uzyskanie sprawności paleniskowej 95%.



Rys. 39-1: Sprawność kotła w zależności od nadciśnienia roboczego, bez ekonomizera (uśrednione wartości dla wszystkich wielkości kotłów, zawartość tlenu w spalinach 3%, temperatura wody zasilającej 102°C)



Rys. 39-2: Sprawność kotła w zależności od nadciśnienia roboczego, z ekonomizyrem 200 (uśrednione wartości dla wszystkich wielkości kotłów, zawartość tlenu w spalinach 3%, temperatura wody zasilającej 102°C)



Rys. 40: Schemat dostawionego ekonomizera z armaturą i obejściem

## Elementy składowe kotłowni parowej

Na podstawie doświadczeń z ekonomizerami można przyjąć, że obniżenie temperatury spalin o 20 K zwiększa sprawność o ok. 1%.

Zintegrowane ekonomizery składają się z rur stalowych z dospawanymi owiniętymi śrubowo żebrami (rys. 41 i 42). Pełne połączenie spawane żebra z rurą zapewnia optymalny przepływ ciepła ze spalin do wody zasilającej i umożliwia kompaktową budowę ekonomizera.

W praktyce przyjęły się dwa warianty usytuowania ekonomizera. Preferowany jest „ekonomizer zintegrowany”, wbudowany już fabrycznie w czopach kotła. Ekonomizer jest w tym wypadku połączony nieodłącznym przewodem zasilającym z kotłem. Kocioł i ekonomizer stanowią jeden zespół, odbierany i dopuszczany łącznie i nie są konieczne żadne dodatkowe urządzenia odcinające i zabezpieczające.

Na ekonomizer nasadzony jest kołpak spalin, wyposażony wg wymagań klienta w przyłączy spalin i otwór wyczystkowy pakietu rur ekonomizera.

Drugim wariantem jest ekonomizer dostawiany (rys. 43), który można ustawić odpowiednio do układu kotłowni. Takie ekonomizery mają z zasady możliwość odcinania strony wodnej i mogą być wyposażone w układ obejścia spalin.

Stosuje się go w następujących przypadkach:

- dla unikania zejścia poniżej punktu rosy
- stosowanie różnych paliw o zróżnicowanym składzie (np. gazu ziemnego i oleju ciężkiego S, zawierającego siarkę)

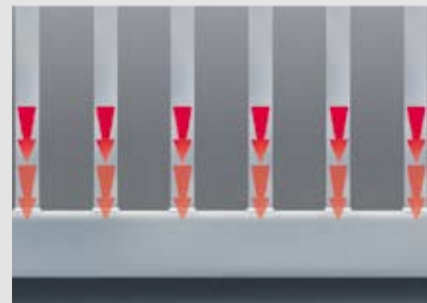
Temperaturę spalin za ekonomizerem można w tym wariantie regulować także klapą obejściową.

Ekonomizer dostawiany wymaga dodatkowo zaworów odcinających dopływu i odpływu wody zasilającej, zaworu spustowego, zaworu bezpieczeństwa oraz manometru i zgodnie z dyrektywą „Urządzenia ciśnieniowe” traktowany jest jako osobne urządzenie.

Dla optymalnego wykorzystania energii cieplnej spalin należy w kotłach parowych z ekonomizerami stosować palniki modułowe i ciągłą regulację wody zasilającej.

Gwarantuje to, że energia cieplna spalin, wytwarzana podczas pracy palnika, będzie stale wykorzystywana do podgrzewania wody zasilającej.

Ze względu na zapewnianą przez ekonomizer poprawę sprawności kotła i związane z tym oszczędności paliwa, wszystkie nowe instalacje powinny być z zasady wyposażane w ekonomizery.



Rys. 41: Pełne połączenie żebra z rurą i przepływ ciepła (źródło: Rosink)



Rys. 42: Rury ekonomizera z przyspawanymi żebrami stalowymi (przykład)



Rys. 43: Kocioł parowy Vitomax 200-HS z dostawionym ekonomizerem (z prawej)

# Elementy składowe kotłowni parowej

## 4.4 System odprowadzania spalin

Istotnymi składnikami paliw płynnych i stałych są węgiel i wodór. Spaliny powstające po pełnym spaleniu zawierają dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ), azot ( $\text{N}_2$ ) i wodę ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### Typy konstrukcyjne

Odprowadzanie spalin odbywać się może w dwóch różnych stanach ciśnieniowych. Zależy od nich także typ konstrukcyjny instalacji. Przy odprowadzaniu nadciśnieniowym palnik tłoczy spaliny przez kocioł i system odprowadzania spalin aż do wylotu. Przy podciśnieniowym odprowadzaniu spalin, ciśnienie wytwarzane przez palnik działa tylko do czopucha – potem odprowadzanie spalin przebiega przez komin, wytwarzając podciśnienie. Podciśnienie to powstaje wskutek siły wyporu gorących spalin i różnicy wysokości między wlotem a wylotem kominu, gdyż ciśnienie powietrza maleje wraz z wysokością. Siły wyporu przeciwstawiają się opory przepływu w kominie i w budowlanych komponentach instalacji, jak kolana i tłumiki szumów przepływu. Dlatego każda instalacja odprowadzania spalin musi być zaprojektowana według normy EN 13384.

### Wymiarowanie

Przy nadciśnieniowym odprowadzaniu spalin z zasady potrzebne są mniejsze przekroje przewodów, niż w instalacjach podciśnieniowych. Nadciśnieniowa instalacja odprowadzania spalin musi być hermetyczna. Zapewnia się to przez stosowanie przewodów spawanych lub systemów z połączeniami wtykanymi z uszczelkami, zwłaszcza przy „starych” kominach lub w technice kondensacyjnej.



Rys. 44: Tłumik hałasu przepływu spalin

W przypadku podciśnieniowych przewodów spalin wystarcza system odporny na kondensat, który nie musi być wykonany hermetycznie, gdyż spaliny nie mogą i tak wydostać się na złączach ze względu na panujące podciśnienie.

Przewód kominowy musi być wyprowadzony co najmniej 1 metr ponad dach, a w instalacjach o mocy ponad 1 MW musi sięgać co najmniej 10 metrów nad poziom terenu i 3 metry ponad kalenicę. Należy z zasady uwzględnić otaczającą zabudowę, aby uniknąć szkodliwego wpływu spalin. Należy ponadto uwzględnić obciążenie już istniejącymi instalacjami kominowymi, także z punktu widzenia emisji hałasu.

Szczegółowe wymagania są zazwyczaj uregulowane przepisami lokalnymi – partnerami do uzgodnień są lokalne urzędy nadzoru przemysłowego.



Rys. 45: Instalacja kominowa (źródło: ASETEC)

### Materiały

Na pionową część instalacji odprowadzania spalin stosowana jest dzisiaj zazwyczaj stal szlachetna. W sporadycznych przypadkach stosowana jest przy kotłach parowych także cegła szamotowa. Przewody połączeniowe spalin (między kotłem a kominem) wykonywane są również zazwyczaj ze stali szlachetnej, rzadziej ze stali zwykłej (St 37.2). Przewody spalin z tworzyw sztucznych w dużych instalacjach kotłowych nie są stosowane.

### Ochrona przeciwpożarowa

Zewnętrzny płaszcz nośny może być wykonany z różnych materiałów. Musi on spełniać jedynie zadania konstrukcji nośnej, a w obrębie budynków odpowiadać także wymaganiom ochrony przeciwpożarowej. Tak więc komin w obrębie budynku musi być wykonany w klasie odporności ogniowej F90. W kominach poza budynkami płaszcz zewnętrzny jest jedynie konstrukcją wsporczą dla przewodu spalin. Stosuje się tu zazwyczaj stal z odpowiednim pokryciem powierzchni, albo konstrukcję z cegły lub betonu.

# Elementy składowe kotłowni parowej

## 4.5 Uzdatanianie wody

Najczystsza wodą występującą w naturze jest deszczówka. Zawiera ona jednakże wchłonięte (rozpuszczone) składniki gazowe z atmosfery, głównie tlen, azot i dwutlenek węgla, a obecnie coraz więcej związków siarki („kwaśne deszcze”). Przy wsiąknięciu w glebę dochodzą dalsze substancje, np. żelazo i wapń. Stan wody zależy więc także od tego, jaką drogą przybyła ona w gruncie.

Przepisy TRD i EN 12953 wymagają eksploatacji kotłów parowych na „odpowiednio przygotowanej i kontrolowanej wodzie zasilającej i kotłowej”.

W normie EN 12953 cz. 10, TRD 611 i wytycznych projektowania Viessmann „Jakość wody” podano wymagania dla wody zasilającej i kotłowej (rys. 46 i 47).

Celem uzdatniania wody jest dostarczenie wody zapewniającej prawidłowy ruch kotła. Oznacza to konieczność usunięcia zakłócających składników wody lub związanie ich przez dodanie odpowiednich chemikaliów.

Woda surowa (woda nieuzdatniona dla ruchu kotła) może być wodą powierzchniową, studzienną lub już częściowo uzdatnioną wodą pitną. Wody powierzchniowe i studienne mogą zawierać niepożądane składniki np. zawiesiny, zanieczyszczenia organiczne, związki żelaza i manganu, które trzeba usunąć we wstępnych stopniach uzdatniania. Przy wodzie pitnej te zabiegi wstępne nie są konieczne.

W instalacjach kotłów płomieniowo-płomieniówkowych stosuje się w większości przypadków dwa równoległe procesy uzdatniania (np. zmiękczenie jonitowe i uzdatnianie termiczne).

### Parametry wody zasilającej dla kotłów parowych – zalecenia ogólne.

Parametry fizyko-chemiczne	Jednostka	Kotły parowe o nadciśnieniu do 10 bar	Kotły parowe o nadciśnieniu do 15 bar	Kotły parowe o nadciśnieniu do 25 bar
Twardość ogólna	[mval/l]	0,03	0,03	0,02
pH		> 8,5	> 8,5	> 8,5
Zawartość krzemionki (SiO <sub>2</sub> )	[mg/l]	jak najmniej	jak najmniej	jak najmniej
Zasadowość m	[mval/l]	jak najmniej	jak najmniej	jak najmniej
Chlorki (Cl <sup>-</sup> )	[mg/l]	jak najmniej	jak najmniej	jak najmniej
Zawartość olejów i tłuszczów	[mg/l]	0	0	0
Żelazo ogólne		0,2	0,1	0,05

### Parametry wody kotłowej dla kotłów parowych – zalecenia ogólne.

Parametry fizyko-chemiczne	Jednostka	Kotły parowe o nadciśnieniu do 10 bar	Kotły parowe o nadciśnieniu do 15 bar	Kotły parowe o nadciśnieniu do 25 bar
pH		10,5 – 12	10,5 – 12	10 – 11,5
Zasadowość m	[mval/l]	< 30	< 24	< 18
Zasadowość p	[mval/l]	0,6 – 0,9 m	0,6 – 0,9 m	0,6 – 0,9 m
Zawartość krzemionki (SiO <sub>2</sub> )	[mg/l]	< 150	< 130	< 100
Chlorki (Cl <sup>-</sup> )	[mg/l]	< 800	< 700	< 550
Zasolenie ogólne (orientacyjnie)	[mg/l]	< 3500	< 3000	< 2200

Rys. 46: Ogólne wytyczne wody zasilającej i kotłowej dla kotłów parowych.

### Parametry wody zasilającej dla kotłów parowych (szczegółowe zalecenia producenta, firmy Viessmann).

Dopuszczalne nadciśnienie robocze [bar]	Jednostka	Do 1	Powyżej 1 do 22
Ogólne wymagania		woda bezbarwna, klarowna i wolna od substancji nierozpuszczonych	
Konduktancja przy 25°C	[μS/cm]	miarodajne są tylko wartości wskaźnikowe dla wody kotłowej	
Wartość pH przy 25°C		> 9	> 9
<b>Suma soli metali ziem rzadkich:</b>			
(Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> ) – twardość ogólna	[mmol/l]	< 0,015	< 0,010
Tlen (O <sub>2</sub> )	[mg/l]	< 0,1	< 0,02
Związany dwutlenek węgla (CO <sub>2</sub> )	[mg/l]	< 25	< 25
Żelazo całkowite (Fe)	[mg/l]	–	< 0,05
Miedź całkowita (Cu)	[mg/l]	–	< 0,01
Utlonialność (Mn VII → Mn II) jako KMnO <sub>4</sub>	[mg/l]	< 10	< 10

### Parametry wody kotłowej dla kotłów parowych (szczegółowe zalecenia producenta, firmy Viessmann).

Dopuszczalne nadciśnienie robocze [bar]	Jednostka	do 1	powyżej 1 do 20	powyżej 20 do 30
Ogólne wymagania		woda bezbarwna, klarowna i wolna od substancji nierozpuszczonych		
Wartość pH przy 25°C		8,5 – 11	10,5 – 12	10,5 – 12
Kwasowość (K <sub>S 8,2</sub> )	[mmol/l]	1 – 12	1 – 12	1 – 12
Konduktancja przy 25°C	[μS/cm]	< 5000	< 6000	< 4200
Fosforany (PO <sub>4</sub> )	[mg/l]	10 – 20	10 – 20	10 – 20

Rys. 47: Wytyczne firmy Viessmann dotyczące wody zasilającej i kotłowej dla kotłów parowych.

# Elementy składowe kotłowni parowej

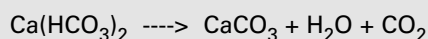
## 4.5.1 Chemiczne uzdatnianie wody

### Zmiękczenie jonitowe

W wodzie znajdują się rozpuszczone w postaci jonów, wapniowce – potas i magnez. Pierwiastki te są odpowiedzialne za twardość wody. Podczas ruchu kotła ich związki uległyby wytrąceniu jako „kamień kotłowy”, tworząc twardy osad na powierzchniach wymiany ciepła. Osad ten utrudniałby przekazywanie ciepła spalin wodzie. Początkowo powodowałoby to tylko zwiększenie temperatury spalin i tym samym pogorszenie sprawności. Przy dalszym wzroście grubości osadu może dojść do zniszczenia powierzchni grzewczych wskutek braku chłodzenia.

Dlatego normy wymagają stosowania dla kotłów wody miękkiej.

Powstawania kamienia kotłowego  $\text{CaCO}_3$  pod wpływem ciepła:

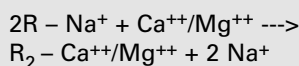


Do zmiękczenia stosuje się urządzenia z żywicami jonitowymi. Jonity (wymieniacze jonów) to żywice sztuczne w formie kulek, zawierające aktywne grupy jonów.

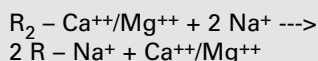
Jonity do zmiękczenia wody posiadają aktywną grupę jonów sodu. Przy przepływie wody twardej przez złożo jonitu następuje wymiana zawartych w wodzie jonów wapnia i magnezu na jony sodu z jonitu. W ten sposób woda zostaje pozbawiona szkodliwej dla kotła twardości.

Po wyczerpaniu się jonitu, tzn. wymianie wszystkich jonów sodu na jony wapnia i magnezu, regeneruje się złożo przepuszczając przez nie roztwór chlorku sodu (soli kamiennej). Obecne w nadmiarze jony sodu wypierają z jonitu jony wapnia i magnezu. Złożo jonitowe jest wtedy znowu gotowe do użycia. Proces ten daje się powtarzać w nieskończoność.

Ładowanie złoża:



Regeneracja złoża:



R... wymieniacze jonów (rodniki)

Rozróżnia się trzy rodzaje sterowania instalacją zmiękczenia:

- czasowe: pracuje wg zaprogramowanych czasów,
- ilościowe: pracuje, produkując zaprogramowane ilości wody,
- jakościowe: kontroluje stale jakość wody zasilającej.

Instalacje zmiękczenia budowane są jako pojedyncze i podwójne. Instalacje pojedyncze pracują nieciągłe, tzn. w fazie regeneracji złoża (przez kilka godzin) nie dostarczają wody zmiękczonej. Dla zapewnienia ciągłej pracy stosuje się dlatego instalacje podwójne.



Rys. 48: Podwójny agregat zmiękczący firmy Viessmann

W programie dostaw firmy Viessmann znajdują się takie podwójne agregaty zmiękczenia o różnej wydajności. Instalacja tworzy gotowy do użycia moduł, składający się z dwóch kolumn jonitowych, zbiornika roztworu regenerującego i sterownika, zmontowany na gotowo na podstawie (rys. 48 i 49).

Ilość wody miękkiej, produkowanej między dwoma regeneracjami, ustawia się przy uruchomieniu na sterowniku, odpowiednio do wielkości agregatu zmiękczonego i twardości wody surowej.

Agregat zmiękczący pracuje automatycznie i wymaga tylko dopełnienia solą kamienną. Ponieważ agregat posiada dwie kolumny jonitowe, jedna z nich jest zawsze gotowa do pracy. Druga jest w tym czasie regenerowana wzgl. może stanowić rezerwę.



# Elementy składowe kotłowni parowej

## **Dozowanie chemikaliów**

Dla utrzymania zasadowego odczynu wody zasilającej, usunięcia twardości trwałej i odtlenienia, do wody zmiękczonej przez wymianę jonów lub osmozę odwróconą dodaje się chemikalia korygujące. Firmy zajmujące się uzdatnianiem wody oferują tu szereg różnorodnych produktów. Stosować je należy zawsze w uzgodnieniu z producentem.

## **4.5.2 Osmoza odwrócona**

W ostatnich latach do demineralizacji wody stosuje się coraz szerzej osmozę odwróconą. Jest to metoda fizyczna, obywatelająca się bez chemikaliów, a przez to przyjazna środowisku. Uzysk wody zdemineralizowanej (permeatu) wynosi ok. 80% użytej wody (rys. 50).

Osmoza odwrócona polega na przetłoczeniu wody surowej pod ciśnieniem ok. 30 bar przez półprzepuszczalną membranę. Pory tej membrany przepuszczają cząsteczki wody (dyfuzja), lecz zatrzymują po stronie wejściowej rozpuszczone sole, które zostają usunięte z instalacji.

Pamiętać należy, że użyta tu woda surowa nie może zawierać żadnych zanieczyszczeń stałych, a twardość należy uprzednio ustabilizować (przez dokładną filtrację i dozowanie chemikaliów). Zanieczyszczenia stałe zatkały by pory membrany, zmniejszając szybko wydajność instalacji.

Instalacje osmozy odwróconej powinny pracować możliwie w ruchu ciągłym, dlatego należy do nich zazwyczaj zbiornik buforowy permeatu.



**Rys. 49:** Parametryzacja agregatu jonitowego do zmiękczenia wody



**Rys. 50:** Instalacja osmozy odwróconej

# Elementy składowe kotłowni parowej

## 4.5.3 Termiczne uzdatnianie wody

Woda nie jest w stanie wchłonąć każdej ilości gazów. Zdolność wchłaniania gazów można obliczyć według prawa Williama Henry'ego (angielskiego chemika, 1775-1836) w zależności od prężności par gazu i temperatury wody. Tak więc woda o temperaturze 25°C zawiera ok. 8 mg O<sub>2</sub>/kg.

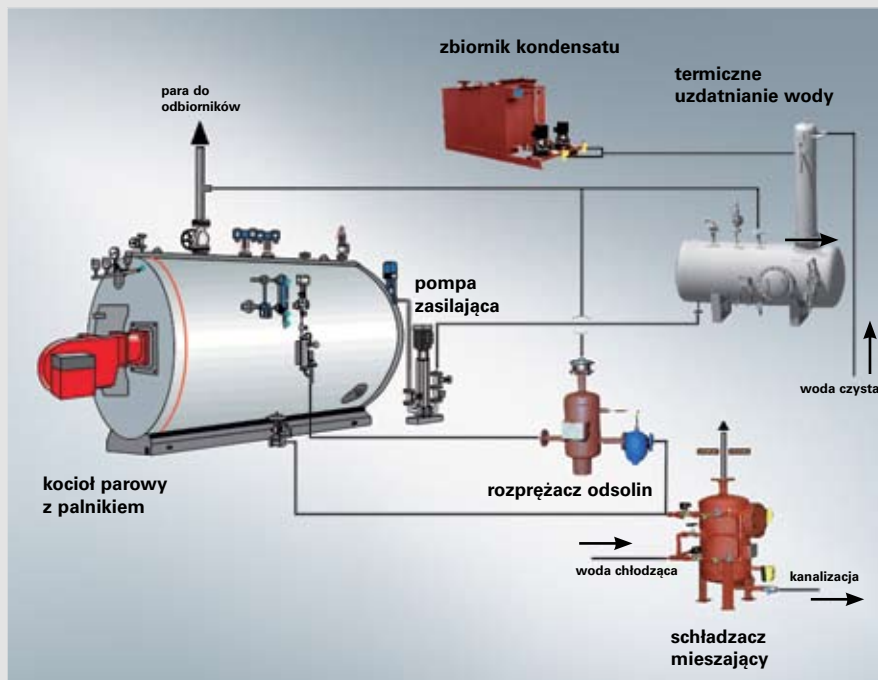
Przy podgrzewaniu wody, maleje jej zdolność rozpuszczania gazów. W przypadku skrajnym, gdy woda paruje (sytuacja w kotle parowym), wydzielane są wszystkie rozpuszczone gazy. Gazy często wchodzi wtedy w inne związki. Wolny tlen może się np. połączyć z ferrytyczną stalą kotła. W kotłach parowych reakcje takie prowadzą do budzącej postrach korozji wżerowej. Zwłaszcza w rejonie doprowadzania wody zasilającej może szybko dojść do punktowych ubytków.

Dlatego bardzo ważnym jest pozbowienie wody zasilającej rozpuszczonych gazów. Sprawdzonym sposobem jest tu odgazowywanie termiczne wody zasilającej.

W odgazowywaczu woda pozbawiana jest prawie wszystkich gazów przez podgrzanie prawie do temperatury wrzenia. Równocześnie z odgazowaniem doprowadzana jest para, utrzymująca temperaturę wody na 80 do 105°C (zależnie od doboru aparatu), co zapobiega ponownemu wchłonięciu gazów.

Pamiętać należy, że oprócz wody uzupełniającej do wody zasilającej doprowadzany jest także kondensat, który również trzeba poddać odgazowaniu.

Zależnie od wymagań stawianych wodzie zasilającej, można użyć różnych rodzajów odgazowywaczy termicznych.



Rys. 51: Kocioł parowy z aparatami termicznymi

Zalecenia dla jakości wody kotłowej podano w przepisach TRD 611, normie EN 12953 i instrukcjach VdTÜV. Dotrzymanie podanych tam wartości granicznych jest warunkiem niezawodnej i ekonomicznej eksploatacji kotła.

W kotłach płomienicowo-płomieniówkowych zaleca się stosować wodę zasilającą o zawartości tlenu poniżej 0,05 mg/kg.

### **Odgazowanie częściowe**

Odgazowaniem częściowym nazywa się proces prowadzony przy ciśnieniu atmosferycznym. Odgazowywacze częściowe połączone są stale z atmosferą przez przewód odpowietrzający. Odgazowywacz częściowy jest najprostszą formą termicznego uzdatniania wody zasilającej.

Odgazowywacz częściowy posiada wbudowane przegrody rozpraszające i ociekowe dla doprowadzanej wody zasilającej i kondensatu. Para do podgrzewania wody doprowadzana jest rurą barbotażową, umieszczoną centralnie w dolnej części zbiornika. Doprowadzenie pary sterowane jest w najprostszym przypadku przez mechaniczny regulator temperatury, ustawiony na ponad 90°C. Zasilanie wodą uzupełniającą sterowane jest przez elektryczny regulator poziomu.

Odgazowywacze częściowe stosowane są w pierwszym rzędzie w instalacjach kotłowych o małej mocy i niskich ciśnieniach. Ceną ich stosowania jest nieco wyższe zapotrzebowanie odtleniaczy chemicznych (patrz punkt 4.5.1 – Chemiczne uzdatnianie wody).

# Elementy składowe kotłowni parowej

## Odgazowanie pełne

Pełne odgazowanie termiczne jest najbardziej efektywną metodą usunięcia gazów rozpuszczonych w wodzie. Rozróżnia się odgazowanie wysokociśnieniowe, niskociśnieniowe i próżniowe.

### – Odgazowanie wysokociśnieniowe

Odgazowanie wysokociśnieniowe stosuje się w procesach wymagających wysokiej sprawności termicznej instalacji. Stosowane jest jednak rzadko, ze względu na wysokie koszty inwestycji.

### – Odgazowanie niskociśnieniowe

Odgazowanie niskociśnieniowe sprawdziło się w większości przypadków jako rozwiązanie najlepsze. Dlatego pod określeniem „odgazowanie pełne” rozumie się zazwyczaj instalacje, pracujące z niewielkim nadciśnieniem (ok. 0,1 do 0,3 bar). Pojęcie „niskociśnieniowe” oznacza więc procesy, przebiegające pod ciśnieniem nieco wyższym od atmosferycznego. Praca z nadciśnieniem wyklucza kontakt wody zasilającej z atmosferą i powtórne rozpuszczenie się gazów.

Instalacja pełnego odgazowania składa się z odgazowywacza oraz zbiornika wody zasilającej.

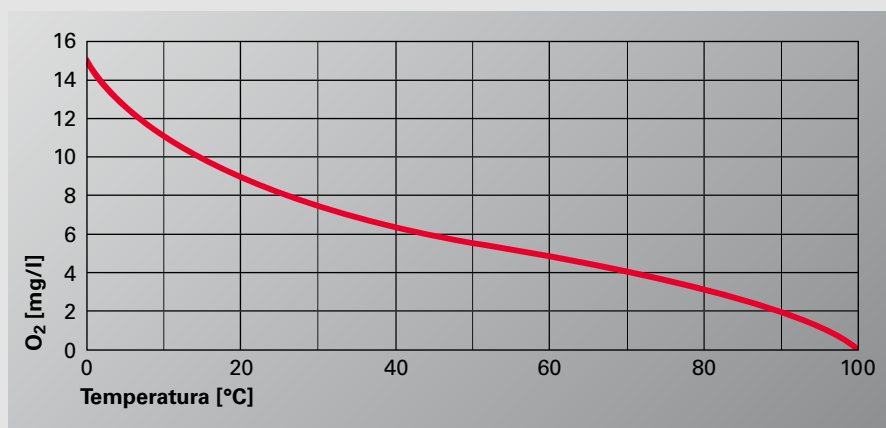
Odgazowywacz w formie kolumny zamontowany jest bezpośrednio na zbiorniku wody zasilającej (rys. 52 i 53).



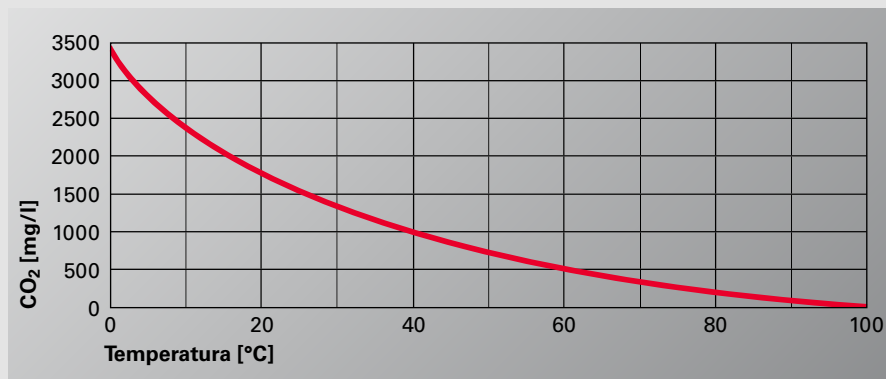
Rys. 52: Odgazowywacz niskociśnieniowy na zbiorniku wody zasilającej



Rys. 53: Odgazowywacz ociekowy (źródło: Powerline GmbH)



Rys. 54: Rozpuszczalność tlenu w czystej wodzie przy ciśnieniu 1 bar, w zależności od temperatury (źródło: TÜV Nord)



Rys. 55: Rozpuszczalność dwutlenku węgla w czystej wodzie przy ciśnieniu 1 bar, w zależności od temperatury (źródło: TÜV Nord)

# Elementy składowe kotłowni parowej

Najbardziej rozpowszechnionym typem konstrukcyjnym odgazowywaczy jest odgazowywacz ociekowy. W odgazowywaczu ociekowym doprowadzony kondensat i dodawana woda uzupełniająca rozprowadzane są na tzw. tacach i ściekając z nich mieszają się stopniowo z parą grzewczą. Nagrzewanie się wody i wydzielanie gazów przebiega również stopniowo.

Szczególnie efektywna okazała się wersja tego odgazowywacza z dodatkowym stopniem warnikowym (odgazowywacz dwustopniowy).

Celem eliminacji korozji odgazowywacze buduje się dzisiaj w całości ze stali szlachetnej.

Zbiornik wody zasilającej służy do magazynowania potrzebnego zapasu wody zasilającej. Połączony jest z odgazowywaczem przez tzw. króciec szykowy.

Para do podgrzewu zbiornika wody zasilającej wprowadzana jest i rozprowadzana w wodzie przez rurę barbotażową. Zapewnia to utrzymanie temperatury 102°C. Rura barbotażowa umieszczona jest centralnie w dolnej części zbiornika. Przy odgazowywaczu jednostopniowym rura barbotażowa dobierana jest dla całego zapotrzebowania pary grzewczej.

W odgazowywaczach dwustopniowych rura barbotażowa służy tylko do utrzymania temperatury zapasu wody zasilającej.

W obu wariantach odgazowywaczy niemożliwe jest lokalne schłodzenie wody zasilającej i związane z tym wtórne rozpuszczanie gazów.

Zbiornik wody zasilającej (rys. 56) wyposażony jest w armaturę do regulacji dopływu pary grzewczej, poziomą wody, armaturę bezpieczeństwa oraz urządzenia wskazujące dla obsługi i kontroli.



Rys. 56: Zbiornik wody zasilającej z odgazowywaczem termicznym

## – Odgazowanie próżniowe

Odgazowanie próżniowe, podobnie jak odgazowanie wysokociśnieniowe jest środkiem prowadzącym do optymalizacji sprawności instalacji. Jego zaleta – możliwość działania w niskich temperaturach – nie występuje jednak w instalacjach kotłowych, pracujących z temperaturą wody wzgl. pary przekraczającą wyraźnie 100°C.

# Elementy składowe kotłowni parowej

## 4.6 Uzdatnianie kondensatu

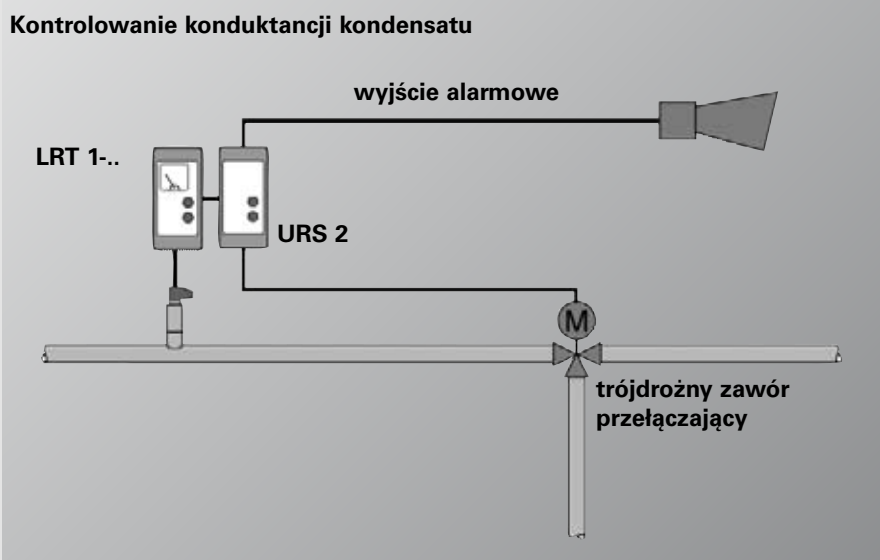
Zależnie od procesów technologicznych używających pary, para może przechodzić bezpośrednio do produktu lub procesu. W takich wypadkach nie ma powrotu kondensatu. W większości zastosowań para oddaje jednak swoje ciepło jakiejś powierzchni grzewczej i ulega przy tym skropleniu. Kondensat zawracany jest do instalacji kotłowej do dalszego wykorzystania. Pod względem technologicznym rozróżnia się dwa sposoby odprowadzania kondensatu.

### 1. Kondensat niskociśnieniowy

W 90% wszystkich instalacji kotłów parowych kondensat zawracany jest do obiegu poprzez otwarty zbiornik kondensatu. Przy temperaturze roboczej ponad 100°C następuje przy tym wtórne odparowanie. 5 do 10% wagowych kondensatu – zależnie od stopnia ciśnienia – przechodzi w parę wtórną. Obok strat energii powoduje to również straty wody, które trzeba skompensować przez doprowadzenie odpowiednio uzdatnionej wody uzupełniającej. Oprócz tych strat, w otwartych instalacjach kondensatu wchłania on również tlen z atmosfery, który następnie może wywoływać korozję tlenową w rejonie instalacji kondensatu.

### 2. Kondensat wysokociśnieniowy

W wysokociśnieniowych instalacjach kondensatu (10% instalacji kotłów parowych) jest on odprowadzany w systemie zamkniętym. W tych warunkach nie występują żadne straty wskutek odparowania. Równocześnie niemożliwe jest przenikanie tlenu do systemu odprowadzania kondensatu.



Rys. 57: Kontrola twardości kondensatu (ogniwo pomiarowe konduktancji Gestra (źródło: Gestra))

Instalacje tego typu mają sens, jeśli pracują pod ciśnieniem co najmniej 5 bar. Uwzględnić należy, że wszystkie rurociągi, armatura, pompa i zbiorniki kondensatu muszą być zaprojektowane na to ciśnienie. Zbiorniki takie (np. zbiornik kondensatu, zbiornik wody zasilającej) są wtedy naczyniami ciśnieniowymi wg dyrektywy „Urządzenia ciśnieniowe” i podlegają w związku z tym Dozorowi Technicznemu.

Przy projektowaniu nowych instalacji, a także przy ocenie energetycznej instalacji istniejących należy zdecydować, jaki system odprowadzania kondensatu będzie zastosowany. Optymalna gospodarka kondensatem, a także wykorzystanie odparowania wtórnego umożliwia znaczną redukcję kosztów eksploatacji.



Rys. 58: Zbiornik kondensatu

# Elementy składowe kotłowni parowej

## 3. Uzdantianie kondensatu

Kondensat może zawierać zanieczyszczenia pochodzące z procesu technologicznego, z produktów korozji lub zanieczyszczeń obcych. Ponieważ kondensat używany jest ponownie jako woda zasilająca, musi on spełnić odnośne wymagania dla jakości wody.

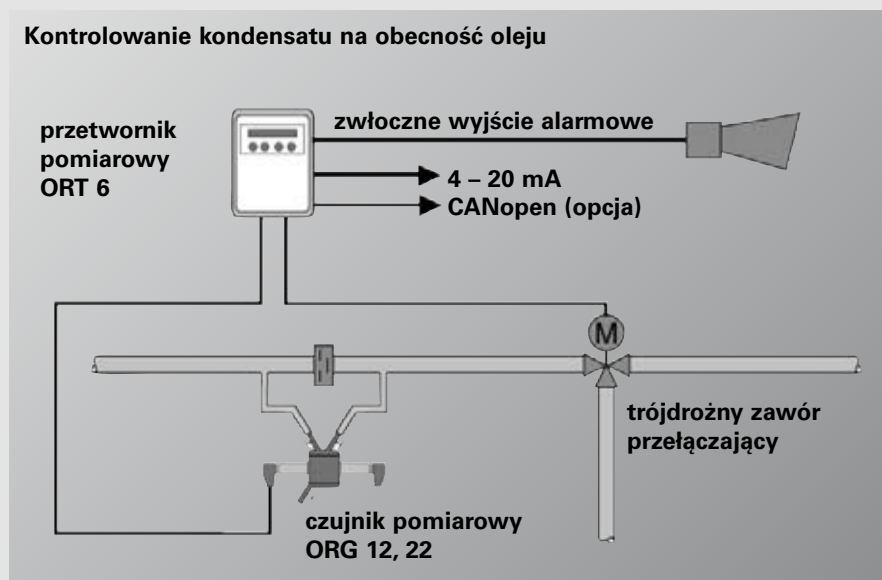
Typowymi zanieczyszczeniami kondensatu mogą być:

- zanieczyszczenia mechaniczne (produkty korozji)
- twarda woda (przecieki wody pitnej lub wody technologicznej w wymiennikach)
- kwasy i zasady (niezamierzone zmieszanie przy podgrzewaniu parą kąpielii kwasowych lub ługowych)
- oleje i tłuszcze (w przemyśle spożywczym w podgrzewaczach oleju).

Zależnie od rodzaju zanieczyszczenia stosuje się odpowiednie technologie uzdatniania np. filtrację, odolejanie, zmiękczenie, demineralizację. Przy projektowaniu instalacji należy uwzględnić, że dla ruchu kotła bez stałego nadzoru przepisy wymagają zastosowania automatycznych urządzeń analizujących do kontroli czystości kondensatu.

W razie stwierdzenia zanieczyszczeń kondensatu, należy kondensat taki usunąć z obiegu woda-para. Punkty poboru próbek muszą być zlokalizowane zawsze w dopływie kondensatu, przed zbiornikiem kondensatu, by zanieczyszczony kondensat nie mógł dostać się do zbiornika.

Zanieczyszczony kondensat usuwa się z obiegu przez zawór trójdrożny.



Rys. 59: Kontrola obecności oleju w kondensacie (źródło: Gestra)



Rys. 60: Kontrola obecności oleju w kondensacie (źródło: Gestra)

# Elementy składowe kotłowni parowej

## 4.7 Szafy sterownicze

W szafach sterowniczych, np. szafie Vitocontrol (rys. 41) znajdują się wszystkie komponentyysterowujące urządzenia regulacji i sterowania instalacji kotła parowego.

Ponadto w szafie sterowniczej znajduje się aparatura, konieczna dla 24- lub 72-godzinnego ruchu kotła bez nadzoru wg TRD 604.

Zalicza się do niej wszystkie urządzenia „konstrukcji specjalnej”\*, konieczne do ruchu instalacji kotłowej.

Do sterowania urządzeń regulacyjnych i kontrolnych najlepiej nadają się sterowniki z programowaną pamięcią (PLC). Obsługa i parametryzacja kotła odbywa się przez centralny kolorowy wyświetlacz graficzny (z matrycą aktywną) (rys. 62).

Na wyświetlaczu graficznym wskazwane są wszystkie funkcje wraz z odpowiednimi stanami roboczymi i wartościami zadanymi i rzeczywistymi. Rejestracja godzin pracy palnika i pomp zasilających prowadzona jest również przez sterownik PLC. Przy palnikach dwupaliwowych rejestracja godzin pracy i liczby startów palnika prowadzona jest osobno dla każdego rodzaju paliwa.

W zależności od opcji komunikaty z zakłóceń protokołowane są wraz z datą i godziną wystąpienia. Dodatkowo prowadzona jest historia zakłóceń, w której dokumentowane są czasy wystąpienia zakłócenia, jego pokwitowania i usunięcia.

\* Konstrukcja specjalna polega na tym, że w elektrycznej i mechanicznej części urządzenia przeprowadzana jest regularnie samokontrola (np. kontrola stanu izolacji przy elektrodowych miernikach poziomu, automatyczna kontrola działania przy urządzeniach pływających, przedmuchiwanie przewodów połączeniowych przy urządzeniach zewnętrznych).



Rys. 61: Szafa sterownicza Vitocontrol

### Główne funkcje:

#### Regulacja mocy palnika

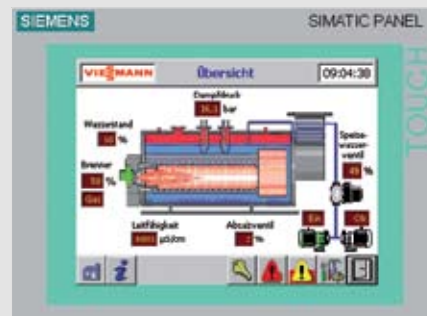
Ciśnienie w kotle mierzone jest przez sondę pomiarową i przekazywane do sterownika PLC jako sygnał analogowy. Sterownik reguluje ciśnienie do wartości zadanej, określonej przez operatora. Z uchybu regulacji regulator mocy określa, zależnie od konfiguracji, potrzebny stopień modulacji lub stopień mocy palnika.

#### Regulacja poziomu wody

Realizowana w sterowniku PLC regulacja poziomu może działać jako sterowanie dwustawne przez załączanie i wyłączanie pomp zasilających lub jako regulacja ciągła, poprzez zawór regulacyjny wody zasilającej.

W wyniku załączania i wyłączania pomp(y) zasilających(ej) wzgl. dodatkowo przestawiania zaworu regulacyjnego, doprowadza się do kotła ilość wody zasilającej, potrzebną do utrzymania zadanego poziomu wody w kotle.

Przy istnieniu dwóch pomp zasilających, sterownik okresowo zamienia ich funkcje pompy roboczej i rezerwowej wzgl. przełącza na pompę rezerwową przy zakłóceniu.



Rys. 62: Wyświetlacz

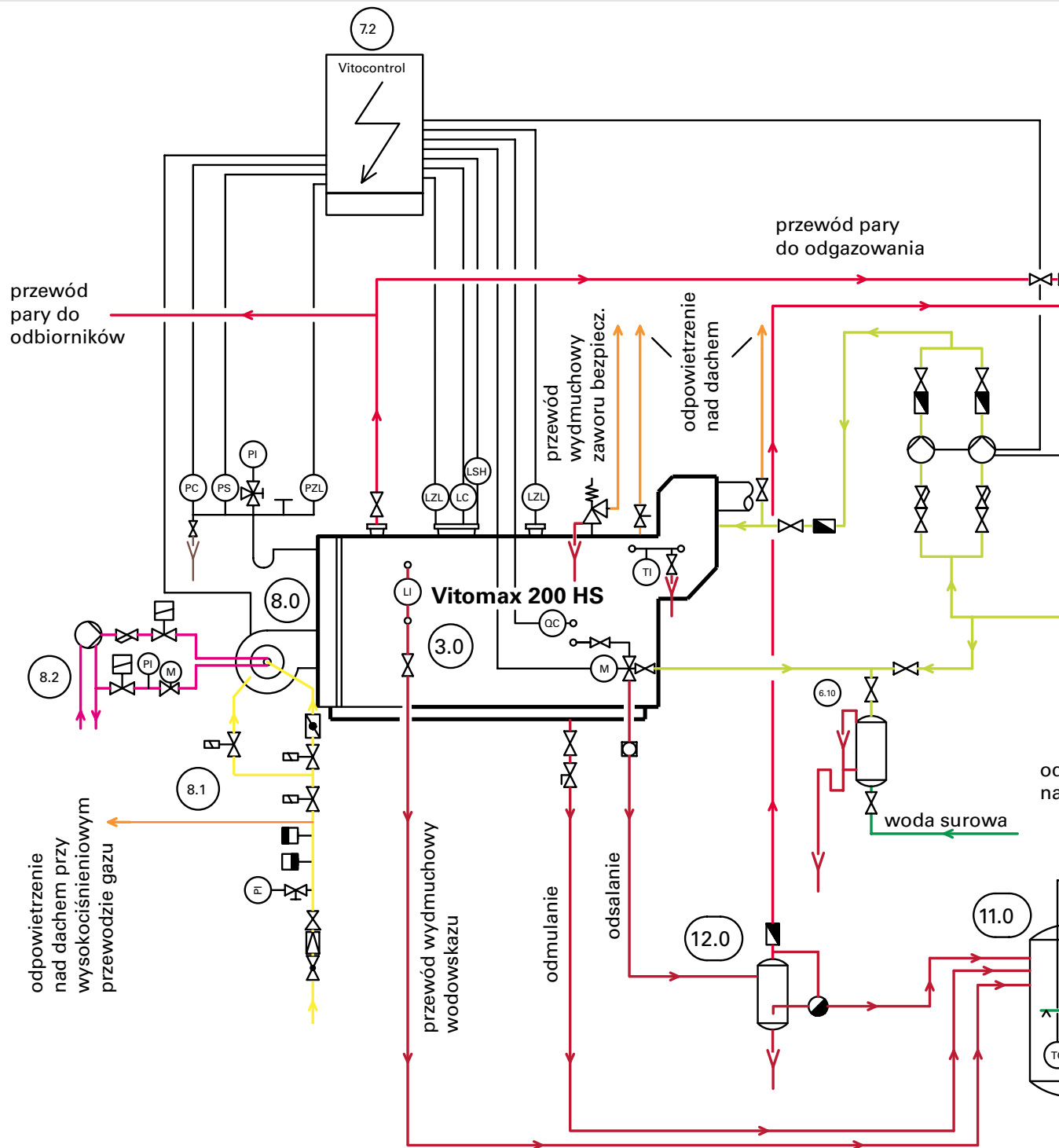
### Regulacja konduktancji / odsalania

Funkcja „odsalenie” realizowana jest opcyjnie przez PLC jako regulacja ciągła. Konduktancja wody mierzona jest przez sondę pomiarową i przekazywane do sterownika PLC jako sygnał analogowy. Wartość zadana „zasolenie” i parametry regulacji zadawane są z pulpitu operatora. Przy zbyt wysokim zasoleniu zawór odsalający otwiera się, upuszczając zasoloną wodę.

### Sterowanie odmulaniem

Zawór odmulający może być sterowany w opcji przez PLC, w zależności od zadaných parametrów okresu czasu między dwoma odmulaniem i czasu otwarcia zaworu odmulającego.

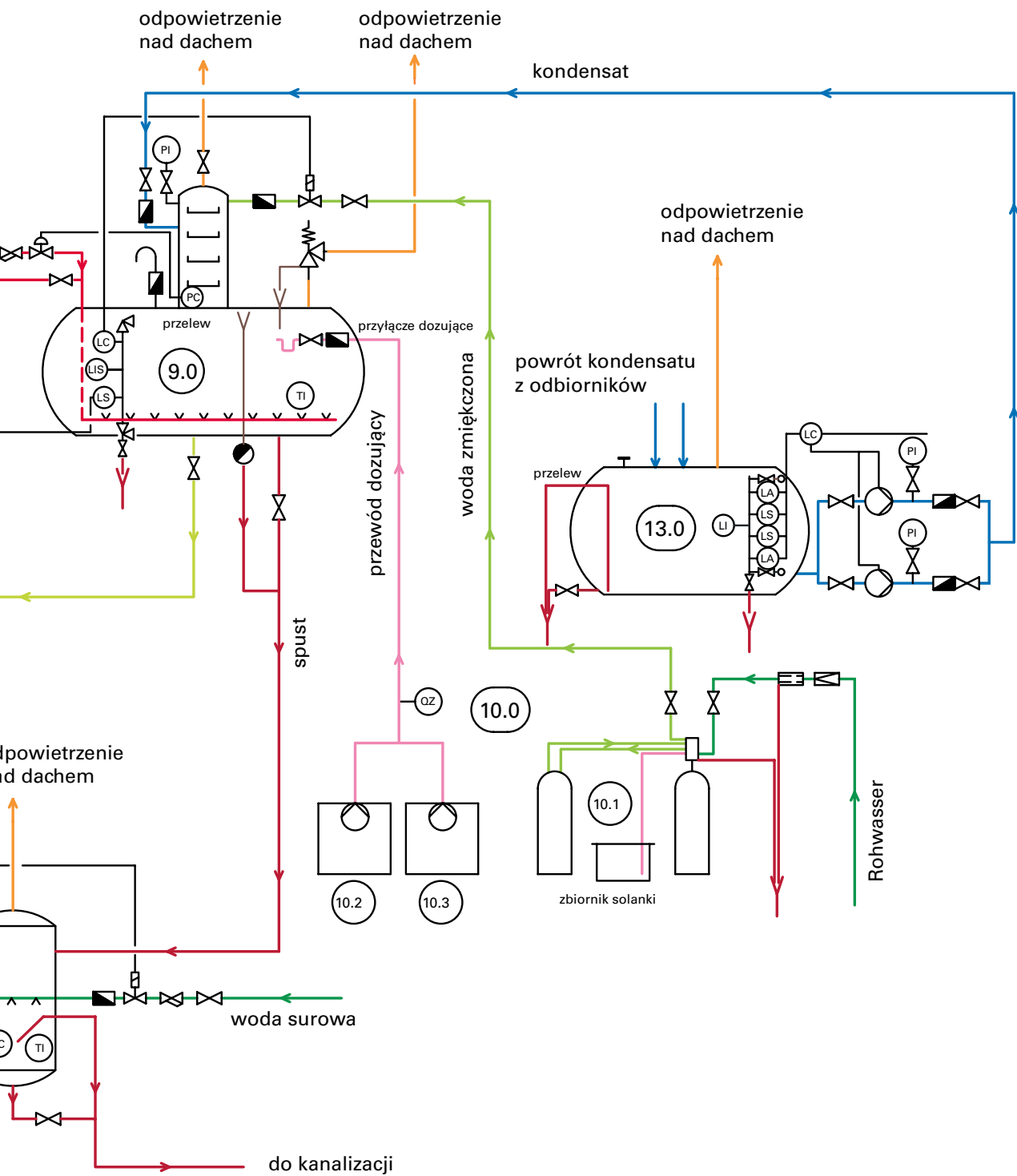
Sterownik PLC realizuje również inne funkcje, jak sterowanie przepustnicy spalin, sterowanie kłapy obejściowej, przełączanie na drugą wartość zadaną (ciśnienia).



Rodzaje przewodów	Numeracja		
przewód pary	3.0 KOCIOŁ	8.1 Przypalnikowa armatura gazowa	10.2 Stabilizacja twardo
przewód wyrzutowy	4.0 EKONOMIZER	8.2 Przypalnikowa armatura olejowa	10.3 Odtleniacz
woda zasilająca	6.10 Chłodnica próbek	9.0 TERMICZNE UZDATNIANIE WODY	11.0 SCHŁADZACZ MIE
woda surowa	7.2 Szafa sterownicza	10.0 CHEMICZNE UZDATNIANIE WODY	12.0 ROZPRĘŻACZ OD
woda zmiękczona	8.0 PALNIK	10.1 PODW. INSTALACJA ZMIĘKCZANIA	13.0 STACJA KONDEN
przewód gazu			
przewód oleju			
ścieki			
kondensat			
dozowanie			
przewód sterowniczy			

Rys. 63: Komponenty kotłowni parowej





	Litera	1 litera	następna litera
ności	C		regulacja samoczynna
	H	ręcznie	wysoki
	I		wskazanie
	L	napężnienie	niski
ESZAJĄCY	M	silnik	
	P	ciśnienie	
	Q	jakość, analiza	
SOLIN	S		układ, sterowanie
	T	temperatura	
SATU	V		zawór
	Z		ważna dla bezpieczeństwa reakcja sterowania

Niniejszy rysunek służy wyłącznie do celów informacyjnych. Rozmieszczenie komponentów nie zainstalowanych bezpośrednio na kotle i komponentów nie należących do zakresu dostawy firmy Viessmann oraz przebieg przewodów przedstawiono jedynie orientacyjnie. Rysunek nie stanowi schematu rurociągów i nie może być traktowany jako taki.

**VISSMANN**

Projekt		Nr rys.:	Podziałka
Instalacja kotła parowego z palnikiem Duo i zintegrowanym ekonomizerem		1	
Nazwa		Data	Nazwisko
Schemat podstawowy Vitomax 200 HS			

## 5 Dobór kotła

### 5.1 Ciśnienie i moc

W technicznych zastosowaniach pary ciśnienia podaje się generalnie jako nadciśnienie w barach.

Moc kotła parowego podawana jest w kg/h lub t/h. Odpowiada ona maksymalnie możliwej mocy trwałej, podanej na tabliczce znamionowej kotła (rys. 65). Do mocy tej dostosowany jest osprzęt kotła. Minimalnie możliwa moc trwała kotła zależna jest od minimalnej mocy palnika.

#### Ciśnienie robocze

Jako ciśnienie robocze określa się ciśnienia panujące w króćcu pary kotła. Wysokość tego ciśnienia musi odpowiadać parametrom zasilanych odbiorników i ukształtowaniu sieci rozprowadzenia pary. Ciśnienie na króćcu kotła musi być zatem zawsze większe od wymaganego na odborniku.

#### Dopuszczalne nadciśnienie robocze

Dopuszczalne nadciśnienie robocze równe jest ciśnieniu otwarcia zaworu bezpieczeństwa i podawane jest również na tabliczce znamionowej. Określa ono maksymalnie możliwe ciśnienie, przy jakim wolno eksploatować kocioł. Dla zapewnienia bezzakłócenowego ruchu kotła parowego należy zachować różnicę ciśnienia roboczego i dopuszczalnego nadciśnienia roboczego co najmniej 0,2-0,3 bar w kotłach niskoprężnych i co najmniej 1,5 bar w kotłach wysokoprężnych.

#### Podział kotłów parowych na niski i wysokociśnieniowe

Jako niskoprężne kotły parowe określa się kotły z dopuszczalnym nadciśnieniem roboczym  $\leq 1$  bar.

Aż do 0,5 bar kotły niskoprężne nie są objęte dyrektywą „Urządzenia ciśnieniowe” – ich wykonanie opiera się na „dobrej praktyce inżynierskiej”



Rys. 64: Wysokoprężny kocioł parowy Vitomax 200-HS, 4 t/h

Kotły o ciśnieniu powyżej 0,5 do 1 bar budowane są w oparciu o dyrektywę „Urządzenia ciśnieniowe”, lecz z mniejszymi wymaganiami, niż dla wysokociśnieniowych kotłów parowych o ciśnieniu ponad 1 bar. Łżejsze są również wymagania odnośnie wyposażenia i instalowania.

Niskoprężne kotły parowe stosowane są na przykład w:

- piekarniach przemysłowych,
- zakładach mięsnych,
- parowych instalacjach c.o.

Wysokoprężne kotły parowe budowane są jako kotły płomienicowo-płomieniówkowe z dopuszczalnym nadciśnieniem roboczym od 1 do 25 bar. Obszary ich zastosowań to:

- przemysł spożywczy (browary, młeczarnie),
- przemysł papierniczy,
- przemysł farmaceutyczny,
- przemysł mat. budowlanych.

VITOMAX 200 HS		VIESSMANN	
Hochdruckdampfzeuger			
Herstell-Daten			
187005172			
Typ	M235 056		
Baujahr	2005		
Zul. Betriebsdruck	PS =	18 bar	
Dampfherzeugung	$m_D =$	10000 kg/h	
Wasserinhalt gesamt / NW (LWL)	V =	22400 / 17800 l	
Prüfdruck	PT =	33,7 bar	
CE-0035			
Viessmann Werke GmbH & Co KG		SQL01079M	
D-35107 Allendorf		XXXX XXX	

Rys. 65: Tabliczka znamionowa kotła

# Dobór kotła

## Dobór wydajności pary

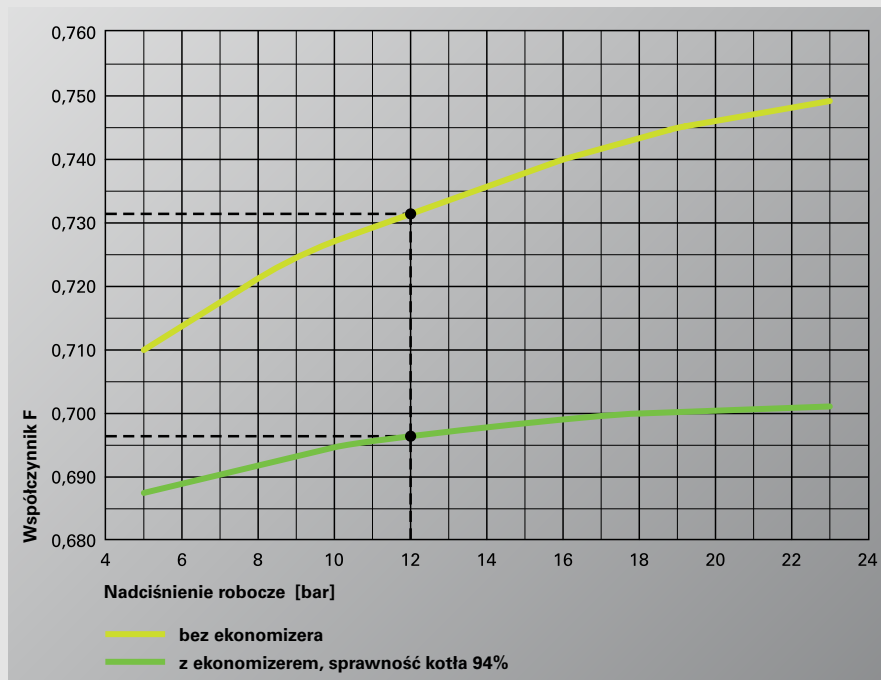
Jeśli odbiorniki pobierają z kotła więcej pary, niż jego maksymalnie możliwa wydajność pary, to para zaczyna unosić z sobą coraz więcej kropelek wody. Pogarsza to nie tylko jakość pary, lecz powoduje też powstawanie osadów na armaturze i innych elementach wewnętrznych instalacji parowej. Ponadto spada ciśnienie pary i tym samym temperatura w kotle, co może skutkować niedostatecznym zasilaniem odbiorników.

Dlatego ważne jest ustalenie, jakie odbiorniki musi zasilać kocioł i jak wysokie jest ich zapotrzebowanie pary. Należy przy tym pamiętać, by uwzględnić parę zużywaną na potrzeby własne kotłowni, np. na termiczne uzdatnianie lub ogrzewanie. Z sumy zapotrzebowania odbiorników, ew. z uwzględnieniem współczynnika równoczesności, otrzymuje się minimalną wymaganą wydajność kotła (rys. 66).

Z przyszłym użytkownikiem należy również ustalić kwestie dyspozycyjności wzgl. zabezpieczenia zasilania (zapewnienie zasilania podstawowego przy zakłóceniach lub konserwacji, kocioł rezerwowy). Może okazać się celowym rozłożenie mocy na kilka kotłów.

## 5.2 Zapotrzebowanie energii na potrzeby własne kotłowni parowej

O zapotrzebowaniu energii na potrzeby własne kotłowni parowej decyduje zasadniczo moc silników napędowych poszczególnych odbiorników instalacji. Poszczególne odbiorniki omówiono szczegółowo poniżej.



Rys. 66: Współczynnik F do określania mocy cieplnej paleniska w zależności od wydajności pary

Moc cieplna paleniska w kW = współczynnik F • wydajność pary w kg/h

### Przykład:

Wydajność pary: 10 000 kg/h, ciśnienie robocze: 12 bar

Praca bez ekonomizera:

Współczynnik F = 0,732 (patrz wykres) daje moc cieplną paleniska 7320 kW

Praca z ekonomizem (sprawność kotła 94%):

Współczynnik F = 0,697 (patrz wykres) daje moc cieplną paleniska 6970 kW

## Pompy zasilające kocioł parowy wodą zasilającą

Moc silnika napędowego pompy ustala się w zależności od dopuszczalnego ciśnienia kotła parowego i ilości tłoczonyj wody zasilającej.

Zapotrzebowanie mocy elektrycznej pompy w danym stanie roboczym oblicza się z wydajności pary i nadciśnienia roboczego (w m H<sub>2</sub>O) ze wzoru:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot \dot{V}}{\eta}$$

P = zapotrzebowanie mocy [W]  
V̇ = wydajność pompy [m<sup>3</sup>/s]; wynika z mocy grzewczej i różnicy temperatur Δt między zasilaniem a powrotem  
ρ = gęstość wody [kg/m<sup>3</sup>]  
H = wysokość podnoszenia [m]  
η = sprawność pompy

Wynika stąd, że zapotrzebowanie mocy pompy jest proporcjonalne zarówno do wysokości podnoszenia, jak i wydajności pompy.

# Dobór kotła

## **Instalacja palnikowa kotła parowego**

Obejmuje różne odbiorniki, zależnie od rodzaju paliwa:

- dmuchawa powietrza do spalania, zasysa powietrze z kotłowni lub poprzez kanały powietrza z zewnątrz i wdmuchuje je do palnika.
- przy paliwach płynnych (np. HEL – lekki olej opałowy) należy ponadto zasilić elektrycznie wysokociśnieniowe pompy oleju w palniku.

## **Dalsze odbiorniki elektryczne**

Niektórzy użytkownicy wymagają, by przy wyłączaniu kotła zamknąć przepustnicę spalin serwonapędem elektrycznym. Ma to przeciwdziałać wystudzeniu kotła.

Para z kotła używana jest do zasilania urządzeń technologicznych i do celów grzewczych. Kondensat jest w większości wypadków zbierany przez instalację powrotu kondensatu w zbiorniku kondensatu i następnie doprowadzany przez elektryczne pompy kondensatu z powrotem do instalacji kotłowej.

Moc elektryczną pomp kondensatu oblicza się również wg wzoru ze strony 35.

Dalszymi odbiornikami elektrycznymi są urządzenia chemicznego uzdatniania wody, serwonapędy armatury odcinającej i zaworów regulacyjnych, pompy transportowe oleju opałowego, zawory elektromagnetyczne regulacji wody uzupełniającej i drobne odbiorniki, jak oświetlenie szafy sterowniczej, oświetlenie awaryjne kotłowni i oświetlenie ogólne instalacji.

Dla minimalizacji zapotrzebowania energii elektrycznej stosuje się często napędy elektryczne z przetwornicami częstotliwości. Jeśli bowiem zmniejszy się obroty pompy o połowę, aby uzyskać połowę wydajności, to zapotrzebowanie mocy pompy spada do jednej ósmej.

Dlatego w ramach projektowania instalacji należy możliwie przeprowadzić analizę odbiorników elektrycznych pod kątem zastosowania przetwornic częstotliwości.

## **Zapotrzebowanie pary na potrzeby własne**

Jako potrzeby własne liczy się także zużycie pary grzewczej dla termicznego uzdatniania wody. Wodę uzupełniającą po uzdatnieniu chemicznym o temperaturze ok. 10°C oraz powracający kondensat o temperaturze około 85°C należy podgrzać parą do 102°C, aby móc odprowadzić z niej w odgazowywaczu rozpuszczone w niej gazy.

Woda uzupełniająca, uzdatniona chemicznie, wyrównuje straty wody w systemie, a więc straty na odsalanie i odmulanie oraz straty kondensatu w odbiornikach pary. Im większy udział wody uzupełniającej, tym większe zapotrzebowanie pary na jej podgrzanie. Odprowadzane do atmosfery opary stanowią również stratę i muszą być wyrównywane wodą uzupełniającą.

## **Podsumowując, można stwierdzić:**

Do określenia zapotrzebowania energii na potrzeby własne trzeba zawsze zdefiniować odpowiednią moc instalacji i chwilowy stan instalacji!

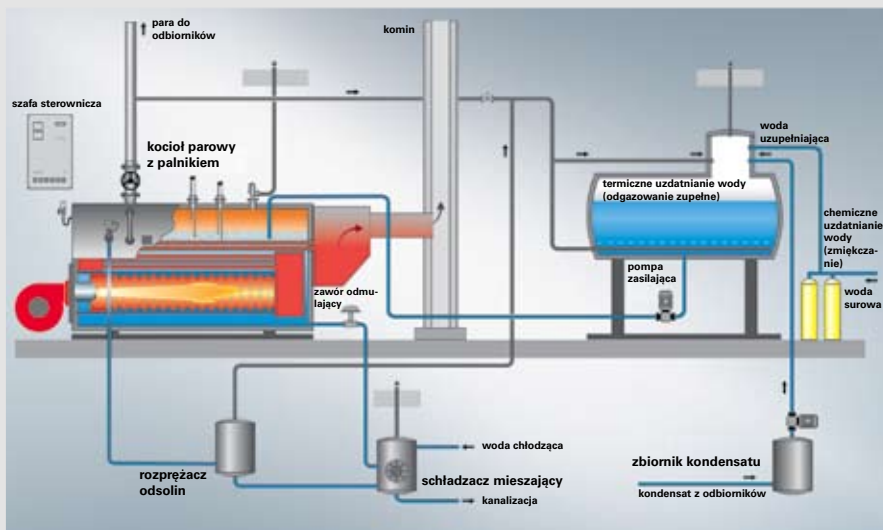
# Dobór kotła

## 5.3 Regulacja poziomu wody w kotle

Pompy wody zasilającej zasilają kocioł parowy wodą, odpowiednio do wymaganej wydajności pary. Rozróżnia się nieciągłą i ciągłą regulację poziomu wody w kotle. Wielkością regulowaną jest przy tym poziom napętnienia kotła.

### Dwupołożeniowa regulacja poziomu wody w kotle

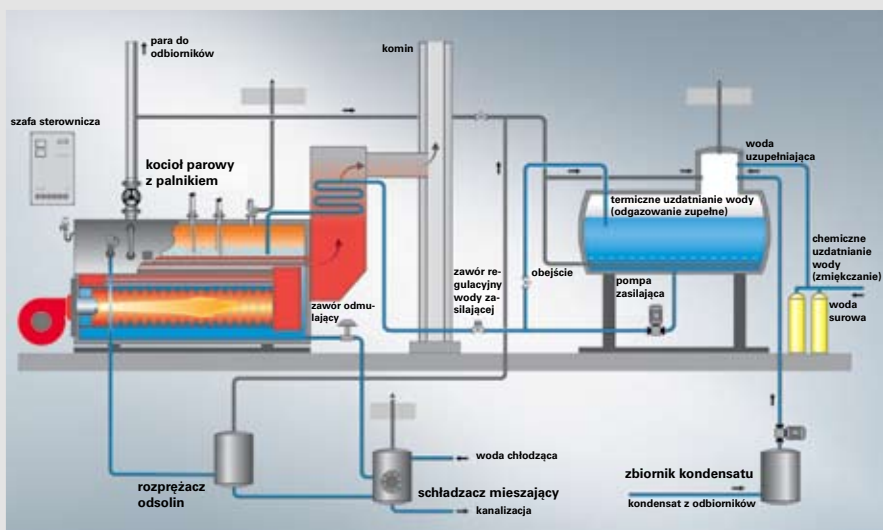
Poziom wody sterowany jest sygnałem elektrod kontroli poziomu między dwoma ustawionymi na stałe punktami „Pompa WYŁ” i „Pompa ZAŁ” (rys. 67).



Rys. 67: Dwupołożeniowa regulacja poziomu wody w kotle

### Ciągła regulacja poziomu wody w kotle zaworem regulacyjnym wody zasilającej

Celem regulacji ciągłej jest utrzymanie poziomu wody w kotle na prawie stałym poziomie zadanym. Wartość rzeczywista poziomu wody mierzona jest ciągle przez sondę poziomu wody i porównywana w regulatorze z wartością zadaną. Przy wahaniach obciążenia kotła otwarcie lub przyknięcie zaworu regulacyjnego wody zasilającej powoduje utrzymanie poziomu zadanego. Dławiony przewód przepływu minimalnego odprowadza określoną ilość wody zasilającej z powrotem do zbiornika wody zasilającej. Ma to na celu zagwarantowanie chłodzenia pompy zasilającej (rys. 68).



Rys. 68: Ciągła regulacja poziomu wody w kotle zaworem regulacyjnym wody zasilającej

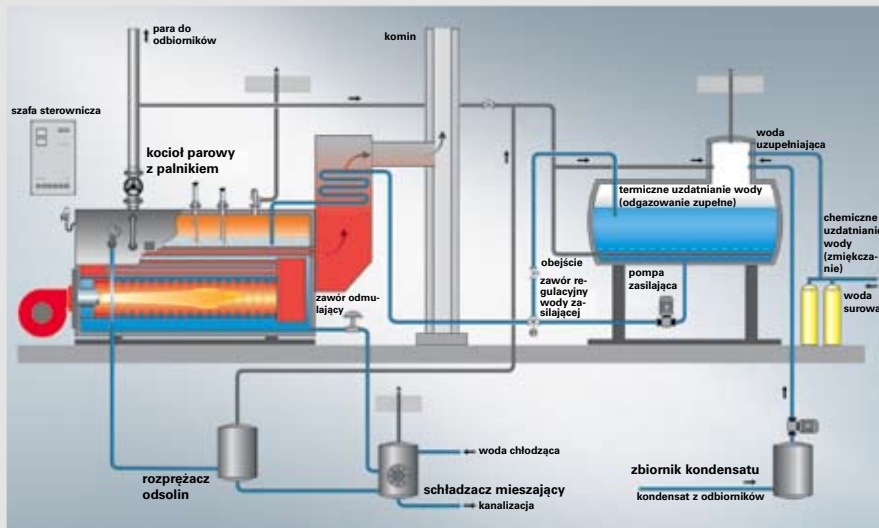
# Dobór kotła

## Ciągła regulacja poziomu wody w kotle zaworem regulacyjnym z przelewem

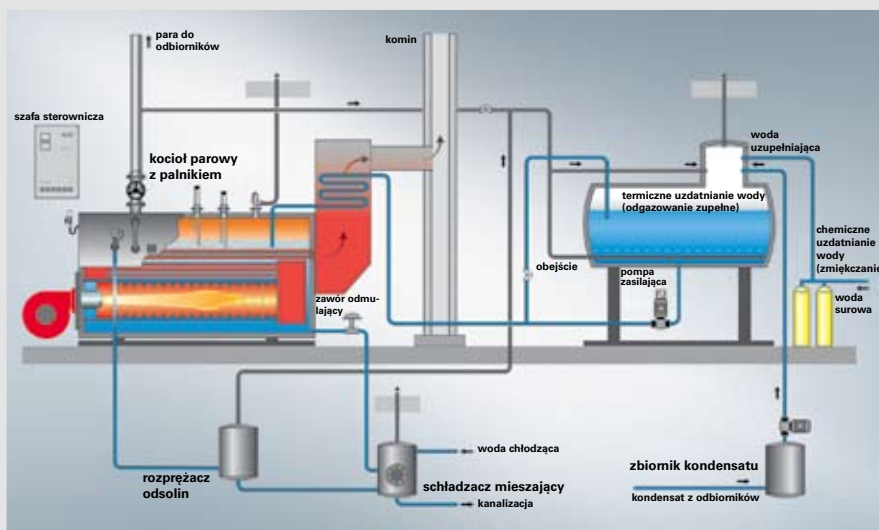
Gdy natężenie strumienia głównego wody zasilającej spadnie poniżej określonej wartości, otwiera się zawór przelewowy (obejściowy) na tyle, by zapewnić minimalny przepływ przez pompę zasilającą, konieczny dla jej chłodzenia (rys. 69).

## Ciągła regulacja poziomu wody w kotle poprzez regulację obrotów pompy zasilającej

Celem regulacji ciągłej jest utrzymanie poziomu wody w kotle na prawie stałym poziomie zadanym. Przy wahaniami obciążenia kotła wydajność pompy zostaje dopasowana do wielkości koniecznej do utrzymania zadanego poziomu przez bezstopniową zmianę obrotów (przez zamontowaną na pompie przetwornicę częstotliwości). Ten sposób regulacji optymalizuje równocześnie zużycie energii elektrycznej przez pompę. Dodatkowo można też zrezygnować z armatury regulacyjnej przed kotłem (rys. 70).



Rys. 69: Ciągła regulacja poziomu wody w kotle zaworem regulacyjnym z przelewem



Rys. 70: Ciągła regulacja poziomu wody w kotle poprzez regulację obrotów pompy zasilającej

## 5.4 Tryb udzielania pozwoleń

Podstawą prawną „w zakresie bezpieczeństwa i ochrony pracy przy udostępnianiu środków pracy i ich używaniu, bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń podlegających dozorowi i organizacji ochrony pracy w przedsiębiorstwach” jest rozporządzenie o bezpieczeństwie eksploatacji (BetrSichV).

W § 13 określono tryb ubiegania się o pozwolenie na eksploatację. Rozporządzenie BetrSichV przenosi podstawowe wymagania prawa europejskiego do narodowego prawa niemieckiego i konkretyzuje je.

Dla kotłów kategorii IV wg diagramu z dyrektywy „Urządzenia ciśnieniowe” (patrz rys. 14, str. 10) konieczne jest pozwolenie na montaż, zainstalowanie i eksploatację. Jako pierwszy krok, użytkownik winien złożyć w wybranej przez siebie notyfikowanej jednostce dozoru (do 31.12.2007) właściwej miejscowo dla miejsca zainstalowania urządzeń placówki TÜV wniosek o wydanie opinii rzeczoznawcy. Zaleca się przy tym uprzednie przeprowadzenie wstępnej rozmowy z lokalną placówką dozoru technicznego, aby jeszcze przed złożeniem wniosku wyjaśnić wszystkie kwestie techniczne. Pozwoli to skrócić postępowanie i ew. nawet zmniejszyć jego koszty.

Do wydania opinii rzeczoznawcy wymagane są co najmniej następujące podkłady:

- rysunek rozplanowania instalacji kotłowej
- plan kotłowni – musi z niego wynikać także przeznaczenie pomieszczeń sąsiadujących
- formularz opisu instalacji kotłowej
- załączniki do opisu instalacji kotłowej
  - plan ustawienia
  - zasilanie gazem
  - składowanie oleju
  - ekonomizer
  - palnik
  - praca bez nadzoru
- schematy elektryczne układów zabezpieczających i palnika

Po otrzymaniu opinii notyfikowanej jednostki dozoru użytkownik winien złożyć we właściwym miejscowo organie władzy (urząd nadzoru przemysłowego) wniosek o wydanie pozwolenia. Z wnioskiem należy przedłożyć podkłady jak dla opinii rzeczoznawcy i samą opinię.

Organ władzy musi wydać decyzję w sprawie wniosku w ciągu trzech miesięcy. Pozwolenie może być związane z wymaganiami dodatkowymi, które trzeba uwzględnić przy wykonywaniu instalacji. Dopiero po uzyskaniu pozwolenia organu władzy można przystąpić do montażu i instalowania.

## 5.5 Instalacje wielokotłowe

Ze względu na zapewnienie bezpieczeństwa zaopatrzenia w parę, np. w szpitalach do sterylizacji, albo przy zróżnicowanym w czasie zapotrzebowaniu na parę (np. dzień/noc, lato/zima) stosuje się instalacje wielokotłowe. Kwestia, ile kotłów i o jakiej mocy ma obejmować taka instalacja, nie ma już aspektu bezpieczeństwa, lecz musi być rozpatrywana z punktu widzenia niezawodności zaopatrzenia w parę przy jak najmniejszych kosztach eksploatacyjnych.

W instalacji jednokotłowej należy pamiętać, że zakres regulacji mocy kotła zależy jest jedynie od zakresu regulacji palnika. Nowoczesne palniki można regulować w dół, aż do 10% mocy kotła. Jeśli zapotrzebowanie pary spadnie jeszcze poniżej tej wartości, kocioł przechodzi na pracę przerywaną. Zapewnione jest w ten sposób dostarczanie pary zgodnie z zapotrzebowaniem.

Instalacje wielokotłowe pracują przeważnie w systemie kaskadowym. System kaskadowy pozwala produkować parę zgodnie z zapotrzebowaniem przy ekonomicznym prowadzeniu ruchu i z zapewnieniem wysokiej niezawodności zaopatrzenia w parę. Ekonomiczna praca jest wynikiem zmniejszenia liczby startów palnika i pracy kotłów w wyższym zakresie mocy przy mniejszych stratach kominowych.

Każdy kocioł ma z zasady swoje własne sterowanie, które pozwala mu pracować autonomicznie. Do sterowania należy stosować sterowniki PLC. Sterowanie kaskadowe, zrealizowane również w oparciu o sterownik PLC jest sterowaniem nadrzędnym wobec sterowników kotłów.



Rys. 71: Zaopatrzenie w parę szpitala AMH w Chorzowie, Polska – trzy wysokopięne kotły parowe Vitomax 200 HS o wydajności 2,4 t/h (8 bar) zasilają parą ogrzewanie, pralnię i sterylizatornię

Sterowanie kaskadowe określa kocioł wiodący i kolejność włączania do pracy pozostałych kotłów. Kotły, które poddawane są właśnie badaniom rewizyjnym lub niepotrzebne ze względu na długoterminowe zmniejszenie zapotrzebowania pary i zostały odstawione i zakonserwowane, należy wyłączyć z kaskady. Program PLC po upływie ustalonego czasu przekazuje rolę kotła wiodącego następnemu w kolejności kotłowi. Następny kocioł kaskady załączany jest wtedy, gdy będący w ruchu kocioł od ustalonego czasu pracuje już z mocą np. 80%. Sterowanie uruchamia palnik następnego kotła i po osiągnięciu ciśnienia systemowego otwiera serwowawór pary. Kocioł zaczyna zasilać parą kolektor pary.

Wyłączenie kotła następuje wtedy, gdy jego moc spada poniżej np. 35%. Palnik kotła zostaje wyłączony, a serwowawór pary zamknięty.

Kotły kaskady pozostające w rezerwie utrzymywane są pod ciśnieniem na drugiej wartości zadanej ciśnienia, niższej od wymaganego ciśnienia roboczego. Dzięki temu w razie nagłego zwiększenia zapotrzebowania na parę przyspieszone jest wejście kotła do ruchu.

Wszystkie konkretne nastawy dla kaskady ustala się dla każdej instalacji odrębnie i programuje w sterowniku PLC.



## 6 Instalowanie

### 6.1 Pomieszczenie kotłowni

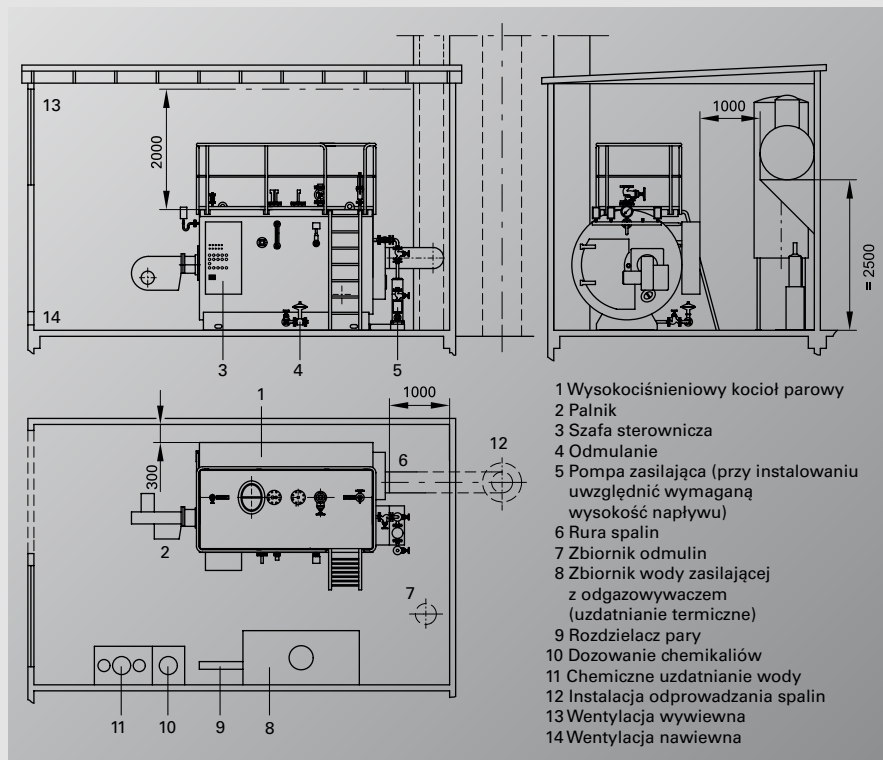
#### Zasadnicze wymagania

Instalacje kotłowe należy instalować w budynkach, zabezpieczone przed mrozem, zapyleniem i opadami. Temperatura w pomieszczeniu kotłowni winna pozostawać w zakresie 5 – 40°C. Należy zapewnić wystarczającą wentylację nawiewną (powietrze do spalania). Należy przy tym zadbać, by powietrze do spalania nie zawierało składników wywołujących korozję (np. związków chloru lub halogenków).

Posadzka musi być płaska i odpowiednio nośna. Do obliczeń nośności posadzki należy przyjąć maksymalny ciężar roboczy kotła, a więc zarówno z wodą kotłową, jak i zamontowanymi na nim urządzeniami. Kocioł można postawić na posadzce, bez fundamentu. Jednak ze względu na ułatwienie utrzymania czystości w kotłowni zaleca się ustawić kocioł na podwyższonym cokole.

#### Przepisy

W informacji Niemieckiej Komisji Kotłów Parowych (DDA) opisano „Instalowanie i eksploatację lądowych kotłów parowych ze znakiem CE”. Oparta jest ona w zasadzie na przepisach TRD 403 wzgl. dla instalacji ułatwionej, zależnie od iloczynu pojemności wodnej i dopuszczalnego ciśnienia roboczego – na TRD 702. Dodatkowo należy uwzględnić lokalne przepisy budowlane i rozporządzenie o urządzeniach paleniskowych.



Rys. 72: Przykład pomieszczenia kotłowni

Obok wymagań minimalnych dla wolnej przestrzeni dla obsługi i konserwacji, dróg ewakuacyjnych, składowania paliwa i urządzeń elektrycznych określono tam, w jakich pomieszczeniach wolno instalować kotły parowe.

Wysokoprężnych kotłów parowych (grupa IV wg TRD) nie wolno instalować:

- w pomieszczeniach mieszkalnych, pod nimi, nad nimi lub obok nich,
- w pomieszczeniach socjalnych (są to m.in. pralnie, szatnie i pomieszczenia wypoczynkowe) i roboczych, pod nimi, nad nimi lub obok nich,

W przepisach określone są ułatwione warunki instalowania w zależności od iloczynu pojemności wodnej i dopuszczalnego ciśnienia roboczego, z uwzględnieniem maksymalnej wydajności pary. Różne przepisy podają przy tym różniące się wymagania i dlatego zaleca się przeprowadzenie dla konkretnego przypadku wstępnych uzgodnień z właściwym miejscowo organem władzy.

# Instalowanie

## 6.2 Emisje hałasu

### Źródła hałasu

Jako dźwięk rozumie się drgania mechaniczne i fale w ośrodku sprężystym, jak ciało stałe (dźwięk materiałowy), powietrze (dźwięk powietrzny) lub ciecze. Drgania takie mogą mieć różne częstotliwości (= liczbie drgań na sekundę). Ucho ludzkie słyszy dźwięki o częstotliwościach od ok. 16 Hz (niskie dźwięki) do ok. 16000 Hz (wysokie dźwięki).

Wszystkie rodzaje dźwięków, odczuwane przez człowieka jako uciążliwe, nazywamy hałasem. Dla ochrony przed hałasem ustawodawcy wydali stosowne przepisy, np. BImSchG, TA-Lärm, DIN 4109, DIN 45 680, wytyczna VDI 2058. Określają one wartości graniczne oraz metody pomiaru i oceny dla różnych środowisk i pór doby.



Rys. 73: Wytłumienie dźwięku materiałowego

Hałas wytwarzany przez instalację kotłową jest w zasadzie powodowany:

- szumami spalania
- szumami dmuchawy palnika
- przenoszeniem dźwięku materiałowego.

Związany głównie z procesem spalania dźwięk powietrzny jest przenoszony przez wypromieniowanie z palnika, kotła i instalacji spalin.

Dźwięk materiałowy powstaje wskutek drgań mechanicznych instalacji kotłowej i przenoszony jest głównie przez fundamenty, ściany kotłowni i ścianki przewodów spalin. Może on wywoływać poziom ciśnienia akustycznego rzędu 50 do 140 dB(A), zależnie od częstotliwości

### Wybrane środki ochrony przed hałasem

Podkładki dźwiękochłonne można stosować tylko do pewnego ograniczonego obciążenia. Przy większych obciążeniach konieczne są specjalne zabiegi budowlane, np. izolujący akustycznie fundament.

#### 1. Tłumienie dźwięku materiałowego

Dźwiękochłonne podkłady pod kocioł (rys. 73) redukują przenoszenie dźwięku materiałowego na podłoże.

# Instalowanie

## 2. Tłumiki hałasu przepływu spalin

Tłumiki hałasu przepływu spalin stosowane są do wytłumienia szumów pochodzących od spalania (rys. 74). Dla zapewnienia ich skuteczności muszą być starannie dopasowane do kombinacji palnik/kocioł, systemu odprowadzania spalin i komina.

Przy projektowaniu rozplanowania kotłowni należy mieć na uwadze, że tłumiki hałasu przepływu spalin wymagają dość dużo miejsca.

## 3. Kompensatory przewodów spalin

Kompensatory zapobiegają przeniesieniu dźwięku materiałowego z zespołu palnik/kocioł, poprzez przewody spalin na budynek. Ponadto mogą przejmować wydłużenie termiczne przewodów spalin (rys. 75).

## 4. Osłony dźwiękochłonne palnika

Osłony dźwiękochłonne stosowane są do wytłumienia szumów od dmuchawy palnika. Służą one głównie do zmniejszenia hałasu w samej kotłowni (rys. 76).

## 5. Wentylacja nawiewna i wywiewna

Przewody wentylacji nawiewnej i wywiewnej z tłumikami dostarczają powietrze do spalania bezpośrednio do palników i zapobiegają rozprzestrzenianiu się hałasów powstających w kotłowni, przez otwory wentylacyjne na zewnątrz (rys. 77). Dla uniknięcia kosztownych przebudów zaleca się przewidzieć środki ochrony przed hałasem już w fazie projektowania. Wymaga to ścisłej współpracy między architektem, inwestorem, projektantem i instalatorem.

Partnerem do ustalenia wymagań odnośnie emisji hałasu jest lokalny urząd nadzoru przemysłowego.



Rys. 74: Tłumik szumów przepływu spalin



Rys. 75: Kompensator przewodu spalin



Rys. 76: Osłona dźwiękochłonna palnika



Rys. 77: Otwór nawiewu powietrza z tłumikiem dźwięku

# Instalowanie

## 6.3 Transport

Kotły walczkowe można transportować transportem drogowym, kolejowym lub wodnym. Odpowiednio do warunków transportu wykonywane jest opakowanie kotła, wzgl. kocioł transportuje się bez wrażliwej izolacji cieplnej.

Dla zabezpieczenia osprzętu, jak palnik, sprzęt regulacyjny i armatura, przed uszkodzeniami transportowymi, jest on pakowany i przewożony osobno. Zaletą tego sposobu transportu jest również minimalizacja gabarytów transportowych. Osprzęt montowany jest zazwyczaj dopiero po ustawieniu kotła w miejscu przeznaczenia.

Im większa jest wydajność pary i wielkość kotła, tym trudniejszy jest transport. Czasem spedytor musi szukać odpowiednich tras przejazdu (np. ograniczona szerokość lub nośność dróg lub mostów) i uzyskać eskortę policji (transport specjalny).

W miejscu ustawienia inwestor musi zatroszczyć się o zapewnienie dojazdu. Droga dojazdowa musi mieć wystarczającą nośność (brak podziemnych zbiorników lub garaży) i utwardzoną nawierzchnię. Ponadto musi być zapewniona dostateczna swoboda manewrów.

Do rozładunku kotła i osprzętu i przemieszczania ciężkich urządzeń (np. palnik, pompy, armatura, szafa sterownicza) w kotłowni należy przewidzieć odpowiednie urządzenia dźwigowe.



Rys. 78: Transport kotła parowego



Rys. 79: Transport kolejowy bez izolacji cieplnej

# Instalowanie

## 6.4 Wstawianie

Do wstawienia kotła i dalszych komponentów instalacji należy przewidzieć wystarczająco duży otwór. Może to być także otwór w dachu kotłowni lub odpowiedni szyb.

Dla minimalizacji kosztów drogi wstawiania powinny być możliwie krótkie i wolne od przeszkód. Również tu należy zadbać o wystarczającą nośność podłoża. Urządzenia dźwigowe należy ustawiać możliwie blisko miejsca pracy. Urządzenia dźwigowe muszą posiadać wymagany udźwig, wsięg i wysokość podnoszenia. Do ich ustawienia potrzebne jest odpowiednio nośne podłoże. W razie konieczności może być potrzebne czasowe zamknięcie dróg dojazdowych lub odcinków ulic.



Rys. 80: Wstawianie kotła dużej mocy wymaga doświadczenia i wyczucia



Rys. 81: Wstawianie jest czasem „pracą na milimetry”



Rys. 82: Wstawianie kotła bez izolacji cieplnej



Rys. 83: Wstawianie kotła przez dach



Rys. 84: Wstawianie kotła Vitomax 200-HS (typ M237) w Estonii

# 7 Prowadzenie ruchu kotła

## 7.1 Tryby prowadzenia ruchu

Przepisy TRD przewidują kilka możliwych sposobów prowadzenia ruchu wysokociśnieniowych kotłów parowych, zależnie od ich wyposażenia.

### 1. Praca ze stałym nadzorem bezpośrednim

W tym trybie pracy konieczne jest utrzymywanie stałego nadzoru nad pracą kotła przez operatora. Nie są wtedy wymagane automatyczne urządzenia regulacji poziomu i ciśnienia. Czynności te wykonuje operator.

### 2. Praca z ograniczonym nadzorem

Operator musi co dwie godziny upewniać się o prawidłowym stanie instalacji kotłowej. Kocioł musi być wyposażony w urządzenia regulacji poziomu i regulacji ciśnienia.

### 3. Czasowa praca bez nadzoru, z ograniczonym ciśnieniem

W trybie pracy bez nadzoru kocioł parowy pracuje z ciśnieniem zabezpieczenia 1 bar. Dla tego trybu pracy konieczne jest zainstalowanie na kotle dodatkowych urządzeń (zawór bezpieczeństwa, regulator ciśnienia, ogranicznik ciśnienia, manometr).

### 4. Praca 24-godzinna bez stałego nadzoru (24h)

Kocioł parowy musi działać całkowicie automatycznie, z dwoma samokontrolującymi się urządzeniami ograniczenia najniższego poziomu wody. Palnik z dodatkowymi urządzeniami zabezpieczającymi musi być także dopuszczony do pracy bez stałego nadzoru.

### 5. Praca 72-godzinna bez stałego nadzoru (72h)

W stosunku do trybu 24h należy tu dodatkowo ograniczyć najwyższy poziom wody przy pomocy osobnego wzmacniacza sterującego. Dochodzi dodatkowo także dodatkowo ogranicznik maksymalnej konduktancji wody kotłowej, urządzenia do nadzorowania jakości wody (woda uzupełniająca, kondensat) i dodatkowe wymagania odnośnie szafy sterowniczej.

Kotły w nowych instalacjach wyposażane są zgodnie z obecnym stanem techniki i niezawodności urządzeń zabezpieczających dla pracy bez stałego nadzoru 24h lub 72h. Rysuje się trend do wyposażania instalacji kotłowych do pracy bez stałego nadzoru przez ponad 72 godziny.

Tryby pracy opisane w punktach 1 do 3 są dzisiaj bez praktycznego znaczenia. Warunkiem pracy w trybie bez stałego nadzoru jest przestrzeżenie podanych dalej wskazówek.

Operator kotła musi przeprowadzać czynności kontrolne, określone w dokumentacji techniczno-ruchowej, odnotowywać je w książce ruchu kotła i potwierdzać swoim podpisem.

Zegar sterujący dla kontroli cyklu kontroli nie jest wymagany.

Dodatkowo, co pół roku, wyspecjalizowana firma, np. serwis Viessmann, musi przeprowadzić sprawdzenie urządzeń regulacyjnych i ograniczających, nie podlegających regularnej kontroli przez operatora.

Zakres zadań operatora obejmuje przy takich instalacjach także konserwację, co stawia wyższe wymagania wobec koniecznej wiedzy fachowej niż przy samej obsłudze prostych instalacji.

Nowoczesna technika sterowania (np. sterowniki PLC) umożliwia przesyłanie danych kotła do dyspozytorni. Z dyspozytorni można także sterować funkcjami regulacyjnymi. Możliwe jest ponadto automatyczne przestawianie rodzaju paliwa, także w palnikach dwupaliwowych. Odblokowanie kotła po wyłączeniu przez urządzenia zabezpieczające musi być jednak zawsze wykonane bezpośrednio na kotle.

# Prowadzenie ruchu kotła

## 7.2 Normy i przepisy eksploatacyjne

Podstawowym przepisem eksploatacyjnym w Niemczech jest rozporządzenia o bezpieczeństwie eksploatacji (BetrsichV). § 12 wymaga, by instalacje kotłowe eksploatować zgodnie z zasadami opracowanymi przez Komisję Bezpieczeństwa Eksploatacji Ministerstwa Pracy: Technicznymi Instrukcjami Bezpieczeństwa Eksploatacji (TABS).

Zasady te w chwili obecnej nie są jeszcze wydane w komplecie i dlatego, zgodnie z przepisami przejściowymi, dla kotłów parowych obowiązują jeszcze przepisy TRD.

Eksploatacja instalacji nowych dozwolona jest dopiero po przeprowadzeniu „Badania przed uruchomieniem”. Dla kotłów kategorii III i IV badanie to musi być przeprowadzone przez notyfikowaną placówkę dozoru i należy uzyskać potwierdzenie prawidłowego stanu.

Warunkiem uruchomienia jest także dysponowanie personelem, przeszkolonym do obsługi kotła. W wypadku instalacji wysoprzężnych muszą to być operatorzy, przeszkoleni na kursie zatwierdzonym przez Ministerstwo Pracy (prowadzonym zazwyczaj przez TÜV). Równouprawnione są osoby z wykształceniem dającym wymaganą wiedzę fachową.

Eksploatacja obejmuje także korzystanie z instrukcji eksploatacji. Musi ona zawierać wszystkie informacje o prowadzeniu ruchu, konserwacji i rewizjach. Należy do nich także lista kontrolna, podająca jakie czynności i w jakich cyklach należy wykonywać przy poszczególnych komponentach wyposażenia kotła (rys. 85).

Eksploatacja instalacji kotłów parowych Część I – Ogólne instrukcje dla użytkownika kotłowni parowej z kotłami parowymi grupy IV Wydanie z czerwca 1983 (nie zmienione 8/93)							TRD 601 Arkusza 1 Eksploatacja Załącznik 1	
Niniejszą listę czynności kontrolnych należy we współpracy pomiędzy użytkownikiem, producentem i organem nadzoru sprecyzować jako obowiązującą dla danej instalacji (TRD 601 ark. 1 pkt. 7) (także dla 72-godzinnej pracy bezobsługowej)								
Patrz rozdział TRD 601 ark. 2	Czynności obsługowe, konserwacyjne i kontrolne wykonywane co:	zmianę	dobę	72 godziny	tydzień	6 miesięcy	12 miesięcy	Rodzaj kontroli (przykład)
3.2.1	Zawory bezpieczeństwa	W					D	otwarcie
3.2.2	Urządzenia wskazujące poziom wody	W	D					przedmuchiwanie tylko przy kotłach p ≤ 32 bar
3.2.3	Zdalne wodowskazy	W				D		porównanie wskazania z poziomem wody wskazywanym bezpośrednio
3.2.4	Urządzenie do pobierania próbek wody	W	D					swoboda i wolny przelot
3.2.5	Regulator poziomu wody	W	D					przedmuchiwanie i kontrola swobody ruchu
3.2.6	Ogranicznik poziomu wody	W					D	przedmuchiwanie lub obniżenie poziomu do punktu przyłączenia
3.2.7	Ogranicznik natężenia przepływu	W					D	zmniejszenie natężenia przepływu
3.2.9/12	Regulator ciśnienia wzgl. temperatury	W					D	wykonać pomiar porównawczy
3.2.10/13	Ogranicznik ciśnienia wzgl. temperatury	W					D	zmiana wartości zadanej/przyciski kontrolne
3.2.8/11	Wskaźnik temperatury wzgl. ciśnienia (manometr)	W					D	kontrola termometrem precyzyjnym/ kontrola punktu zerowego
3.2.14	Urządzenia spustowe i odsalające	W	D					przez uruchomienie
3.2.15	Armatura kotła	W					D	przez uruchomienie
3.3.1	Urządzenia zasilające i wymuszające obieg	W					D	przez naprężeniową pracę
3.3.2	Badanie wody zasilającej i kotłowej	W	D					przez kontrolę analityczną TRD 611
3.3.3	Urządzenia kontrolujące wnikanie ciał obcych do wody kotłowej						D	naciśnięcie przycisku kontrolnego
3.4.1	Łączniki krańcowe klap spalin						D	zamknięcie i ponowne otwarcie klap
3.4.2	Regulator palnika (nastawniki powietrza i paliwa)	W						swoboda ruchu
3.4.3	Dmuchawa powietrza do spalania, palnika zapłonowego i powietrza chłodzącego	W						spokojny obieg, przeniesienie napędu (np. paski klinowe)
3.4.4	Wskaźniki natężenia przepływu i ciśnienia powietrza	W					D	przerwanie przewodu impulsowego
3.4.5	Urządzenia odcinania paliwa	W					D	swoboda ruchu
3.4.6	Zbiorniki i przewody paliwa/armatura	W						swoboda ruchu/szczelność
3.4.7	Wskaźnik ciśnienia paliwa	W				D		
3.4.8	Zabezpieczające urządzenie odcinające przed palnikiem (przy 72-godzinnej pracy bezobsługowej także w przewodzie powrotnym)	W					D	swoboda ruchu/szczelność
3.4.9	Urządzenie kontroli szczelności wzgl. przewietrzania	W						
3.4.10	Łącznik położenia krańcowych palnika						D	odchylenie palnika, wyciągnięcie lancy palnika
3.4.11	Wyłącznik awaryjny						D	uruchomienie
3.4.12	Zapłon	W			D			
3.4.13	Przewietrzanie	W				D		
3.4.14	Kontrola płomienia	W				D		
3.4.15	Ocena spalania	W						
3.4.16	Ocena komór spalania i ciągów spalin	W						
3.5.1	Paleniska na pył węglowe/zasilanie parą młynów						D	swoboda ruchu armatury i łączników krańcowych
3.5.2	Dozownik węgla	W						
3.5.6	Urządzenia gaśnicze	W				D		
3.5.7	Urządzenia do likwidacji ciśnienia	W				D		
3.6.1	Palenisko na drewno/dmuchawa zasilania paliwem i urządzenia zapłonowego	W						
3.6.2	Kłapy zwrotne przy paleniskach nadmuchowych	W						
3.7.1	Paleniska węglowe/prowadzenie ognia	W						
3.7.1	Mechaniczne urządzenia zasilania paliwem	W						zużycie

Rys. 85: Wyciąg z listy kontrolnej kotła parowego (lub wysokotemperaturowego kotła wodnego)

# Prowadzenie ruchu kotła

Dla każdego kotła należy założyć książkę ruchu, do której operator dokonuje wpisów i potwierdza je swoim podpisem. Książka stanowi udokumentowanie prawidłowej obsługi i konserwacji kotła i należy ją przedkładać na żądanie rzeczoznawcy i właściwego organu dozoru.

§ 3 rozporządzenia BetrSichV zobowiązuje pracodawcę do przeprowadzenia oceny zagrożeń. Przy jej sporządzaniu należy zidentyfikować wszystkie zagrożenia mogące wystąpić w obszarze instalacji kotła parowego, w celu zapewnienia bezpiecznego udostępnienia i oceny środków pracy.

Wysokoprężne kotły parowe kategorii III (z iloczynem pojemności w litrach i ciśnieniu w barach ponad 1000) i kategorii IV podlegają badaniom okresowym przez notyfikowaną jednostkę dozoru.

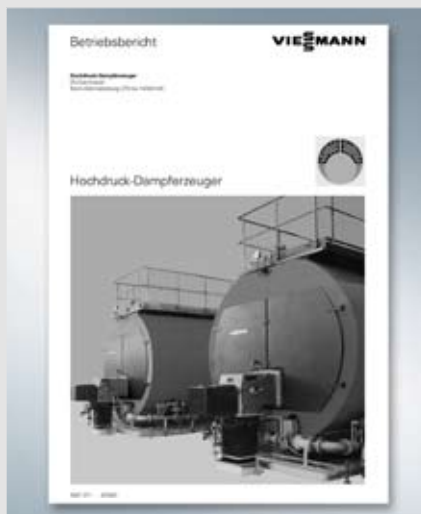
§ 15 zobowiązuje użytkownika do podania właściwemu organowi, w ciągu 6 miesięcy od uruchomienia, ustalonych przez siebie terminów badań. Organ dozoru zbada prawidłowość ustalenia terminów. W razie niezgodności terminów użytkownika i organu dozoru rozstrzyga ostatecznie organ dozoru.

Jako wytyczne ustalania terminów badań należy przyjąć zalecenia producenta kotła, proponowane w deklaracji zgodności.

Maksymalne terminy wg rozporządzenia BetrSichV wynoszą:

- rewizja zewnętrzna 1 rok
- rewizja wewnętrzna 3 lata
- próba wytrzymałościowa 9 lat

Terminów tych nie wolno przekroczyć.



Rys. 86: Książka ruchu kotła



Rys. 87: Wytyczne projektowe dla Vitomax 200-HS



Rys. 88: Prospekty i karty urządzeń Viessmann



Rys. 89: Narada

## 7.1 Serwis

Dział kotłów dużej mocy Viessmann oferuje obszerny serwis dla kotłów parowych i usług towarzyszących. Nasze usługi serwisowe rozpoczynają się od udostępnienia dokumentacji technicznej, jak poradników fachowych, kart danych technicznych, wytycznych projektowania, wskazówek konserwacyjnych i książek ruchu kotła.

Inżynierowie projektowi w oddziałach Viessmann i specjaliści od kotłów parowych w dziale handlowym kotłów dużej mocy w Berlinie służą zawsze fachową radą projektantom, inwestorom i użytkownikom.

Narady w sprawie nowych instalacji mogą się odbywać w biurze projektów, na miejscu u użytkownika, także z udziałem właściwej jednostki dozoru technicznego.



# Prowadzenie ruchu kotła

Pracownicy Viessmann sporządzają formularze opisu instalacji do postępowania pozwoleńowego.

Dalszym obszarem jest doradztwo dla instalacji istniejących, np. w kwestiach obniżenia kosztów eksploatacji, poprawy sprawności instalacji, modernizacji instalacji, zmiany paliwa. Pracownicy Służby Technicznej kotłów dużej mocy są do dyspozycji klientów w ramach różnych usług naszej oferty serwisowej.

## – Uruchomienia

Przy uruchamianiu przez serwis Viessmann regulowane są i sprawdzane wszystkie urządzenia regulacyjne i ograniczające. Palnik ustawiany jest na optymalne parametry spalania, z gwarantowanymi wartościami emisji.

W ramach uruchomienia zostaje przeszkolony personel obsługowy. Na życzenie klienta, w ramach badań uruchomieniowych przeprowadzany jest ruch próbny dla organu dozoru. Z przeprowadzonego uruchomienia użytkownik otrzymuje protokół ze wszystkimi wartościami pomiarowymi.

## – Kontrola instalacji wg TRD 604

Ważnym zadaniem jest przeprowadzenie wymaganych przez TRD 604 półrocznych badań wysokoprężnych kotłów parowych, pracujących bez stałego dozoru przez 24 lub 72 godziny. W ramach badania sprawdza się urządzenia regulacyjne i ograniczające, palnik, uzdatnianie wody, jakość wody kotłowej oraz zasilającej i ogólny stan instalacji. Wskazówki, wynikające z badania, przekazywane są niezwłocznie użytkownikowi i operatorowi kotła.

Z wyniku badań sporządzany jest protokół ze wszystkimi danymi pomiarowymi i ewentualnymi wskazówkami. Przeprowadzone badanie odnotowuje się także w książce ruchu kotła.

**10. Protokół pierwszego uruchomienia kotła**

Protokół pierwszego uruchomienia kotła z dnia .....

Dane zainstalowanych urządzeń

Urządzenie	Nr fabryczny	Rok produkcji

Parametry instalacji

Lokalizacja kotła, charakter pomieszczenia		Uwagi
Rodzaj paliwa: gaz/olej		
Nawiew i wywiew z kotłowni		
Sterowanie kotła typ		
Zabezpieczenie powrotu dla kotłów wodnych		
Poprawność podłączenia kotła do instalacji		
Stacja uzdatniania wody		
Ciśnienie wody w instalacji		
Układ stabilizacji ciśnienia dla kotłów wodnych		
Obecność filtrów		
	gaz/olej	
	c.o.	
	c.w.u.	

Lista nastaw

Ciśnienie statyczne gazu na przyłączy		mbar	Uwagi
Ciśnienie dynamiczne gazu		mbar	
Szczelność armatury gazowej			
Ciśnienia na palniku gazowym min/max		/ mbar	
Ciśnienie oleju na dyszy		bar	
Zastosowane dysze typ			
Zabezpieczenie temperaturowe kotła wodnego		°C	
Nastawy ogranicznika ciśnienia kotła max/min		/ bar	
Zawór bezpieczeństwa typ nastawa			
Nastawa mocy maksymalnej palnika		kW	
Sprawdzenie instalacji odprowadzania osadlin i odmulin			
Sprawdzenie prawidłowości montażu zaworowycyzy			
Kontrola wodowskazów – przedmuchiwanie			
Wodomierz stan za stacją uzdatniania		m <sup>3</sup>	
Wartości zmierzone przy mocy max/min	CO <sub>2</sub>	/	%
	CO	/	ppm
	temp. spalin	/	°C

Rys. 90: Protokół pierwszego uruchomienia kotła (wyciąg z karty gwarancyjnej)

## – Prace konserwacyjne

Dalszym obszernym polem działania Służby Technicznej kotłów dużej mocy jest przeprowadzanie prac konserwacyjnych, jak przygotowanie kotła do badań okresowych (rewizja wewnętrzna i próba ciśnieniowa) przeprowadzanych przez organ dozoru, usuwanie zakłóceń i wymiana zespołów.

Prace konserwacyjne nie ograniczają się do kotła i jego wyposażenia, lecz obejmują także instalację elektryczną i inne urządzenia kotłowni. Możemy wyposażyć istniejące kotły w nasze nowoczesne szafy sterownicze z najnowszymi urządzeniami regulacyjnymi i zabezpieczającymi. W razie wprowadzania istotnych zmian,

nasze usługi obejmują także sporządzenie niezbędnej dokumentacji pozwoleńowej wg rozporządzenia BetrSichV.

## – Naprawy

Przy usterkach części ciśnieniowej przeprowadzamy w uzgodnieniu z organem dozoru niezbędne naprawy. Nasza Służba Techniczna dysponuje dopuszczeniami do prac spawalniczych, koniecznymi przy wykonywaniu napraw.

## 8 Specjalne typy konstrukcyjne

### 8.1 Kotły odzysknicowe

Kotły odzysknicowe wykorzystują do wytwarzania pary nasyconej ciepło spalin z procesów spalania lub gorące powietrze usuwane z procesów technologicznych.

Istnieją dwa zasadnicze rodzaje kotłów odzysknicowych:

- kotły odzysknicowe bez dodatkowego opalania: do wytwarzania pary nasyconej wykorzystywane są w nich tylko spaliny lub gorące powietrze z procesów technologicznych
- kotły wodne wysokoparametrowe lub parowe z wykorzystaniem ciepła odpadowego: są to kotły opalane konwencjonalnie, z dodatkowymi ciągami do odzyskiwania ciepła odpadowego.



Rys. 91: Kocioł parowy Vitomax 200-HS z wykorzystaniem ciepła odpadowego w szpitalu w Maribor, Słowenia (6 t/h, 13 bar, para nasycona)

### 8.2 Kotły parowe z przegrzewaczem

W wielu zastosowaniach przemysłowych stawiane są specjalne wymagania dla parametrów pary.

W niektórych procesach technologicznych stosowana jest para o temperaturze wyższej od wynikającej z ciśnienia nasycenia. Konieczne jest wtedy przegrzanie pary. Do tego celu Viessmann buduje specjalne przegrzewacze, instalowane między drugim a trzecim ciągiem kotłów Vitomax 200-HS.

W takim rozwiązaniu przegrzewacz pozwala uzyskać parę o temperaturze wyższej o 50 K od temperatury pary nasyconej.



Rys. 92: Vitomax 200-HS z przegrzewaczem



Rys. 93: Vitomax 200-HS z przegrzewaczem, 22 t/h przy 10 bar, w trakcie produkcji, przeznaczony dla Klaipėdos Kartons AB (fabryka tektury falistej w Klaipėdzie, Litwa)

## 9 Instalacje referencyjne



**Beta Sentjernej  
Słowenia**

Wysokoprężny kocioł parowy  
Vitomax 200-HS, typ M237, 10 bar,  
wydajność pary 1,15 t/h



**Sanovel  
Istambuł**

Trzy wysokoprężne kotły parowe  
Vitomax-200 HS, typ M235, 10 bar,  
wydajność pary po 7 t/h

## Instalacje referencyjne



**Główny Szpital Wojskowy  
Pekin, Chiny**

sześć kotłów Vitomax 200-HS,  
6x16 t/h, 10 bar



**Zabytkowy szpital w Chorzwie,  
Polska**

Trzy wysokopiętne kotły parowe  
Vitomax 200-HS zaopatrują szpital  
w ciepło, c.w.u. i parę technologiczną,  
3x2,4 t/h, 8 bar

## Instalacje referencyjne



**Mleczarnia Emmi  
Lucerna, Szwajcaria**

Wysokoprężny kocioł  
parowy Vitomax 200-HS,  
10 t/h, 13 bar



**Zakłady tekstylne  
Rivolta Carmignani  
Mediolan, Włochy**

Dwa wysokoprężne kotły  
parowe Vitomax 200-HS,  
4 t/h, 13 bar



**Fiat  
Modena**

Kocioł wysokoprężny  
Vitomax 200-HS,  
2,9 t/h, 10 bar

# 10 Nowoczesne metody konstruowania i wytwarzania gwarantują wysoką jakość

Kotły średniej i dużej mocy Viessmann projektowane są najnowocześniejszymi metodami. Metodą elementów skończonych analizuje się rozkłady naprężeń, optymalizując np. rozmieszczenie płomieniówek lub połączenia spawane.

Kotły Vitoplex produkowane są seryjnie z wysokim stopniem automatyzacji.

Kotły Vitomax budowane są małoseryjnie lub jednostkowo, na konkretne zlecenie. Po wykonaniu kotły poddawane są próbie ciśnieniowej pod ciśnieniem roboczym, zgodnie z dyrektywą „Urządzenia ciśnieniowe”. Spoiny wysokoprężnych kotłów parowych i wysokotemperaturowych kotłów wodnych badane są zgodnie z przepisami krajowymi metodą ultradźwiękową lub rentgenograficzną.



Wytwarzanie podzespołów



Spawanie korpusu ciśnieniowego w optymalnej pozycji



Automat do spawania łukiem krytym



Spawanie łukiem krytym



Montaż kotła

# Nowoczesne metody konstruowania i wytwarzania gwarantują wysoką jakość



Izolowanie kotła w wytwórni



Montaż płaszcza kotła z płomienicą



Spawanie płomieniówek robotem mechanicznym



Wypalarki CNC fazujące krawędzie



Standardowe opakowanie transportowe



Ładowanie w wytwórni żurawiami samochodowymi

Viessmann sp. z o.o.  
ul. Karkonoska 65  
53-015 Wrocław  
tel. 071/ 36 07 100  
fax 071/ 36 07 101  
www.viessmann.pl

Infolinia serwisowa:  
tel. 0801/ 0801 24  
tel. 032/ 22 20 370

Rodzinne przedsiębiorstwo Viessmann już od trzech pokoleń czuje się zobowiązane do realizacji zadania, jakim jest komfortowe i ekonomiczne wytwarzanie ciepła w sposób przyjazny dla środowiska i dostarczanie go zgodnie z zapotrzebowaniem. Opracowując liczne, wiodące na rynku produkty i rozwiązania firma Viessmann wciąż stawia nowe kamienie milowe, które uczyniły to przedsiębiorstwo pionierem w dziedzinie technologii i inicjatorem działań całej branży.

W ramach aktualnego programu produkcji firma Viessmann oferuje swoim klientom wielostopniowy program urządzeń o mocy od 1,5 do 20000 kW: stojące i wiszące, konwencjonalne i kondensacyjne kotły grzewcze na olej i gaz oraz systemy energii odnawialnych – np. pompy ciepła, technikę solarną i kotły grzewcze na surowce pochodzenia roślinnego. Program obejmuje także komponenty systemów regulacji i transmisji danych, kompletne systemowe urządzenia peryferyjne aż po grzejniki i ogrzewanie podłogowe.

Posiadając 12 zakładów w Niemczech, Francji, Kanadzie, Polsce i w Chinach, sieć dystrybucyjną w Niemczech i 35 innych krajach oraz 120 oddziałów handlowych na całym świecie firma Viessmann ukierunkowana jest na współpracę międzynarodową.

Najwyższą wartością dla firmy Viessmann stanowią: odpowiedzialność za środowisko naturalne i społeczeństwo, uczciwość w kontaktach z partnerami handlowymi i pracownikami, jak również dążenie do perfekcji i najwyższej wydajności we wszystkich procesach handlowych. Obowiązuje to w odniesieniu do każdego pracownika i tym samym do całego przedsiębiorstwa, które poprzez swoje wszystkie produkty oraz usługi oferuje klientowi szczególne korzyści i wartość dodaną wynikającą z silnej marki.



Wytwórnia kotłów dużej mocy w zakładzie Mittenwalde



Zakład macierzysty w Allendorf (Eder)



**Systemy grzewcze:**  
olej, gaz, systemy solarne, drewno i energia odnawialna



**Zakres mocy:**  
od 1,5 do 20000 kW



**Stopnie programu:**  
100: Plus, 200: Comfort  
300: Excellence



**Technika systemowa:**  
optymalnie dopasowane rozwiązania systemowe