



1 (fot. Ulrich)

# KOTŁY

## na paliwa płynne

Ogrzewanie wodne jest w naszym kraju systemem najbardziej rozpowszechnionym. Inne rozwiązania, jak elektryczne ogrzewanie akumulacyjne czy podłogowe, nadmuch ciepłego powietrza lub przepuszczenie go kanałami umieszczonymi w przegrodach budynku, choć z wielu powodów atrakcyjne, mają jednak znaczenie uzupełniające. Źródłem ciepła przy ogrzewaniu wodnym jest kocioł grzewczy. Ta nazwa kojarzy się z ogromnym garem czy zbiornikiem. Do współczesnego kotła pasuje nie najlepiej. Jest to bowiem złożona i wyrefinowana aparatura grzewcza. Jej konkretna postać zależy od wielu czynników. Dokonajmy ich przeglądu.

Opracowanie: Alina Kwapisz i Stanisław Stupkiewicz

Zastanawiając się nad centralnym ogrzewaniem domu po pierwsze wybieramy sposób zasilania kotła c. o. Jeśli w pobliżu jest gaz ziemny, zazwyczaj nie szukamy innych rozwiązań. Jeśli go nie ma, możemy wybrać tzw. paliwa płynne: olej opałowy lub gaz propan-butan. Z rodzajem paliwa ściśle wiąże się sposób jego składowania, a co za tym idzie, ilość potrzebnego miejsca. Olej musimy przechowywać w zbiornikach znajdujących się w domu, zaś propan-butan wymaga ustawienia zbiornika na zewnątrz. W koszty trzeba również wliczyć: w przypadku gazu ziemnego – cenę wykonania przyłącza, a w przypadku propanu-butanu koszt wydzierżawienia i montażu zbiornika.

Jak widać, rozważania na tym etapie są szalenie istotne, dlatego oprócz omówienia kotłów przekazujemy Czytelnikom również obszerną informację o samych paliwach.

### Paliwa płynne

Jedno z nich to szeroko stosowany **lekki olej opałowy**. Do niedawna był uważany za względnie tani. Zawirowania wokół akcyzy na to paliwo powodują, że staje się coraz droższy. Odnacza się wysoką wartością energetyczną. Piece nim zasilane można wyposażać w nowoczesną automatykę, co przyczynia się do podniesienia sprawności ogrzewania, a więc i oszczędnego zużycia paliwa. Proces spalania przebiega czysto, z wydzielaniem niewielkich tylko ilości substancji niepożądanych. Ponadto przy spalaniu oleju powstaje niewielka ilość pyłów.

Z użytkowego punktu widzenia główną wadą oleju jest to, że trzeba go magazynować. Służą do tego specjalne zbiorniki stalowe lub z tworzyw sztucznych, pojedyncze lub zestawiane w baterie. Rodzaj materiału, z jakiego są wykonane, ma wpływ na właściwości mechaniczne, a więc m. in. na dopuszczalną wielkość zbiornika, a także na to, czy w jego pobliżu wyczuwa się zapach opału.

W pomieszczeniu przeznaczonym na zbiornik, temperatura nie powinna spadać poniżej +10°C. W chłodzie bowiem olej gęstnieje (w terminologii technicznej: wzrasta jego lepkość) i może wytrącić się parafina. Utrudnia to przepływ paliwa, a więc zakłóca przebieg spalania.

Z uwagi na opisane niedogodności korzystniejsze są **paliwa gazowe**.

Na obszarach miejskich najbardziej rozpowszechniony jest **gaz ziemny**. Przypomnijmy, że głównym jego składnikiem jest metan. Od zawartości tego najprostszego węglowodoru oraz ilości innych lekkich węglowodorów i domieszek zależy wartość opałowa gazu. Nią właśnie różnią się dwa jego rodzaje, GZ35 i GZ50, będące w powszechnym użyciu. W naszych instalacjach przeważa ten drugi, bardziej energetyczny. Na tę wartość są też z reguły fabrycznie ustawione kotły większości producentów. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, by urządzenia przestawić na gaz GZ35, a w przypadku niektórych konstrukcji także na inny, o nietypowej wartości opałowej, jeśli gdzieś akurat taki jest dostarczany.

Do zalet gazu ziemnego należą: nietoksyczność, możliwość niezwykle precyzyjnego sterowania procesem spalania, w wyniku którego powstają niemal wyłącznie woda i dwutlenek węgla. Szkodliwe produkty, o których niżej, w większości pochodzą nie z gazu, lecz są efektem samego procesu spalania. Gaz jest więc paliwem wysoce ekologicznym. Na jego korzyść przemawia także ciągłość dostawy; nie trzeba sobie zaprzętać głowy uzupełnianiem zapasu. Niedogodność stanowi konieczność doprowadzenia instalacji – dość kosztownej, jeśli terminal sieci znajduje się daleko. To jednak wydatek jednorazowy.

### Trwałość kotłów z tzw. palnikami wentylatorowymi ocenia się na 15 lat w przypadku gazowych i 12 lat w przypadku olejowych.

Mniejszych nakładów wstępnych wymaga skroplona mieszanina węglowodorów cięższych od metanu, głównie propanu i butanu. Stąd też wymiennie używa się drugiej nazwy: gaz propan-butan. Nieścisłej, trzeba zastrzec. Paliwo bowiem jest dostępne zarówno w postaci mieszanki, jak i każdego z tych dwóch gazów z osobna. Wobec konieczności przechowywania zbiorników na zewnątrz należy używać propanu, choć jest droższy. Ciśnienie bowiem, konieczne do doprowadzenia paliwa ze zbiornika, powstaje wskutek naturalnego odparowywania gazu. W przypadku butanu, krzepnącego przy temperaturze 0°C, podczas mrozów byłoby ono zbyt niskie. Przy propanie zanik tego ciśnienia nastąpiłby dopiero po-

niżej -30°C; w naszym klimacie można się tym nie przejmować. Mieszanka obu gazów początkowo by „działała”, ale pod koniec zostałby sam mniej lotny butan.

**Wszystkie rodzaje gazu wymagają przestrzegania rygorystycznych środków bezpieczeństwa.**

### Konstrukcja kotłów

Dopiero po ustaleniu, jakim paliwem chcemy ogrzewać nasz dom, kolejnym etapem jest wybór rodzaju kotła: wiszący czy stojący, zwykły czy kondensacyjny. Obecnie zarówno kotły olejowe, jak i gazowe są produkowane w tych wszystkich wersjach. Rodzaj opału nie ma wpływu na ich budowę wewnętrzną.

Nie stwarza większego problemu również wybór medium. Oprócz bowiem kotłów zasilanych olejem i takich, w których spala się gaz, są też kotły uniwersalne. W większości z nich przebrojenie polega jedynie na wymienieniu palnika. Podstawowe elementy kotła są pokazane na zdjęciu 2.

Komorę spalania, wykonuje się z żeliwa (szarego, sferoidalnego lub perlitycznego), albo ze stali stopowej. To pierwsze rozwiązanie zapewnia wyższą trwałość urządzenia, zwłaszcza w przypadku kotłów niskotemperaturowych, w okresach, kiedy ich moc nie jest wykorzystana całkowicie (w naszych warunkach klimatycznych dzieje się tak przez większą

część roku). Żeliwo jest bowiem odporniejsze na korozję – także tzw. niskotemperaturową, powodowaną przez chemicznie agresywne skropliny powstające w przewodach spalinowych i spływające

### 3 Palnik atmosferyczny; widać rozżarzone elektrody zapłonowe i kontrolujące płomień (fot. Unical)



2 Podstawowe elementy kotła; dla przejrzystości nie opisano licznych zespołów sterowania i zabezpieczeń (fot. Merloni Termosanitari)

do komory grzewczej w czasie, gdy palnik nie pracuje. Ich średnią trwałość szacuje się na 20 lat. Kotły stalowe osiągają taką trwałość w przypadku zastosowania wyrafinowanej automatyki lub palników gazowych tzw. atmosferycznych (o których niżej).

Wadą konstrukcji żeliwnych jest duży ciężar. Komory z tego materiału spotyka się zatem głównie w kotłach stojących.

Lekkie konstrukcje stalowe (i rzadziej żeliwne) coraz częściej się stosuje w kotłach wiszących, niezwykle korzystnych z powodu większych możliwości zagospodarowania wnętrza.

Ważnym elementem kotła jest **palnik**. Od niego zależą nie tylko stopień wykorzystania paliwa i czystość spalin, ale także trwałość urządzenia.

W kotłach olejowych palniki coraz częściej wyposaża się w podgrzewacze paliwa. Dzięki temu spalanie przebiega podobnie, jak w przypadku gazu. Dostępne są zresztą także konstrukcje dwupaliwowe (olej/gaz).

Konstrukcje palników gazowych są bardziej zróżnicowane. **Atmosferyczne** (injektorowe) działają w sposób znany z różnych innych urządzeń: gaz wypływający z dyszy miesza się z powietrzem ze-



4 Kocioł z otwartą (po lewej) i zamkniętą komorą spalania (fot. Chaffoteaux et Maury)

Wskaźniki CO i tlenków azotu stanowią istotny element charakterystyki kotła. W Europie Zachodniej już od kilkudziesięciu lat jest stosowany znak ochrony środowiska „Błękitny Anioł” (niem. Blauer Engel), przysługujący kotłom w których emisja tlenków azotu nie przekracza 80-150, a CO 50-90 mg/kWh. Za najostrożniejsze na świecie uważa się normy Programu Hamburgskiego – tak nazwane, bo na swoim obszarze wprowadziło je miasto Hamburg, szczególnie silnie zanieczyszczone. Spełnianie tych norm odnotowują w opisach kotłów niektórzy producenci. Znak „Błękitnego Anioła” pojawia się coraz częściej na wyrobach polskich. Chodzi, dodajmy, nie tylko o środowisko – o którego ochronę dba człowiek myślący. Im wyższa chemiczna agresywność spalin, tym szybsze zużycie instalacji; a to już dla każdego strata bezpośrednia.

wnętrznym ją otaczającym 3. Od zasady tej odbiegają palniki nadmuchowe (ciśnieniowe), w których dozowane są oba składniki – gaz i powietrze. Umożliwia to precyzyjne dobranie właściwych ich proporcji. Ma to istotne znaczenie. Przy zbyt małej ilości powietrza zwiększa się bowiem w spalinach zawartość produktu niepełnego spalania węgla, czyli tlenku węgla CO, potocznie – czadu. Przy zbyt dużej obniża się ogólna sprawność urządzenia, a ponadto w spalinach wzrasta zawartość tlenków azotu. Powstają one nie z samego spalane go gazu, lecz z powietrza, ogrzanego do bardzo wysokiej temperatury; składa się ono przecież głównie z tlenu i azotu. Stąd też pojawia się tendencja do stosowania palników możliwie niskotemperaturowych. Zastrzeżmy: ta „niska” temperatura to tysiąc stopni Celsjusza.

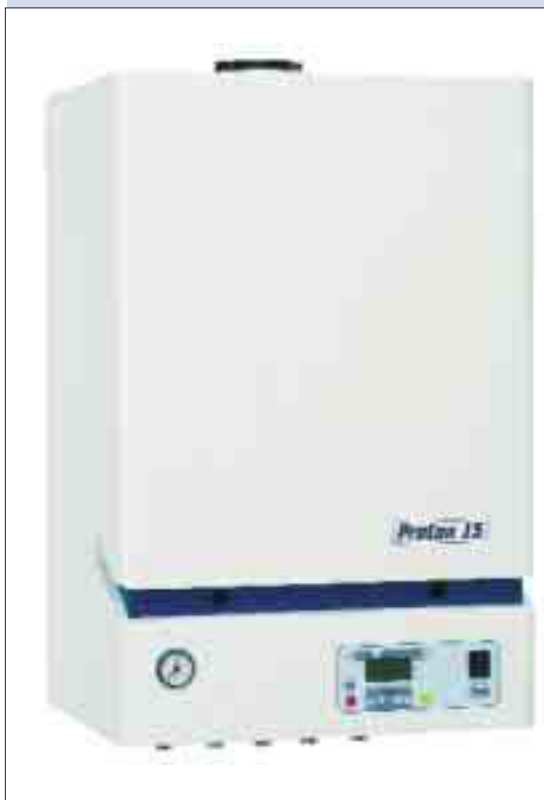
Różne są też sposoby pracy palnika. W tradycyjnym jednostopniowym regulacja intensywności grzania odbywa się na zasadzie ciągłego włączania i wyłączenia płomienia. Ma to liczne wady, m. in. obniża ogólną sprawność urządzenia, przyspiesza jego korozję niskotemperaturową. Dolegliwości te złagodziło wprowadzenie palników dwustopniowych, w których cykle włączania/wyłączenia odbywały się przy płomieniu pełnym lub zmniejszonym, zależnie od aktualnych potrzeb. Obecnie standardem stały się palniki modulacyjne, w których wielkość płomienia można zmieniać w sposób ciągły. W połączeniu z automatyką, o której poniżej, pozwala to płynnie regulować moc kotła w niewiarygodnie dużym zakresie.

Tak czy owak jednak gaz trzeba co jakiś czas zapalać. Tradycyjny mały palnik dyżurny, zwany też świeczką, to już praktycznie przeszłość. Zastąpiła go elektroda zapłonowa, zasilana z sieci lub z baterii, sterowana elektronicznie.

Wydzielona przestrzeń kotła, w której działa palnik, czyli **komora spalania**, może być **otwarta lub zamknięta** 4. Przy tej pierwszej powietrze jest pobierane z pomieszczenia. W miarę postępu spalania muszą napływać kolejne jego ilości. Stawia to wymagania wobec systemu wentylacyjnego. Dopływające powietrze jest przy tym zimne, co powoduje straty energii. Przy zamkniętej komorze spalania powietrze jest zasysane rurą wyprowadzoną na zewnątrz. Współosiowo jest w niej

5 Kocioł o mocy wystarczającej do ogrzania domu jednorodzinnego (tu: Euromaxx) można umieścić w szafce wiszącej (fot. Junkers)





6 Gazowy kocioł kondensacyjny z modulacją palnika od 25 do 100% (fot. EWFE Polonia)

umieszczona druga, odprowadzająca spaliny. Rozwiązanie to ma wiele zalet. Kocioł można postawić w pomieszczeniu małym, bez odpowiedniej wentylacji, a nawet umieścić w szafie 5. Napływające powietrze zostaje wstępnie ogrzane przez spaliny, co poprawia sprawność spalania.

Pewne ograniczenia w stosowaniu zamkniętej komory spalania wynikają z tego, że bez ograniczeń spaliny można wyprowadzać tylko przez dach. Tymczasem producenci kotłów stawiają często wymóg, by prosty przewód powietrze/spaliny był nie dłuższy niż 4-6 m. Przyjmuje się, że każde załamanie zmniejsza tę długość o 1 m. Nie z każdego miejsca domu można więc ten warunek spełnić. Wyprowadzenie przewodu przez ścianę polskie przepisy ograniczają do urządzeń o mocy nie przekraczającej 21 kW. Stąd zdarza się, że po to, by przewód spalinowy można było w ten sposób wyprowadzić, serwisanci firmowi ograniczają moc instalowanych kotłów do tej wartości. Niektórzy wytwórcy oferują modele **long distance**, w których dopuszcza się podwójny przewód kominowy, długości do 60 m.

## Kotły kondensacyjne

Nawet przy najlepszym systemie spalania znaczna część energii uchodziła kominem. Unosił ją jeden z głównych produktów spalania – para wodna, powstająca przez utlenienie wodoru, zawartego w paliwie. Energię tę można odzyskać. Wystarczy skroplić (skondensować) tę parę. Rozwiązanie to zastosowano w kotłach zwanych kondensacyjnymi, inaczej: głębokiego schładzania 6. Spaliny, które w konstrukcjach klasycznych, po podgrzaniu wody grzewczej w wymienniku ciepła, schładzały się do temperatury około 160°C i ulatywały, teraz trafiają na drugi wymiennik, kondensacyjny, zwany ekonomizerem 7. W nim ulegają dalszemu ostudzeniu, do temperatury tzw. punktu rosy (około 59°C dla gazu ziemnego i około 48°C dla oleju opałowego). Odzyskanie w ten sposób ciepła sprawia, że sprawność kotłów, w przypadku urządzeń konwencjonalnych przekraczająca 90%, co i tak jest dużym osiągnięciem, w kondensacyjnych wzrosła do 104-108%.

Mogłoby to sprawić wrażenie, że uzyskuje się więcej ciepła niż zawiera go paliwo; swego rodzaju perpetuum mobile. To, oczywiście, niemożliwe. Rzecz polega na tym, że tradycyjnie sprawność odnoszono do tzw. wartości opałowej, której sposób pomiaru był dobrze dostosowany do najbardziej tradycyjnego paliwa, jakim jest węgiel. Zawiera on niewiele wodoru, w wyniku spalania zatem powstaje niewiele pary wodnej. Uwzględnienie jej skroplenia niewiele by zatem zmieniło. Prze-

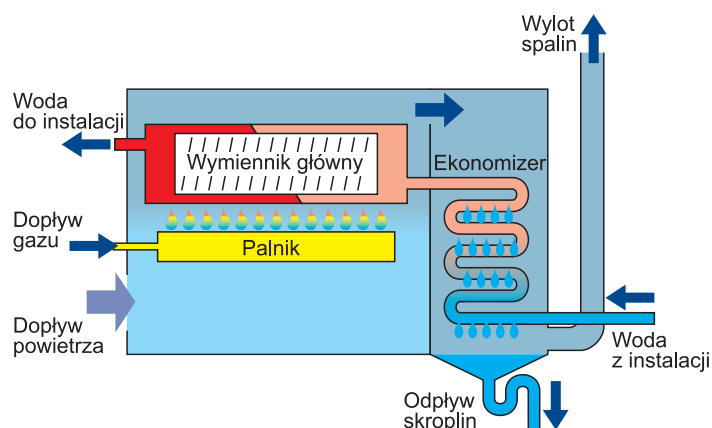
ciwnie dzieje się w paliwach płynnych – stopień odzysku ciepła przez kondensację pary wodnej jest niższy.

Technika kondensacyjna niesie także pewne niedogodności. Sam kocioł i przewód spalinowy muszą odznaczać się szczególną odpornością na skropliny, mające kwaśny odczyn. Niezbyt silny, porównywalny do octu, ale jednak wystarczający do oddziaływania korozyjnego. Trzeba też zapewnić odpływ tych skroplin. W instalacji domowej powstaje ich niedużo, około 20 l na dobę. Tę ilość można bezpiecznie wprowadzić do kanalizacji.

Wysoka wydajność układu grzewczego niewiele byłaby warta bez sprawnego przekazywania ciepła wodzie. Odbywa się ono w wymienniku ciepła. Ten element musi być odporny zarówno na wysoką temperaturę spalin, jak i na odkładanie się

Nie byłoby przekraczających 100% liczb określających sprawność, gdyby odnieść ją nie do standardowej wartości opałowej, tylko do tzw. ciepła spalania, określającego całkowitą energię zawartą w paliwie. Tak postąpiono np. w Holandii. Zapowiadano przejście na ten system także w innych krajach. Napotyka to jednak opór producentów, dla których oznacza to odejście od imponującej prezentacji osiągnięć. Tak więc zapoznając się z parametrami kotła trzeba się upewnić, czy sprawność jest podawana w systemie tradycyjnym czy nowym.

## 7 Zasada działania kotła kondensacyjnego



kamienia kotłowego. Jednym z interesujących rozwiązań materiałowych jest zastosowanie miedzi pokrytej żaroodpornym teflonem. W kotłach nas interesujących najczęściej spotyka się tzw. **wymiennik wodnorurkowy**: gorące spaliny omywają układ rurek, którymi przepływa woda. Spotyka się też np. labiryntowo-półkowy, przypominający chłodnicę samochodową. Oryginalne wysokosprawne rozwiązanie zastosowała firma Viessmann 8.

Nieodłączną konstrukcyjną część nowoczesnych kotłów grzewczych stanowią urządzenia, które w układach tradycyjnych stanowiły element instalacji: **naczynie wzbiorcze**, przejmujące zmiany objętości wody (spowodowane choćby rozszerzaniem się pod wpływem ciepła) oraz pompa obiegowa, wymuszająca przepływ wody w instalacji c.o.

### Cechy użytkowe

W budownictwie mieszkalnym najpowszechniej stosuje się tzw. kotły niskotemperaturowe. To określenie odnosi się do temperatury wody je opuszczającej – nie przekracza ona 100°C, a z reguły bywa znacznie niższa, nawet poniżej 40°C. Zależy to od rodzaju instalacji grzewczej. Nie ma nic wspólnego z wyżej wspomnianymi palnikami niskotemperaturowymi.

Ciepła woda jest potrzebna w domu nie tylko do ogrzewania, lecz także do mycia, zmywania itd. Każda z nich ma wprawdzie spełniać inne wymagania, ale obie trzeba podgrzać. Stąd pojawiła się koncepcja, by źródłem ich obu uczynić jedno urządzenie, zasilające dwa oddzielne obiegi. Takie kotły dwufunkcyjne nazywano **dwufunkcyjnymi** 9. Należą do najbardziej ekonomicznych źródeł ciepła w domu, zwłaszcza przy niezbyt dużym zapotrzebowaniu na wodę użytkową. Jedną z ich zalet stanowi złagodzenie rozpiętości w wykorzystaniu mocy urządzenia w sezonie grzewczym i poza nim (co ma, przypomnijmy, znaczenie m. in. dla trwałości kotła).

Przy większej liczbie domowników korzystniejszym rozwiązaniem może się okazać kocioł **jednofunkcyjny z zasobnikiem ciepłej wody**. Zasobnik taki zresztą może także z powodzeniem współpracować z kotłem dwufunkcyjnym. Gromadzenie w nim wody wiąże się wprawdzie z pewnymi stratami energii, nieuniknionymi mimo coraz doskonalszego izolowa-



8 Przekrój wymiennika Inox-Radial: spaliny przepływają wąskimi szczelinami między przewodami wodnymi o przekroju prostokątnym; element kulisty w środku to siatka palnika Matrix, na której następuje katalityczne dopalenie gazu

nia cieplnego. Ciepłą wodę jednak uzyskuje się natychmiast. Co więcej, coraz powszechniej stosuje się zasilanie warstwowe. Polega ono na tym, że wodę gorącą doprowadza się i pobiera z górnej części kotła, ewentualne ubytki zaś wyrównuje wodą zimną doprowadzaną do części dolnej, bez wymieszania warstw - .

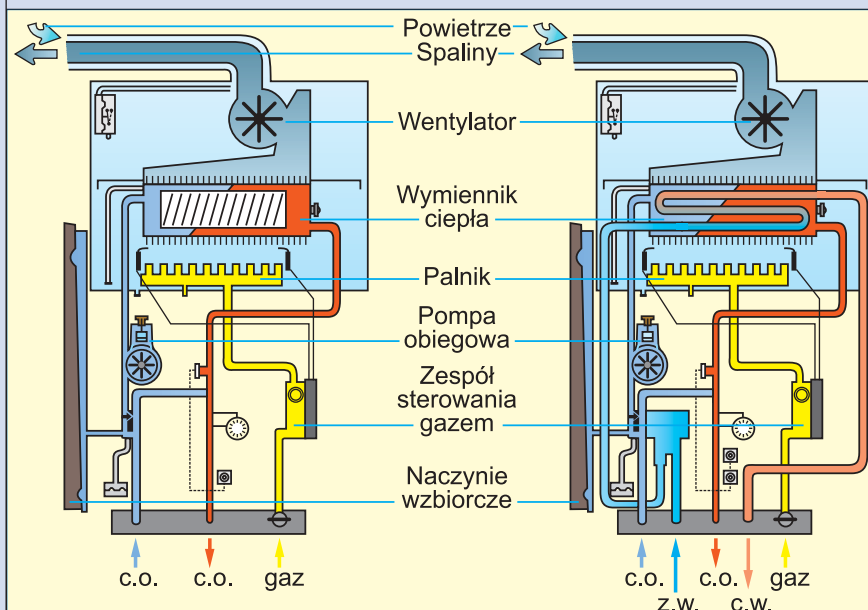
Istotnym parametrem kotła jest **moc**. Zapotrzebowanie na nią, jeśli chodzi

o funkcję grzewczą, zależy od wielkości domu i jego izolacyjności. Orientacyjnie można podać, że przy standardowej wysokości pomieszczeń 2,5 m, na 1 m<sup>2</sup> domu poprawnie ocieplonego potrzeba około 70 W. Na ogół się przyjmuje, że wraz z funkcją ogrzewania wody użytkowej wymagania przeciętnego domu jednorodzinnego zaspokaja kocioł o mocy 23-26 kW. Dla domu nieocieplonego zapotrzebowanie może być nawet półtorakrotnie większe. Odpowiednich obliczeń powinien dokonać projektant, uwzględniając strefę klimatyczną.

Ta moc teoretyczna zostanie w pełni wykorzystana zaledwie przez kilkanaście dni. Przez ponad 90% sezonu kocioł pracuje pod niepełnym obciążeniem – szacuje się, że w naszych warunkach jego moc jest wykorzystywana w 43%. Lepiej więc wybrać kocioł nieco mniejszy, o mocy nawet o 10% niższej, i podczas silnych mrozów mieszkanie dogrzewać w inny sposób lub – przecierpieć.

Dla komfortu, ekonomiczności i bezpieczeństwa codziennego korzystania z kotła zasadnicze znaczenie ma **automatyka**, w którą są wyposażane współczesne urządzenia.

Podstawowy i najprostszy układ sterujący to **czujnik temperatury** zainstalowany w pomieszczeniu i regulujący pracę kotła tak, by utrzymać stałą zadaną tem-



9 Schematy kotłów: jednofunkcyjnego (z lewej) i dwufunkcyjnego, dla większej czytelności bez opisu licznych urządzeń kontrolnych i sterujących; na zespół sterowania gazem składają się automatyczny zawór elektromagnetyczny oraz zapalnik indukcyjny, połączony z elektrodami – zapalającą i kontroli płomienia

peraturę. Nieunikniona jednak bezwładność cieplna całego systemu powoduje, że reakcja może być spóźniona. Z drugiej strony na pracę kotła mogą wpływać czynniki przypadkowe, jak na przykład otwarcie okna w pobliżu czujnika. Toteż układy bardziej wyrafinowane są wyposażone w tzw. **automatykę pogodową**: do układu sterowania kotłem trafiają także dane z czujnika umieszczonego na zewnątrz, a odpowiednio zaprogramowany mikroprocesor na podstawie wszystkich informacji ustala najlepszy sposób grzania, m. in. korygując jego parametry z wyprzedzeniem, jeżeli następują zmiany temperatury zewnętrznej.

Zapotrzebowanie na ciepło bywa różne w różnych częściach doby i w dniach tygodnia. Ich uwzględnieniu służą **programatory**, w niektórych kotłach pozwalające nastawiać po dwa włączenia i wyłączenia na dobę, różne dla każdego dnia tygodnia. Dość powszechnie np. ustawia się na dni powszednie przełączenie o szóstej rano z niższej temperatury, nocnej na dzienną i ponowne jej obniżenie o dziewiątej, kiedy wszyscy już są poza domem, po czym ponowne podwyższenie o drugiej po południu, by domownicy wracający z pracy czy ze szkoły wchodzili do cie-

płego mieszkania; w soboty i niedziele na temperaturę dzienną przestawia się tylko raz, nieco później.

Nastawiać też można temperaturę wody użytkowej w przypadku kotłów dwufunkcyjnych. Jedna z firm oferuje do tego celu zdalny pilot z możliwością zaprogramowania czterech temperatur. W połączeniu z nowej generacji wymiennikami ciepła oraz szybkim systemem zapłonu elektronicznego, układ zapewnia natychmiastowe uzyskiwanie w punktach czerpania wody o temperaturze stałej, wahającej się w przedziale  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Innym ciekawym rozwiązaniem firmowym (dotyczy to kotłów Junkersa) jest przełącznik trybu przygotowania ciepłej wody użytkowej z komfortowego (ciepła woda o nastawionej temperaturze jest do dyspozycji natychmiast) na oszczędny (z opóźnieniem, ale bez marnotrawnego utrzymywania gotowości kotła).

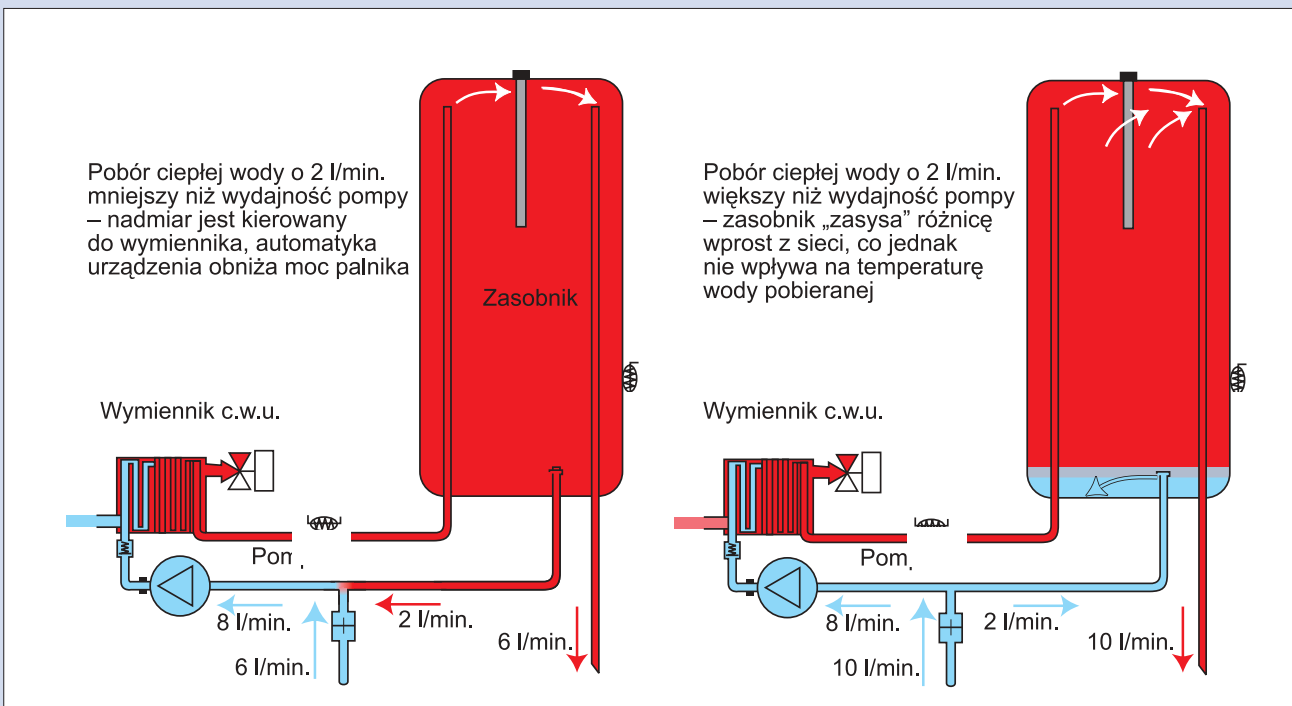
Oddzielną grupę elementów automatyki stanowią różnego rodzaju **zabezpieczenia**: przed wypływem gazu w przypadku braku płomienia, przed zanikiem ciągu w kominie i cofaniem się spalin do pomieszczenia, przed przegrzaniem wody i wiele innych.

Swoistym uzupełnieniem automatyki są różnego rodzaju wskaźniki, informujące o stanie urządzenia i o ewentualnych defektach jego pracy. Miewają postać zespołu diod lub – coraz częściej – wyświetlaczy ciekłokrystalicznych.

Na koniec należałoby jeszcze wspomnieć o mniej może istotnych funkcjonalnie, ale ważnych zabiegach konstrukcyjnych, mających urządzenie czynić przyjaznym dla użytkownika.

Jedna ich grupa odnosi się do instalacji i serwisu. Z reguły mamy do czynienia z czytelnym układem połączeń, z łatwym dostępem od czoła, a bywają rozwiązania, w których całe urządzenie można rozebrać na części bez korzystania z jakichkolwiek narzędzi – dzięki systemowi tzw. szybkozłączek.

Druga grupa to stylistyka, do której przywiązuje się ogromną wagę. Nowoczesne kotły są po prostu eleganckie, tak że nie tylko nie psują wystroju np. kuchni, w której można wieszac je między szafkami, ale wręcz nie będą raziły jako element wystroju salonu – co jest całkiem do pomysłenia w przypadku urządzeń z zamkniętą komorą spalania, o wyciszonej pracy palnika i wytłumionych wibracjach.



– Schemat działania zasobnikiem ciepłej wody, współpracującego z kotłem Isomax firmy Saunier-Duval, ładowanym techniką warstwową (wytwórca używa nazwy mikroakumulacja); dzięki niej, przy pojemności użytkowej 42 l, można przez 21 minut wodę o temperaturze  $60^\circ\text{C}$  pobierać z szybkością 10 l/min., co po wymieszaniu z wodą zimną daje 320 l wody o temperaturze  $40^\circ\text{C}$