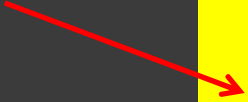


TEORIA SPALANIA

Współczynnik nadmiaru powietrza

lambda


$$\lambda = \frac{L}{L_t}$$

L – ilość powietrza rzeczywiście dostarczanego

L_t – ilość powietrza potrzebna do spalenia paliwa

Rodzaje mieszanki

- mieszanka bogata

$$\lambda < 1$$

- mieszanka stechiometryczna

$$\lambda = 1$$

- mieszanka uboga

$$\lambda > 1$$

Współczynnik nadmiaru powietrza

- silniki ZI

$$\lambda = 1,3 \quad (0,4-1,4)$$

- silniki ZS

$$\lambda = 1,15-1,17$$

- silniki doładowane

$$\lambda > 2$$

Parametry gazów spalinowych

a) temperatura spalania

- $T_s = 1900-2300 \text{ K}$ – w silnikach ZS
- $T_s = 2500-2800 \text{ K}$ – w silnikach ZI

b) ciśnienie spalania

- $p_s = 3-6 \text{ MPa}$ – w silnikach ZI
- $p_s = 5-9 \text{ MPa}$ – w wolnossących silnikach ZS
- p_s do 12 MPa – w doładowanych silnikach ZS

PRZEBIEG SPALANIA W SILNIKACH ZI

Rodzaje mieszanek

a) jednorodna (homogeniczna)

- w całej komorze spalania skład $\lambda=1$

b) uwarstwiona

- skład $\lambda=1$ tylko w pobliżu świecy zapłonowej
- średni skład $\lambda=1,3$

Etapy procesu spalania

a) Etap wstępny (spalanie utajone)

- chemiczne opóźnienie zapłonu mieszanki
- tworzenie się początkowego ogniska spalania

b) Etap właściwego spalania

- czoło płomienia rozprzestrzenia się
- bardzo szybko wywiązuje się ciepło
- gwałtowny wzrost ciśnienia

c) Etap dopalania

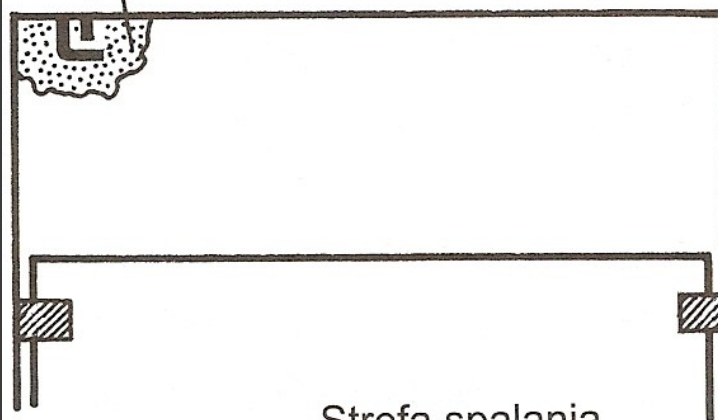
- do zakończenia wydzielania się ciepła
- dopalanie się resztek mieszanki

SPALANIE STUKOWE I ZAPŁON ŻAROWY

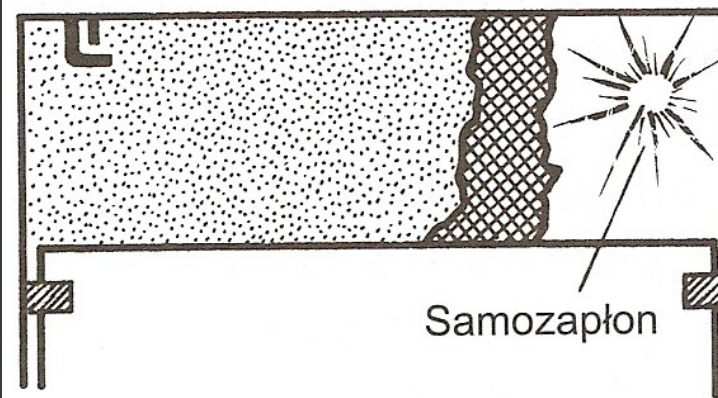
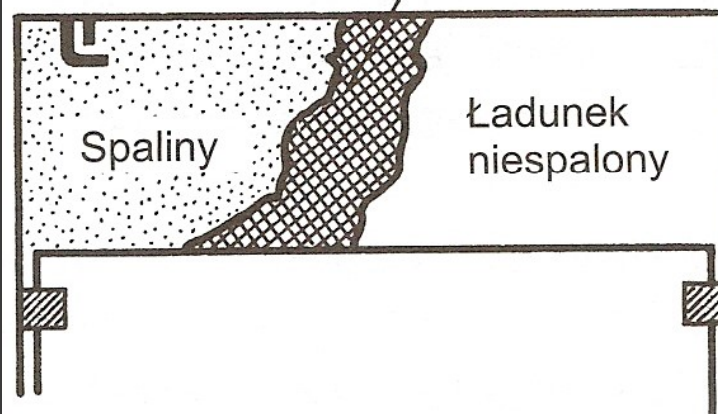
Spalanie stukowe

- a) graniczna temperatura samozapłonu 750°C
- b) początkowa prędkość rozprzestrzeniania się płomienia 20-40 m/s
- c) prędkość rozprzestrzeniania się płomienia po samozapłonie 1000 m/s

Zapłon



Strefa spalania



Samozapłon

Spalanie stukowe

- ◎ graniczna temperatura samozapłonu 750°C
- ◎ początkowa prędkość rozprzestrzeniania się płomienia 20-40 m/s
- ◎ prędkość rozprzestrzeniania się płomienia po samozapłonie 1000 m/s

Skutki spalania stukowego

- a) znaczne zmniejszenie mocy silnika
- b) zwiększenie zużycie paliwa
- c) zwiększenie nierównomierności pracy silnika
(pulsacja ciśnienia)
- d) nadmierne obciążenie mechaniczne elementów układu korbowego
- e) przegrzewanie się elementów silnika
(uszkodzenia termiczne denka tłoka, zaworów)
- f) wystąpienie zapłonu żarowego

Zapłon żarowy (powierzchniowy)

- a) zbyt wysoka temperatura w cylindrze
- b) zanieczyszczenie wnętrza komory spalania nagarem
- c) nieprawidłowo dobrana świeca zapłonowa

Skutki zapłonu żarowego

- a) wcześniejszy początek spalania
- b) występują co najmniej dwa poruszające się fronty płomieni
- c) ciśnienie gazów w komorze rośnie szybciej i może osiągnąć maksimum przed GMP
- d) gwałtownie wzrasta temperatura denka tłoka

UKŁADY ZASILANIA SILNIKÓW ZI

Zadania układu zasilania

- a) odmierzanie odpowiednich dawek paliwa
- b) uzyskanie odpowiedniego składu mieszanki paliwa z powietrzem
- c) dostarczenie mieszanki do komory spalania

Rodzaje układów zasilania ZI

a) gaźnikowe

- sterowane mechanicznie
- sterowane elektronicznie

b) wtryskowe

- z wtryskiem pośrednim
 - jednopunktowy
 - wielopunktowy
- z wtryskiem bezpośrednim

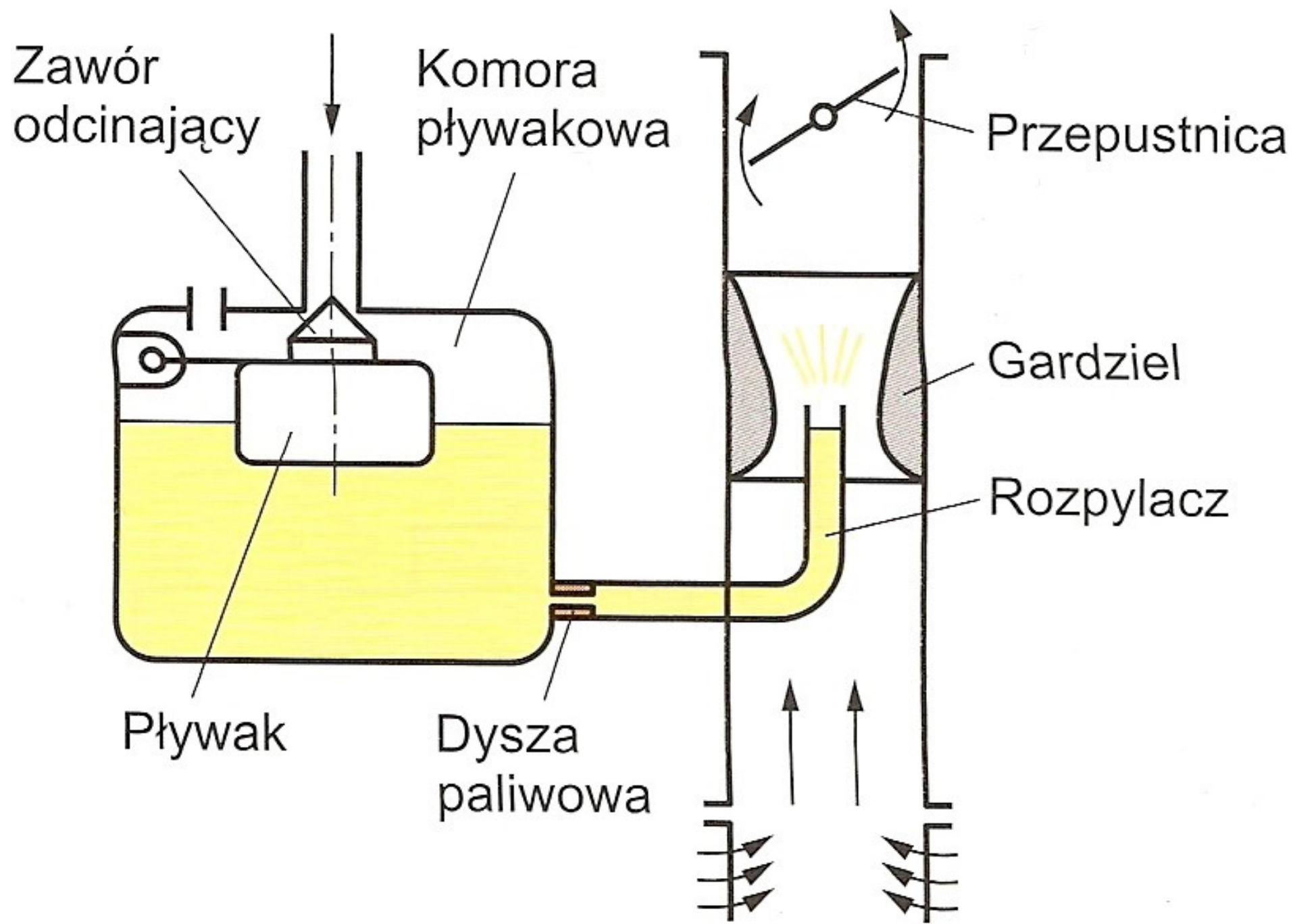
GAŹNIKOWY UKŁAD ZASILANIA

Zadania gaźnika

- a) wytwarza mieszankę o odpowiednim składzie
- b) reguluje moc silnika (ilość mieszanki dopływającej do silnika)
- c) wytwarza możliwie jednorodną mieszankę

Budowa gaźnika elementarnego

- a) komora płynkowa, płynak i zawór odcinający
- b) dysza i rozpylacz paliwa
- c) gardziel
- d) przepustnica



Dodatkowe układy korygujące

- a) rozruchowy
- b) biegu jałowego
- c) kompensacyjny (wyrównujący)
- d) wzbogacający
- e) pompy przyspieszenia

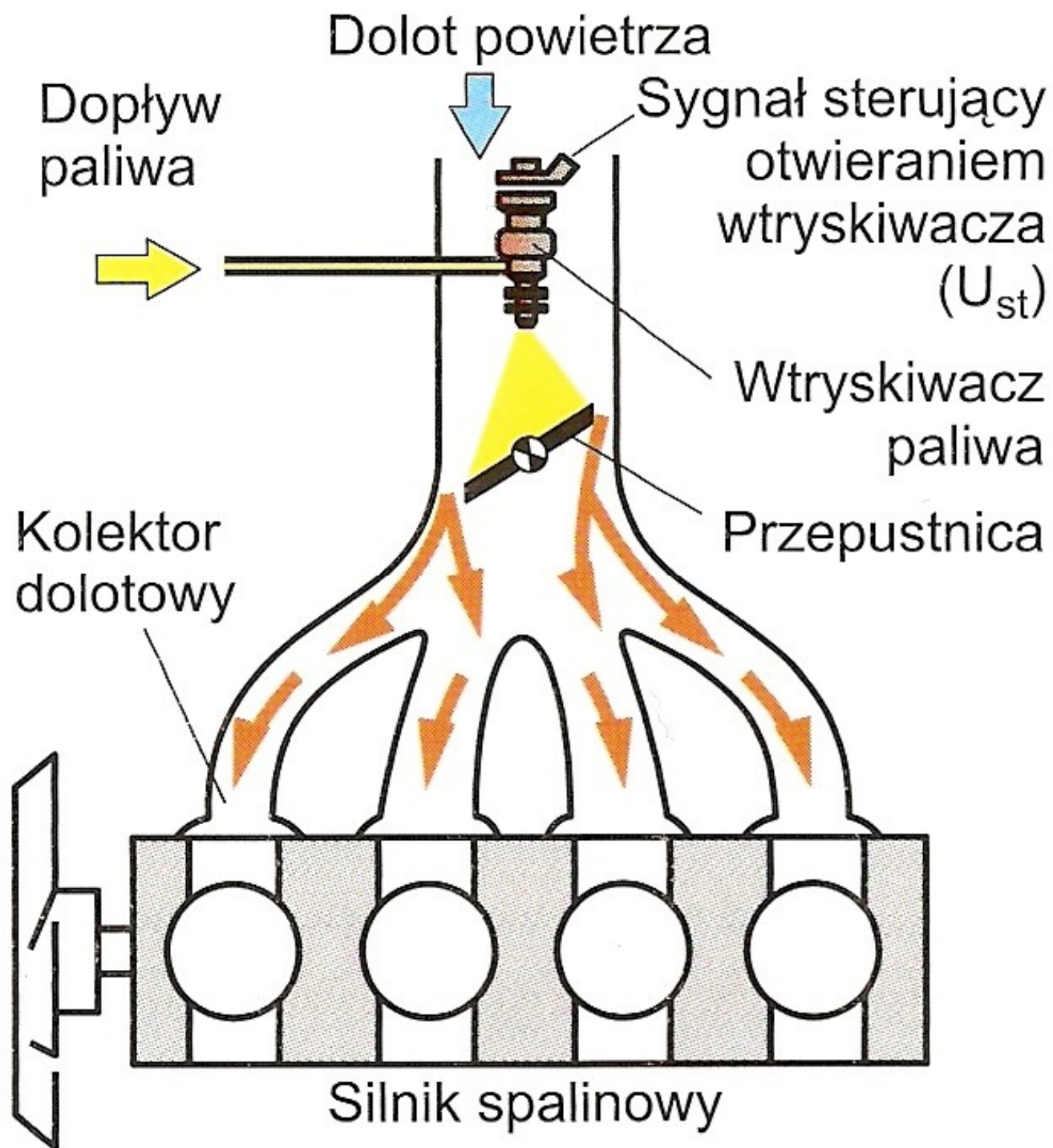
Rodzaje gaźników

- a) opadowe – dolnossące
- b) pionowe – górnossące
- c) poziome – bocznossące
- d) pochylone

**JEDNOPUNKTOWY
WTRYSK POŚREDNI**

Jednopunktowy wtrysk pośredni

- w miejsce gaźnika (przed przepustnicą) wstawiono jeden wtryskiwacz



Parametry korekcyjne układu sterowania

- a) temperatura cieczy chłodzącej
- b) temperatura powietrza dolotowego

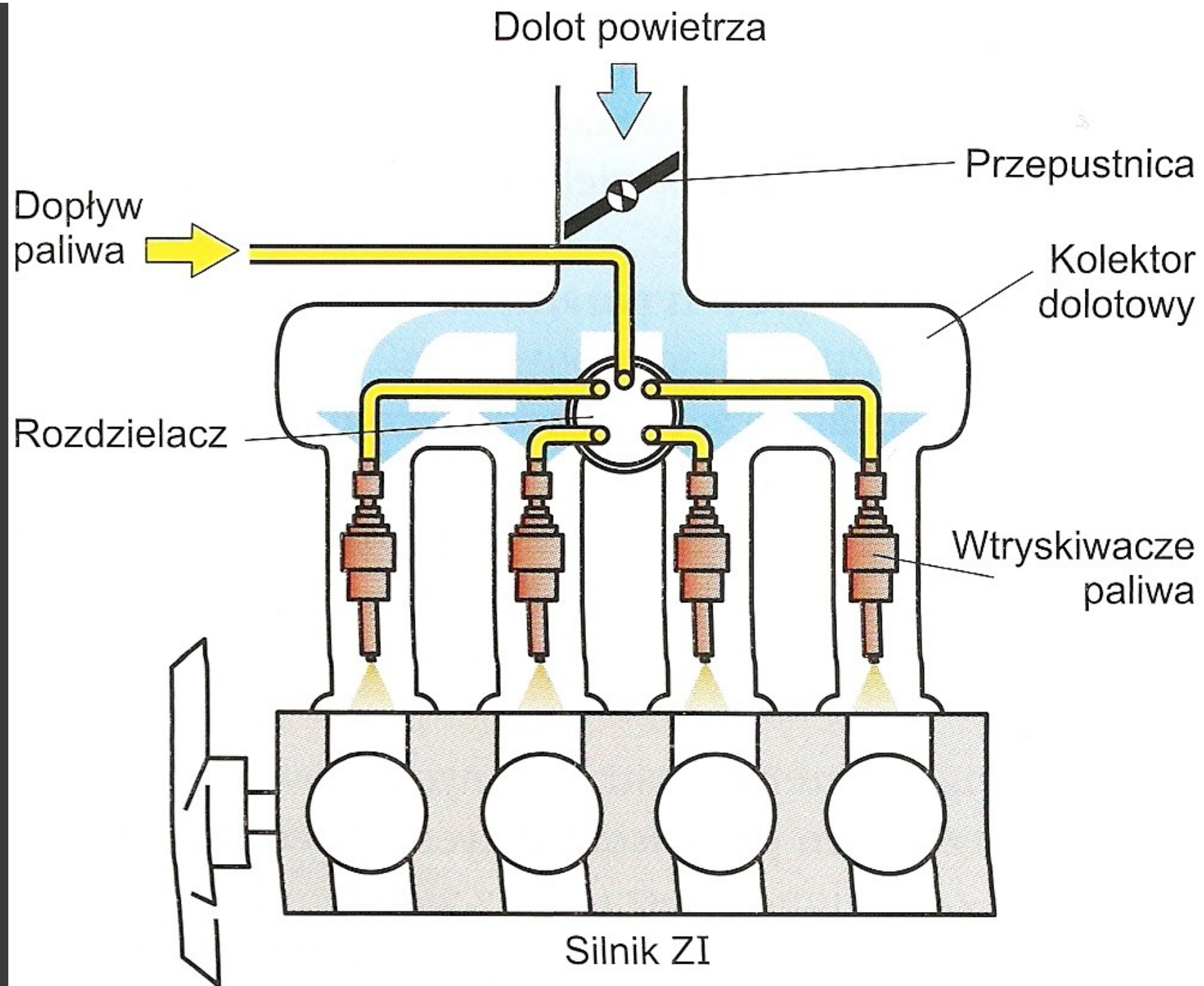
Wady wtrysku jednopunktowego

- a) skład mieszanki zależy od chwilowych warunków w kolektorze dolotowym
- b) brak możliwości sterowania odparowaniem i skraplaniem paliwa
- c) nierównomierny rozdział ładunku do poszczególnych cylindrów
- d) niejednakowy skład mieszanki dostarczanej do cylindrów

**WIELOPUNKTOWY
WTRYSK POŚREDNI**

Wielopunktowy wtrysk pośredni

- w każdym króćcu kolektora dolotowego (przed zaworami) wstawiono wtryskiwacze
- po jednym wtryskiwaczu na cylinder



Sposoby sterowania wtryskiem

a) mechaniczne

- K-Jetronic

b) mechaniczno-elektroniczne

- KE-Jetronic

c) elektroniczne

- D-Jetronic
- L-Jetronic
- LE-Jetronic
- LH-Jetronic

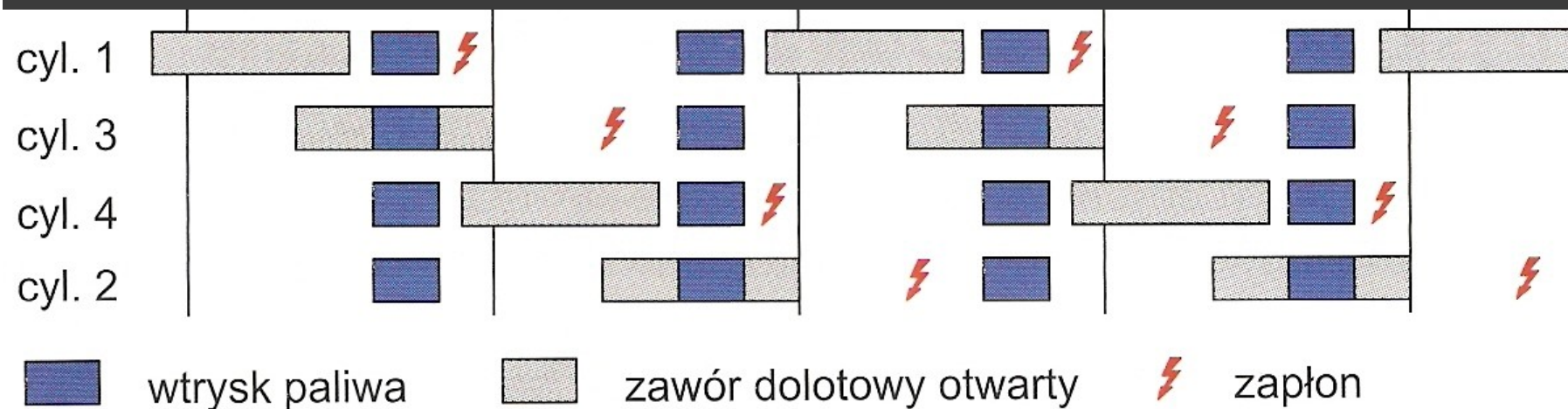
Wady wtrysków sterowanych mechanicznie

- a) zbyt mała dokładność sterowania dawką paliwa
- b) mniejsze napełnienie cylindrów
 - częściowe odparowanie paliwa w kanałach dolotowych (wypieranie ładunku powietrza)

Rodzaje wtrysku sterowanego elektronicznie

a) wtrysk jednoczesny

- dawka podzielona na dwie części
- wtrysk co jeden obrót wału korbowego
- stały początek wtrysku
- różny czas na odparowanie paliwa



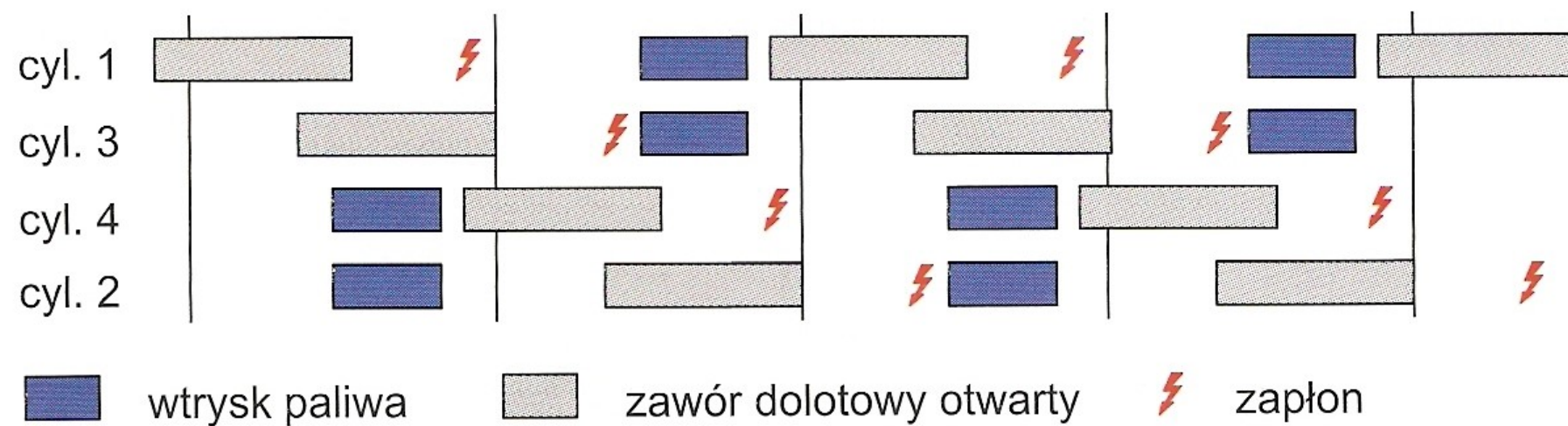
Rodzaje wtrysku sterowanego elektronicznie

a) wtrysk jednoczesny

- dawka podzielona na dwie części
- wtrysk co jeden obrót wału korbowego
- stały początek wtrysku
- różny czas na odparowanie paliwa

b) wtrysk grupowy

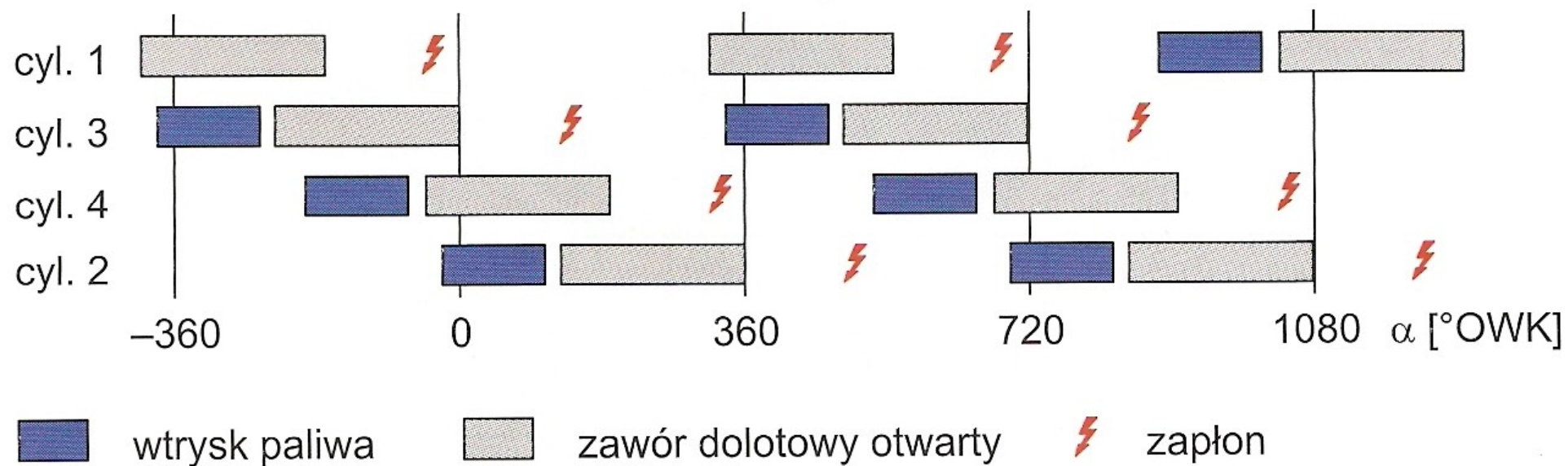
- zawory podzielone na dwie grupy
- cała dawka wtryskiwana na przemian co jeden obrót wału korbowego
- możliwość wyboru chwili wtrysku



Rodzaje wtrysku sterowanego elektronicznie

c) wtrysk sekwencyjny

- wtrysk osobno do każdego cylindra w kolejności zapłonu
- jednakowy początek i czas wtrysku dla każdego cylindra
- dowolnie programowany początek wtrysku
- taki sam czas na odparowanie paliwa dla każdego cylindra



Rodzaje wtrysku sterowanego elektronicznie

c) wtrysk sekwencyjny

- wtrysk osobno do każdego cylindra w kolejności zapłonu
- jednakowy początek i czas wtrysku dla każdego cylindra
- dowolnie programowany początek wtrysku
- taki sam czas na odparowanie paliwa dla każdego cylindra

d) wtrysk indywidualny

- czas wtrysku regulowany niezależnie dla każdego wtryskiwacza

Zalety wtrysku sterowanego elektronicznie

- a) szybka zmiana dawki paliwa w zależności od parametrów pracy silnika
- b) duża dokładność jednakowego składu mieszanki w każdym cylindrze
- c) duża powtarzalność współczynnika napełnienia cylindrów
- d) mniejsza emisja NO_x
- e) lepsza sprawność ogólna silnika
- f) większa moc silnika

WTRYSK BEZPOŚREDNI

Wtrysk bezpośredni

- wtryskiwacze wtryskują paliwo bezpośrednio do komory spalania
- po jednym wtryskiwaczu na cylinder

Przykładowe oznaczenia

◎ GDI

- Mitsubishi

◎ IDE

- Renault

◎ HPI

- grupa PSA (Peugeot, Citroen)

◎ FSI

- grupa VAG (Volkswagen, Audi, Skoda, Seat)

Przykładowe oznaczenia

- ◎ CGI

- Mercedes-Benz

- ◎ SCI

- Ford

- ◎ D4

- Toyota

Recyrkulacja
spalin

Dolot powietrza

Przepustnica

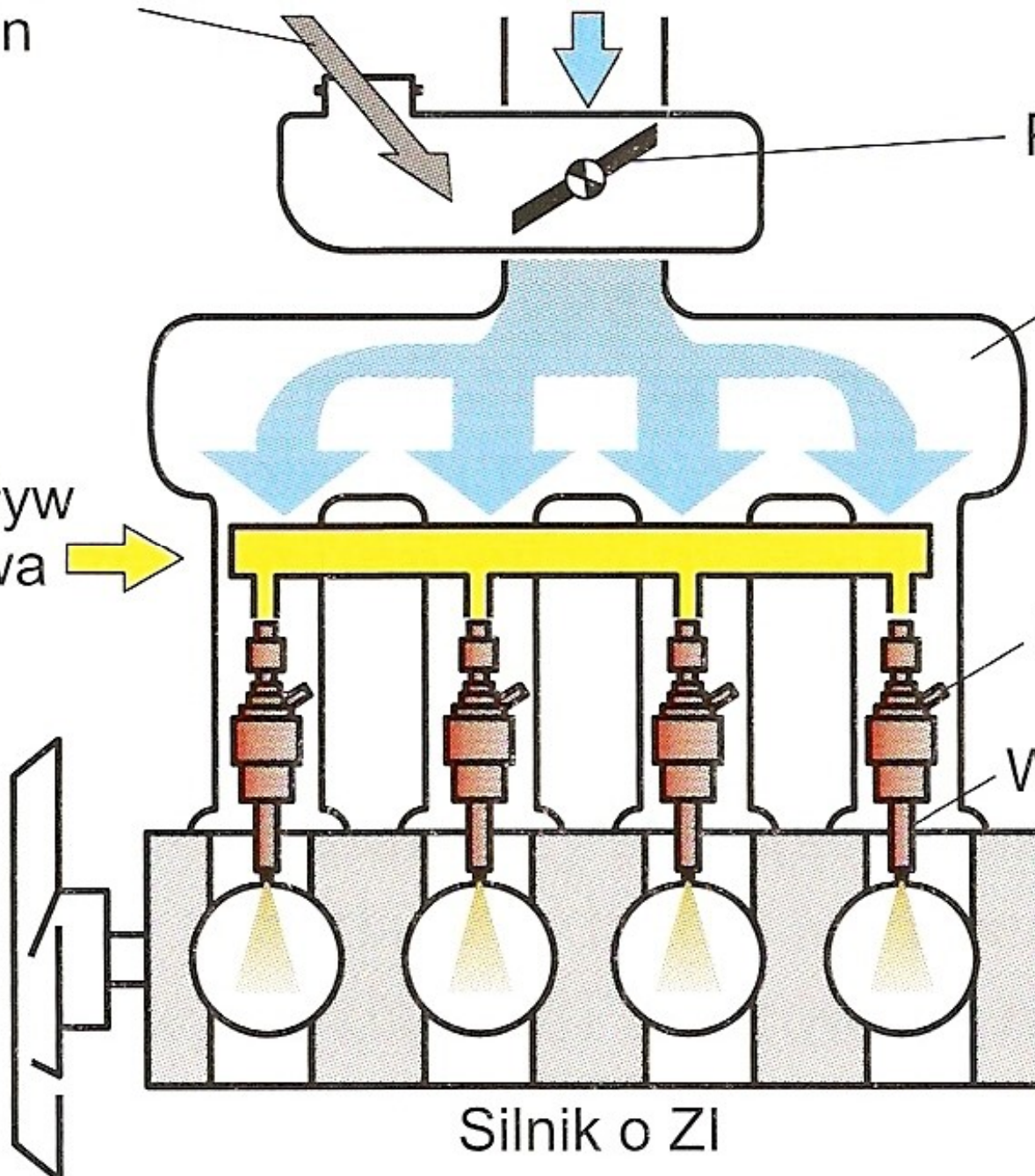
Kolektor
dolotowy

Dopływ
paliwa

U_{st}

Wtryskiwacze
paliwa

Silnik o ZI



Budowa układu

a) część niskociśnieniowa (0,3-0,6 MPa)

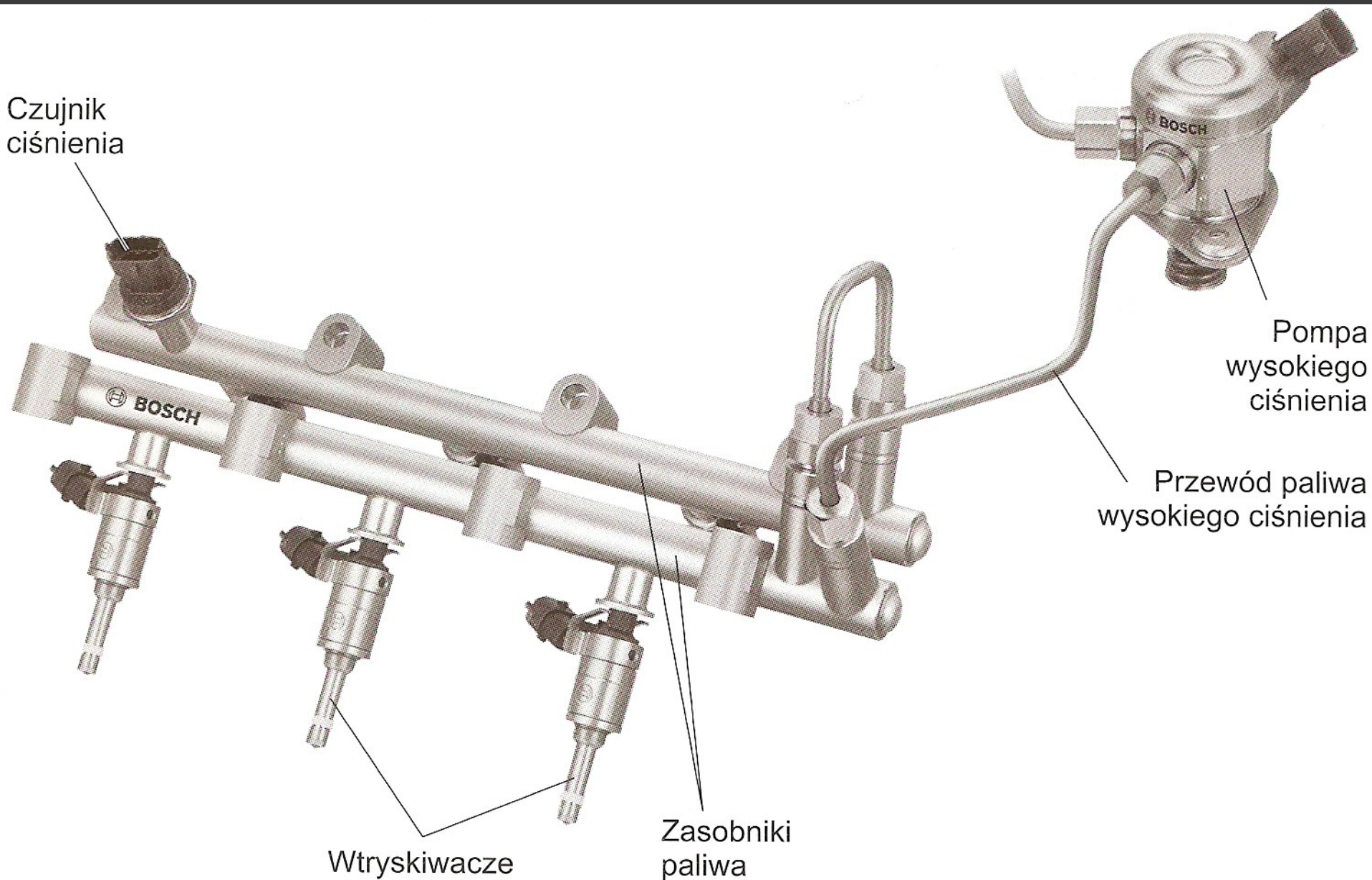
- zbiornik paliwa
- pompa zasilająca
- filtr paliwa
- regulator niskiego ciśnienia
- czujnik niskiego ciśnienia

Budowa układu

b) część wysokociśnieniowa (5-12 MPa)

- pompa wysokiego ciśnienia
- zawór regulacyjny wysokiego ciśnienia
- zasobnik paliwa
- wtryskiwacze paliwa
- czujnik wysokiego ciśnienia
- nadciśnieniowy zawór bezpieczeństwa

Czujnik
ciśnienia



Pompa
wysokiego
ciśnienia

Przewód paliwa
wysokiego ciśnienia

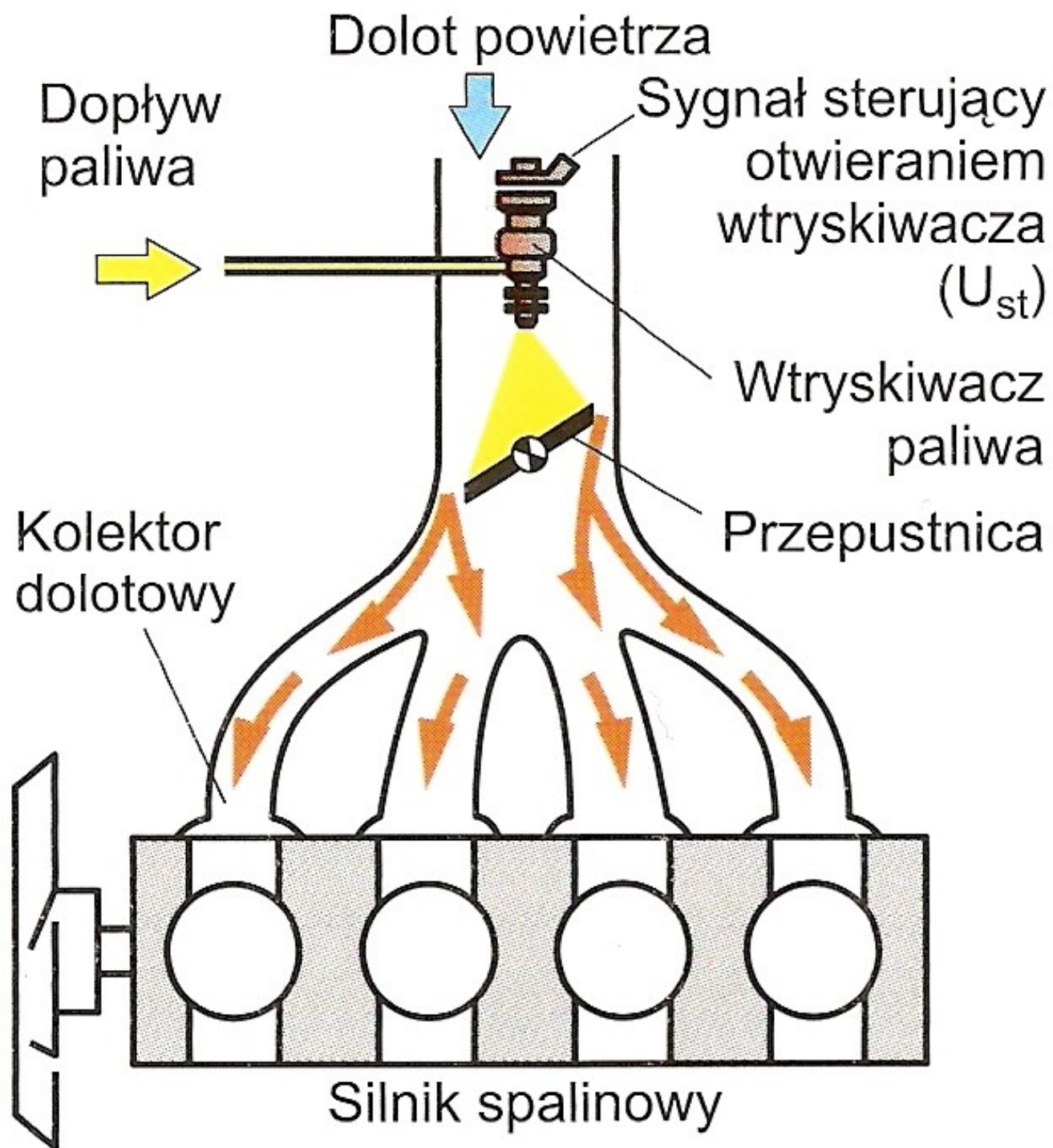
Wtryskiwacze

Zasobniki
paliwa

Porównanie typów wtrysku

a) wtrysk pośredni jednopunktowy

- jeden wtryskiwacz przed przepustnicą



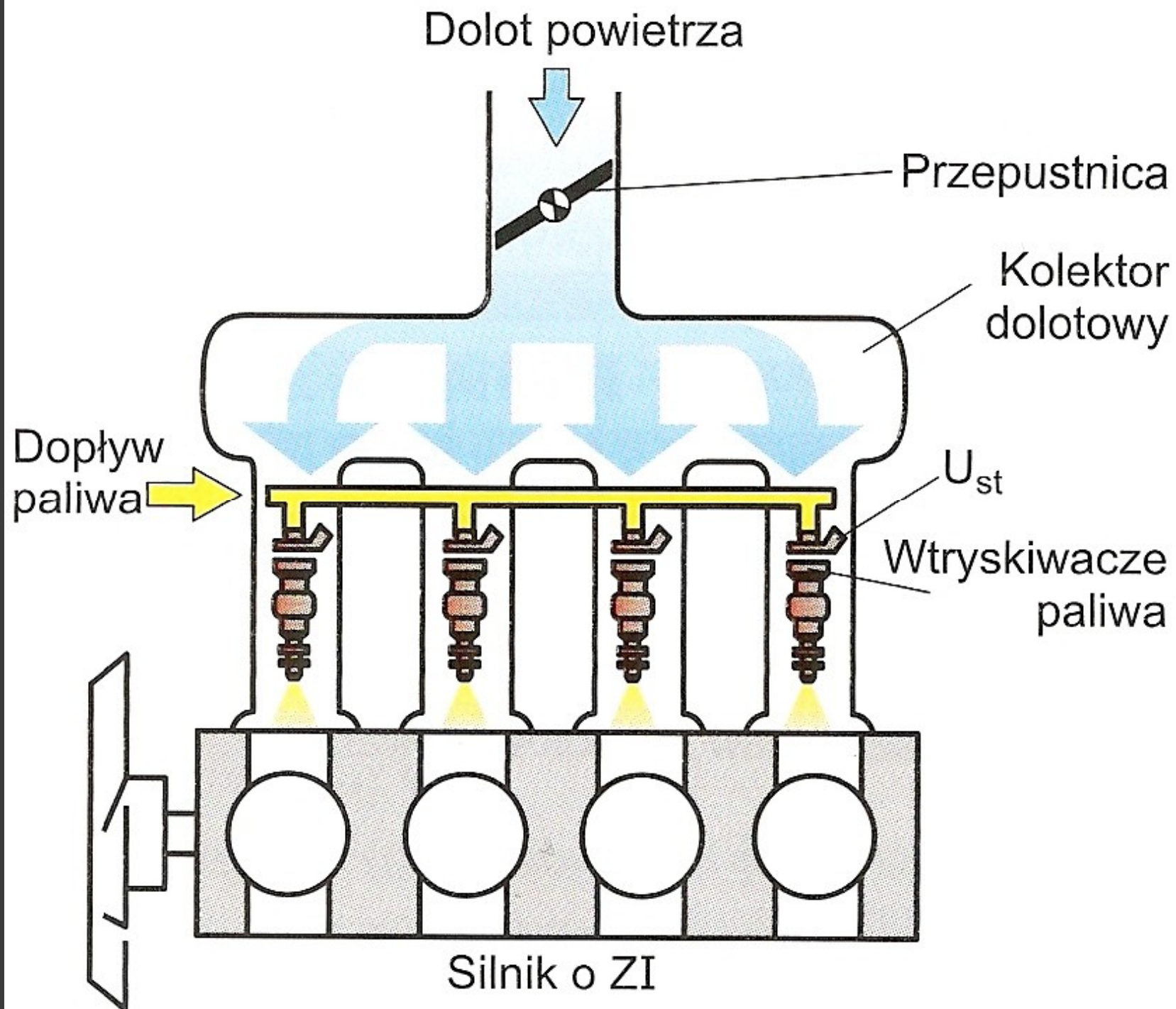
Porównanie typów wtrysku

a) wtrysk pośredni jednopunktowy

- jeden wtryskiwacz przed przepustnicą

b) wtrysk pośredni wielopunktowy

- tyle wtryskiwaczy, ile cylindrów
- wtrysk do kolektora dolotowego – przed zaworami



Porównanie typów wtrysku

a) wtrysk pośredni jednopunktowy

- jeden wtryskiwacz przed przepustnicą

b) wtrysk pośredni wielopunktowy

- tyle wtryskiwaczy, ile cylindrów
- wtrysk do kolektora dolotowego – przed zaworami

c) wtrysk bezpośredni

- tyle wtryskiwaczy, ile cylindrów
- wtrysk bezpośrednio do komory spalania

Recyrkulacja
spalin

Dolot powietrza

Przepustnica

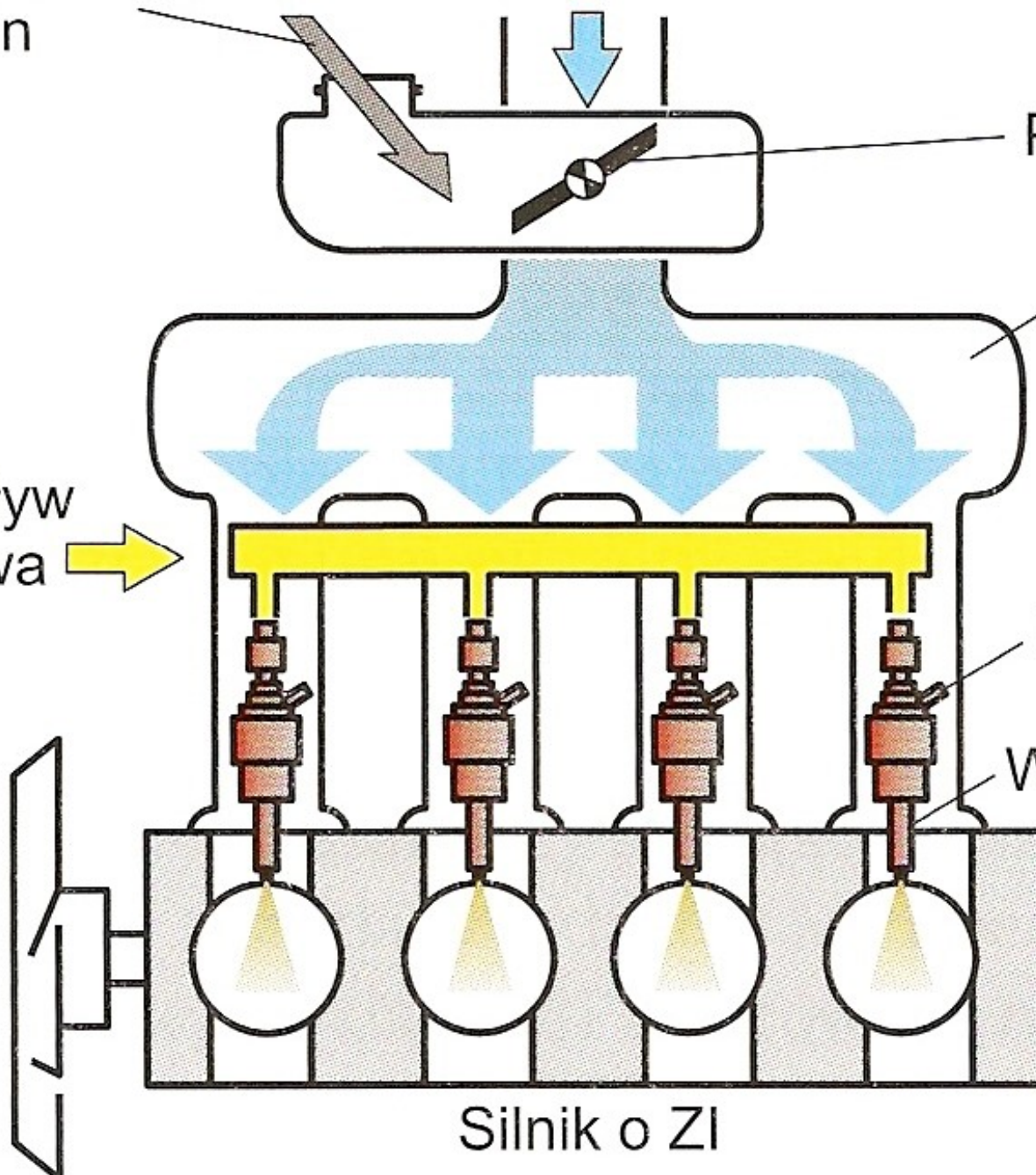
Kolektor
dolotowy

Dopływ
paliwa

U_{st}

Wtryskiwacze
paliwa

Silnik o ZI

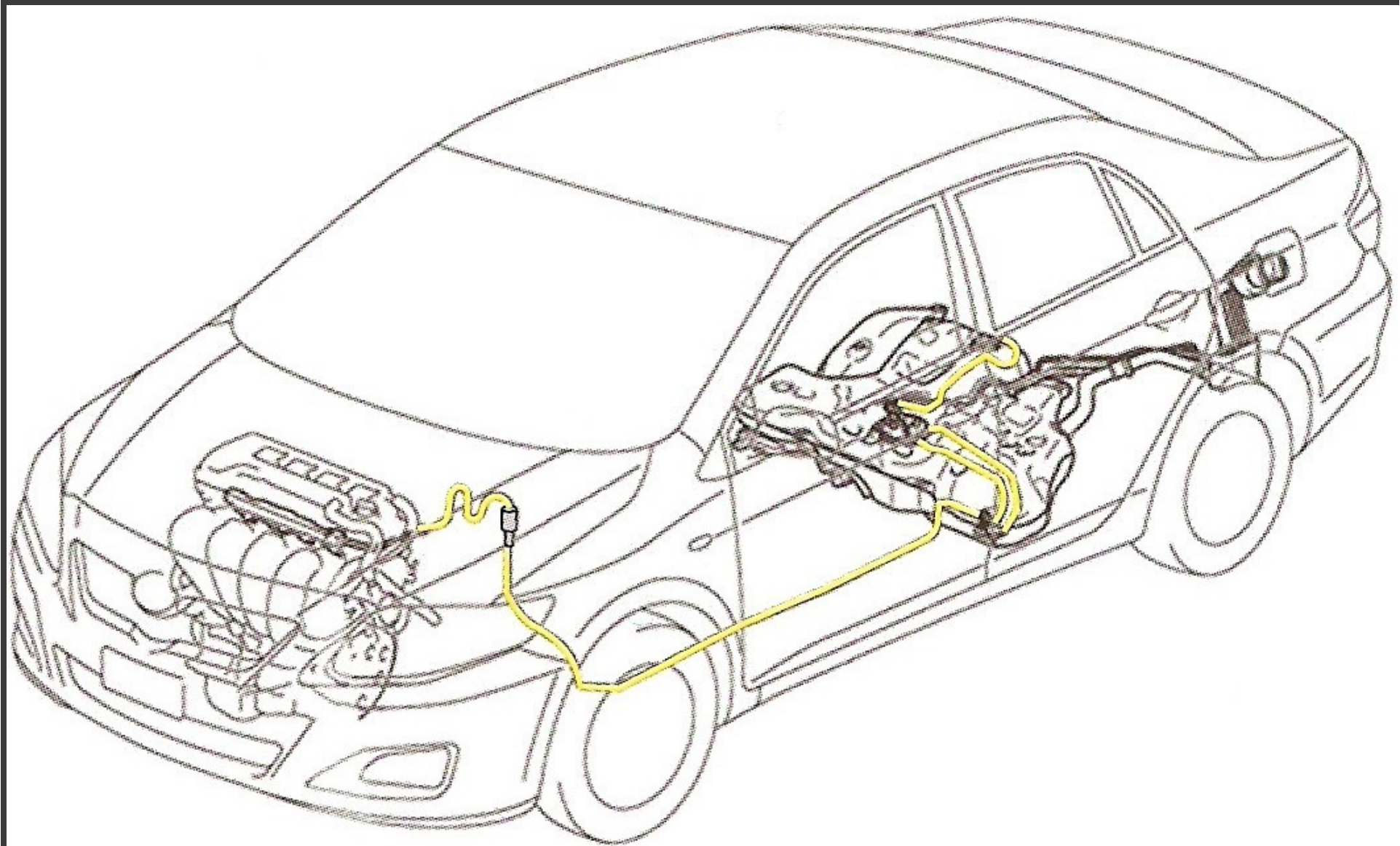


ELEMENTY UKŁADU ZASILANIA SILNIKÓW ZI

Zbiornik paliwa

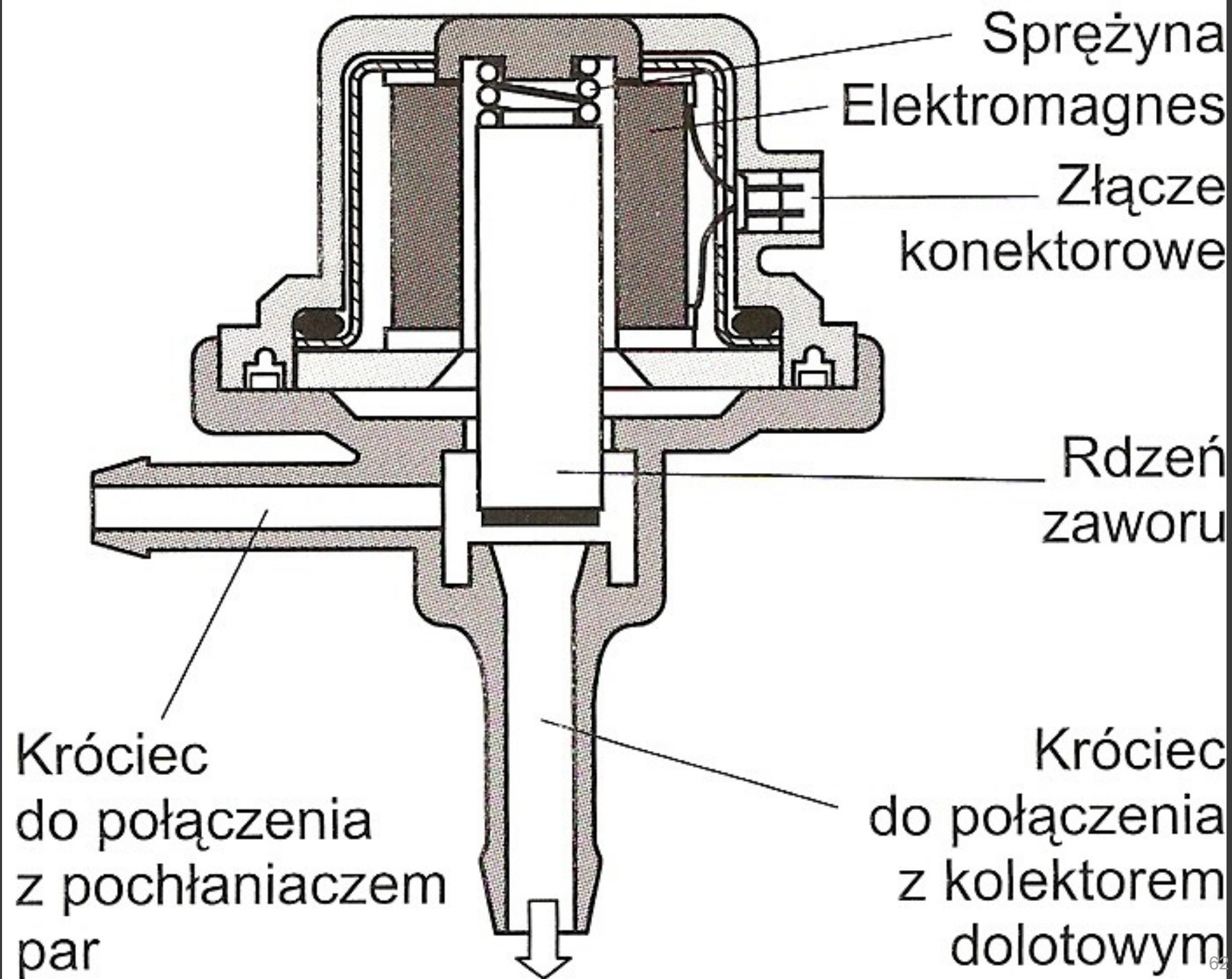
Cechy zbiornika paliwa

- a) odporny na korozję
- b) szczelny
- c) bezpieczny



Zabezpieczenia zbiornika paliwa

a) elektrozawór – odcina przepływ par paliwa

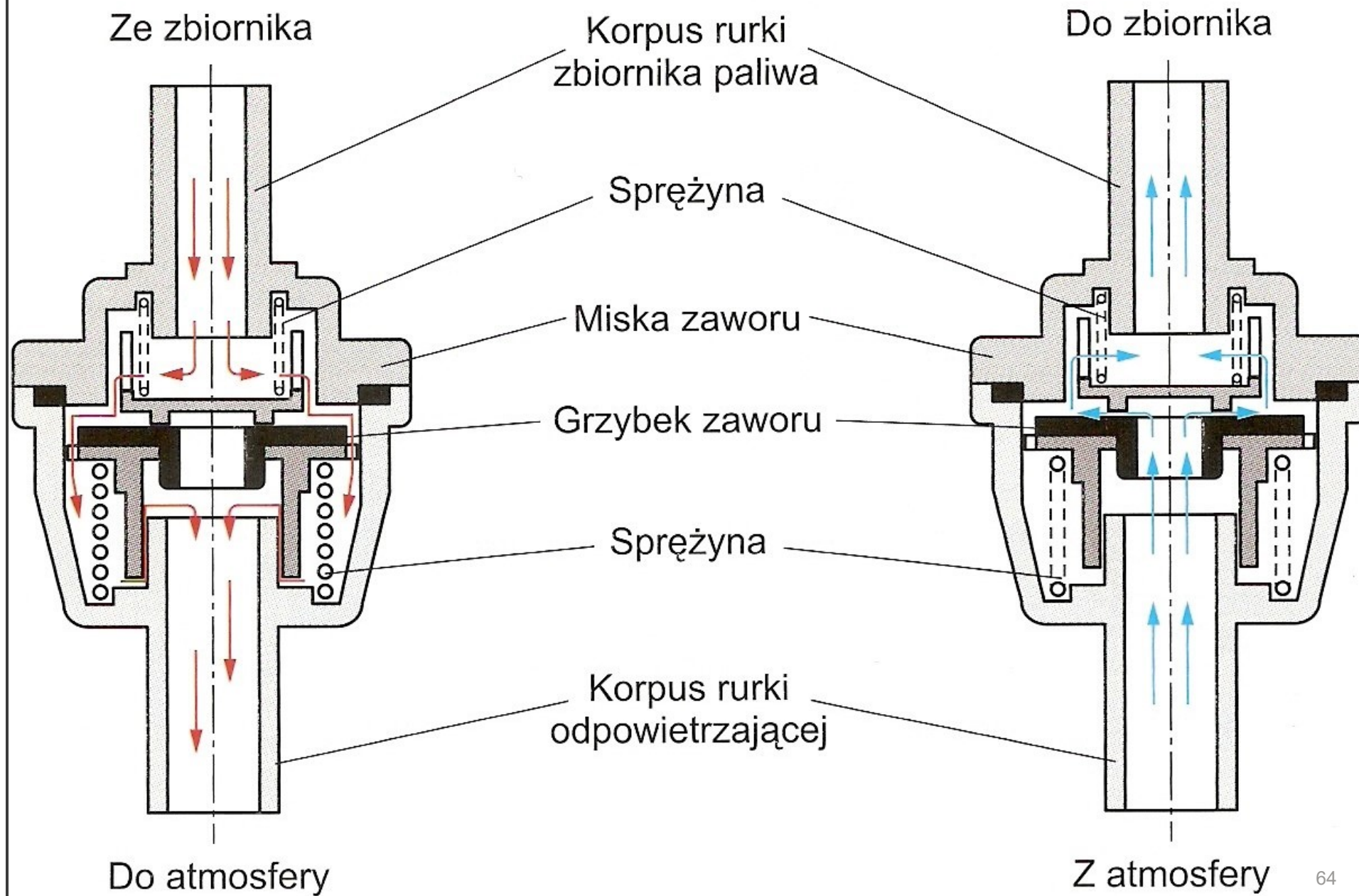


Zabezpieczenia zbiornika paliwa

- a) elektrozawór – odcina przepływ par paliwa
- b) zawór bezpieczeństwa – zmniejsza ciśnienie
- c) zawór przewietrzania – napowietrza wnętrze

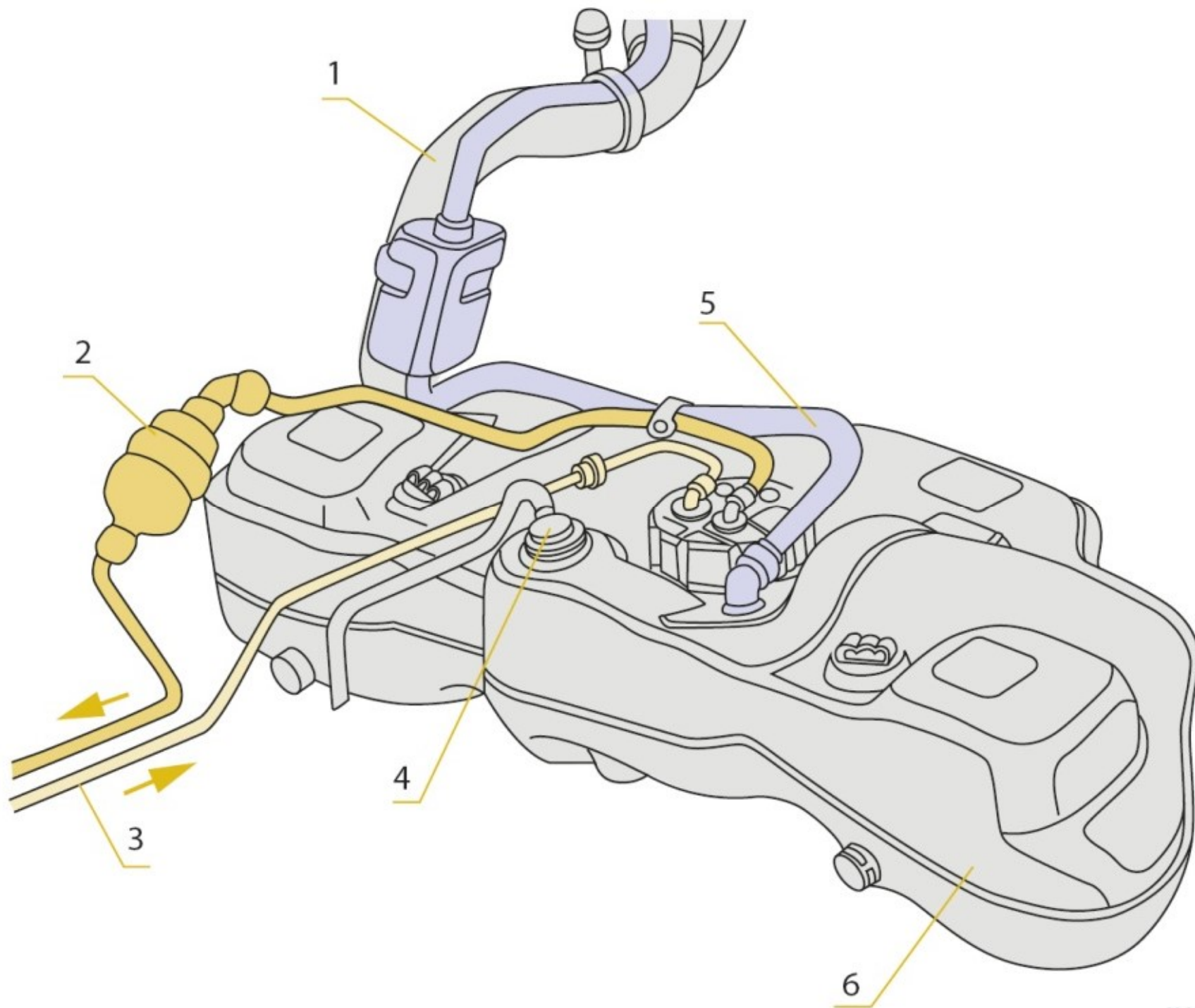
Otwarcie
ciśnienie 13–16,5 kPa

Otwarcie
podciśnienie 2 kPa



Zabezpieczenia zbiornika paliwa

- a) elektrozawór – odcina przepływ par paliwa
- b) zawór bezpieczeństwa – zmniejsza ciśnienie
- c) zawór przewietrzania – napowietrza wnętrze
- d) zawór pływakowy – zamyka wypływ paliwa w przypadku dachowania pojazdu

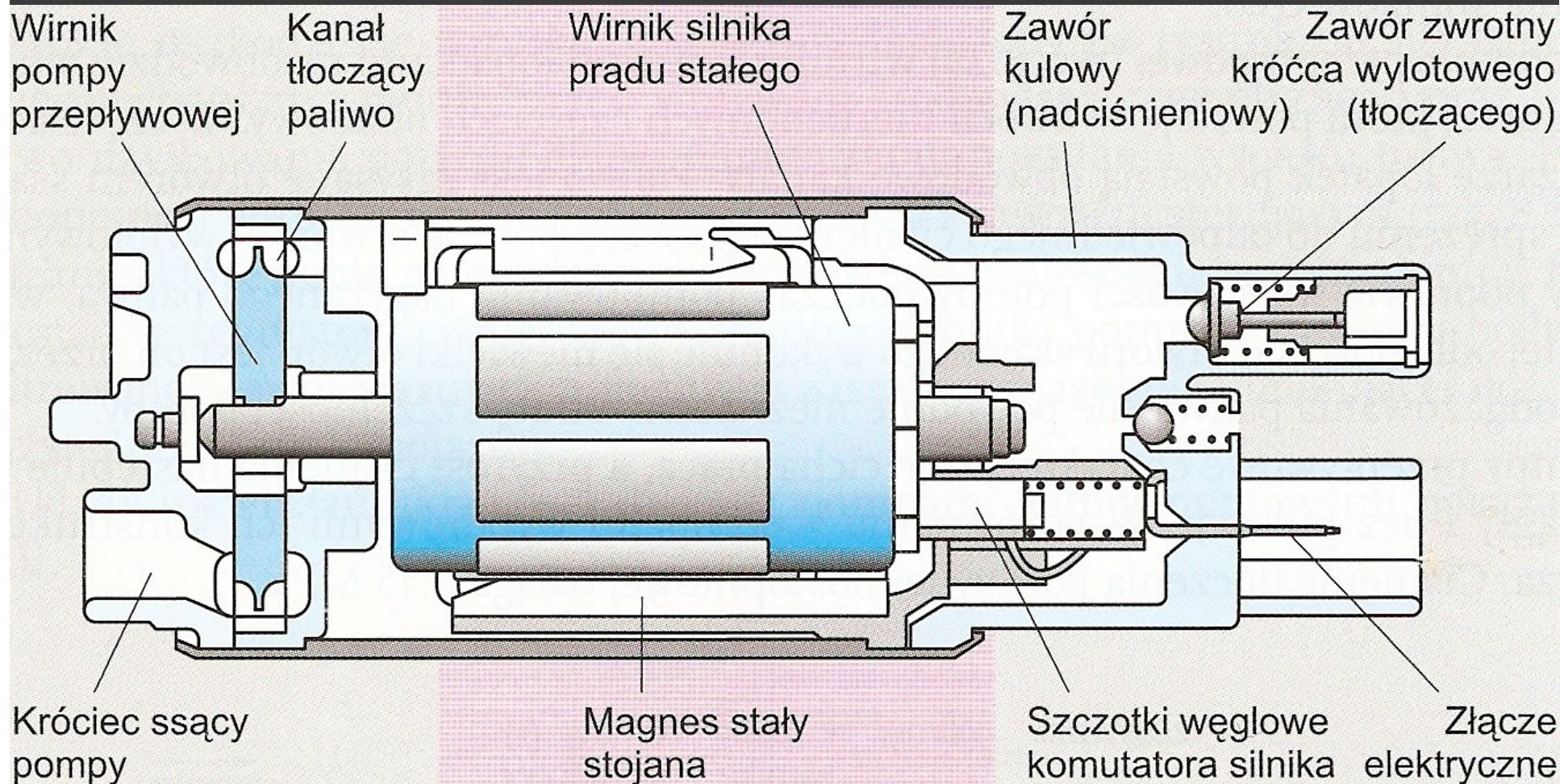


Pompa zasilająca

Budowa pompy zasilającej

- a) sekcja tłocząca
- b) silnik elektryczny
- c) pokrywa z przyłączami

Budowa pompy zasilającej



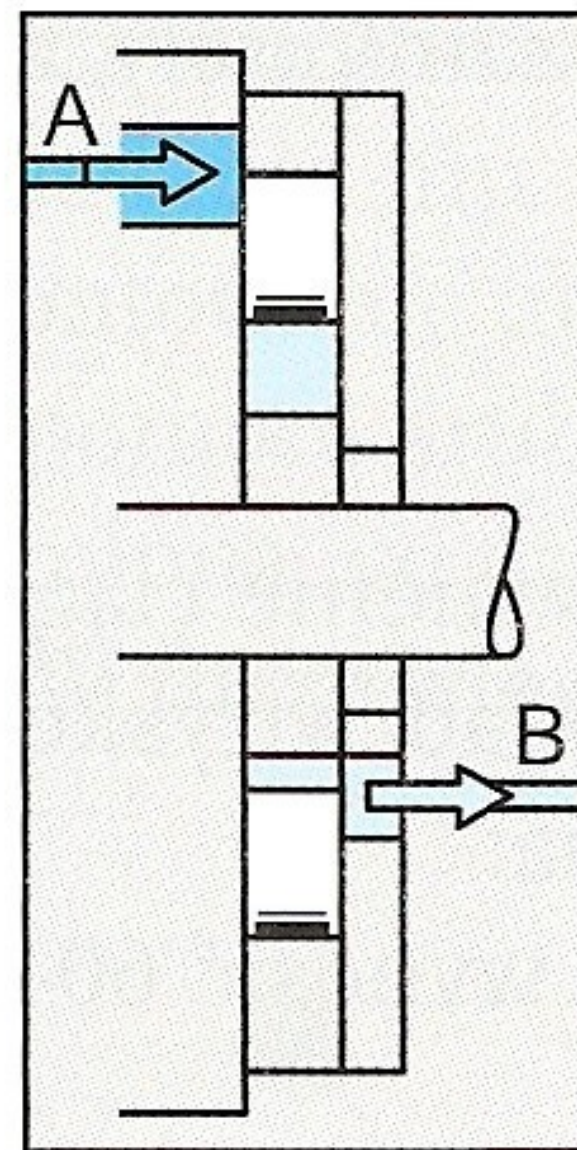
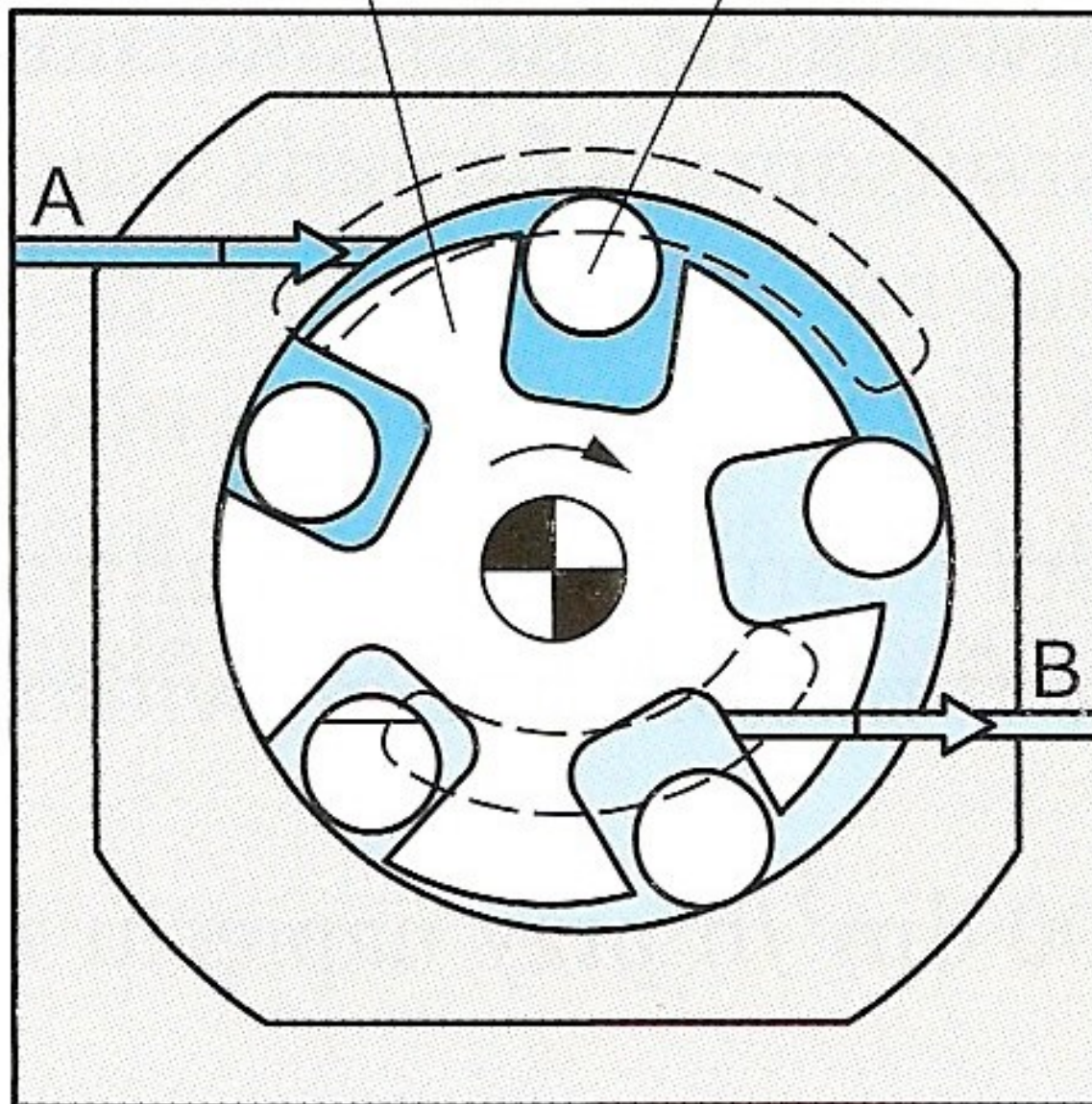
Rodzaje pomp zasilających

a) wyporowe

- rolkowo-komorowe

Tarcza
żłobkowna

Rolki



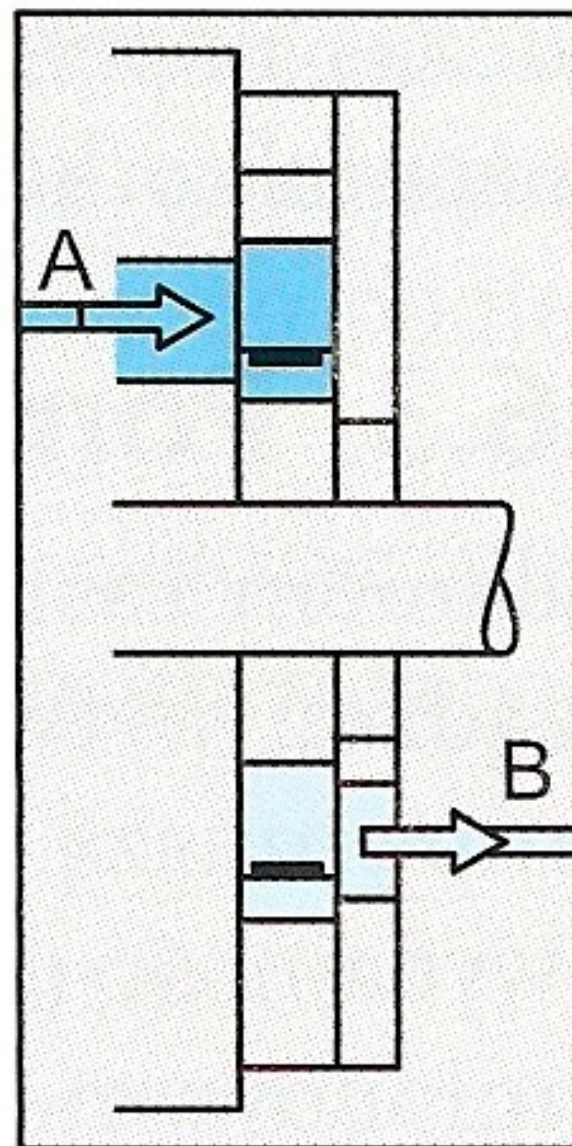
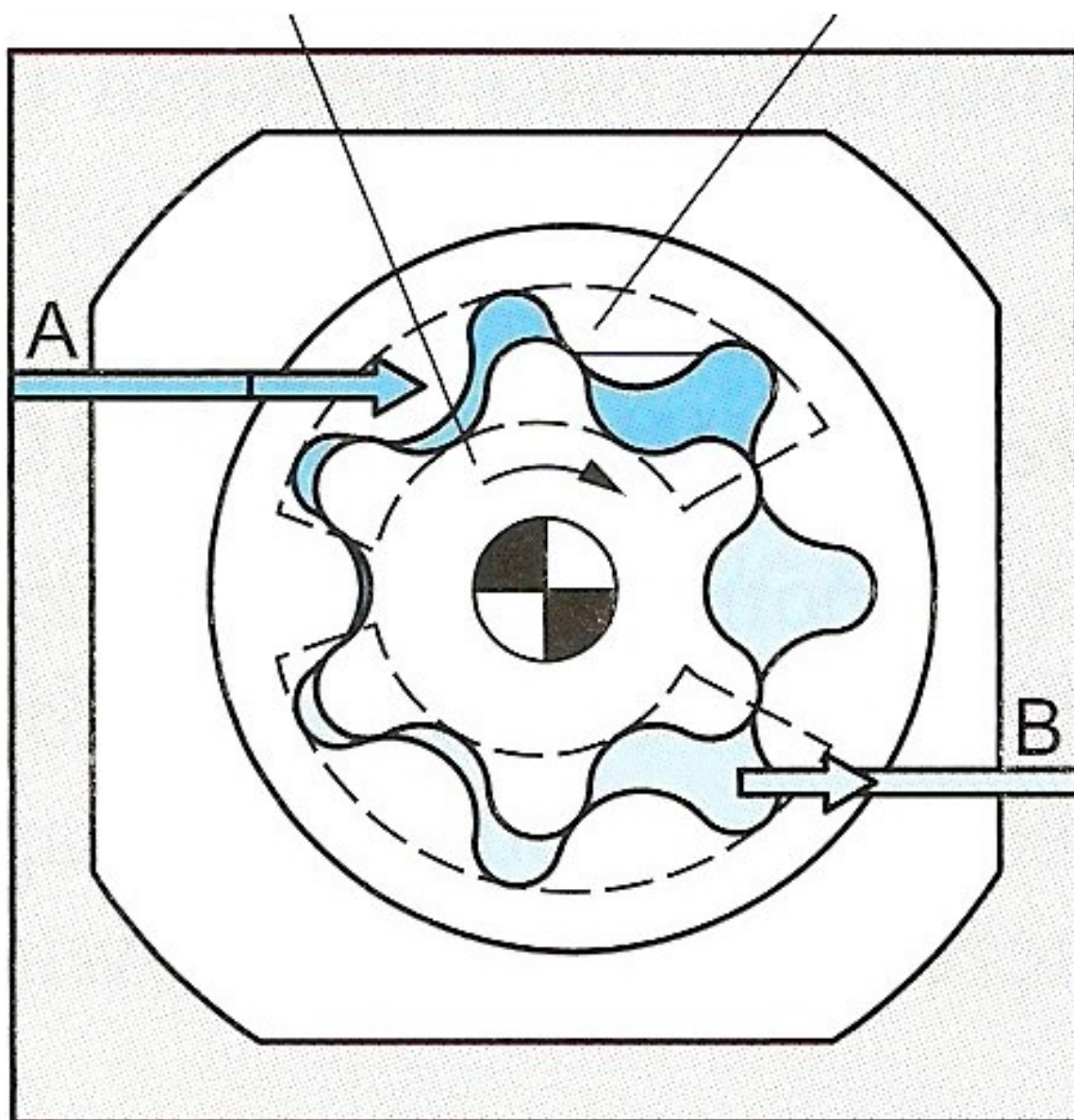
Rodzaje pomp zasilających

a) wyporowe

- rolkowo-komorowe
- zębate o zazębieniu wewnętrznym

Wirnik
wewnętrzny

Wirnik zewnętrzny
(mimośrodowy)



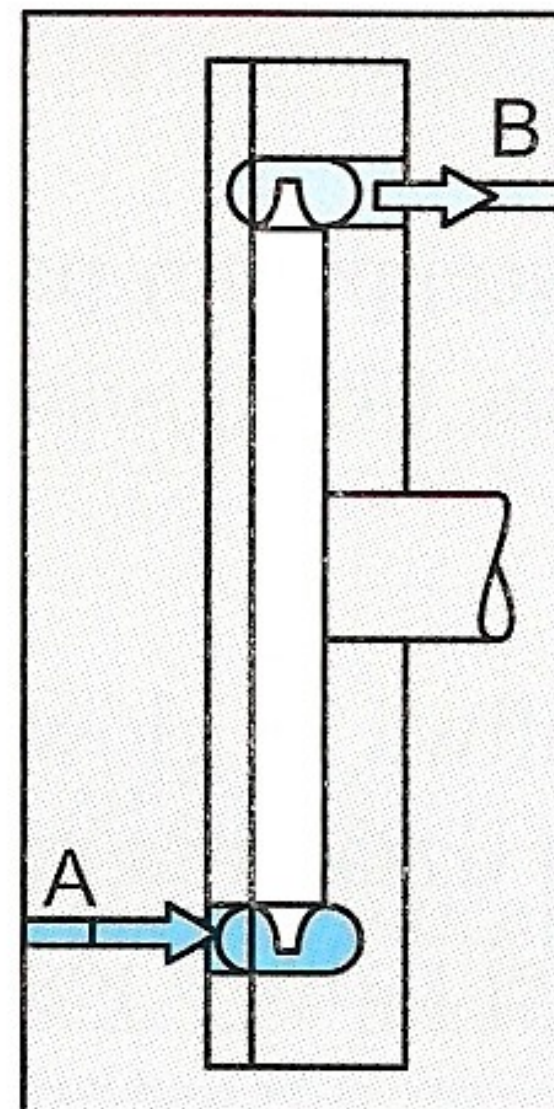
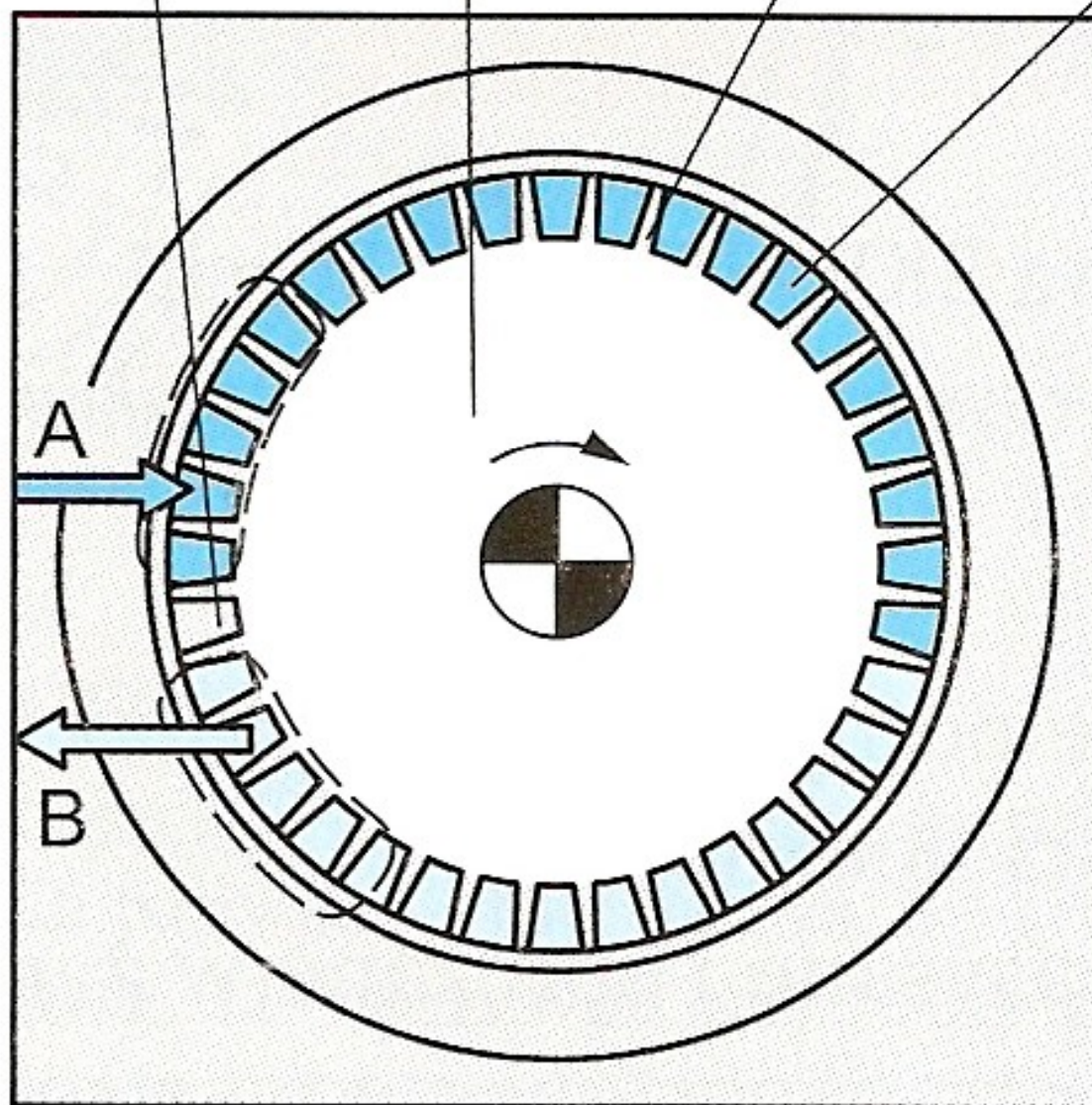
Rodzaje pomp zasilających

a) wyporowe

- rolkowo-komorowe
- zębate o zazębieniu wewnętrznym

b) przepływowe

Przerywacz Wirnik Łopatk
wirnika Kanał
obwodowy

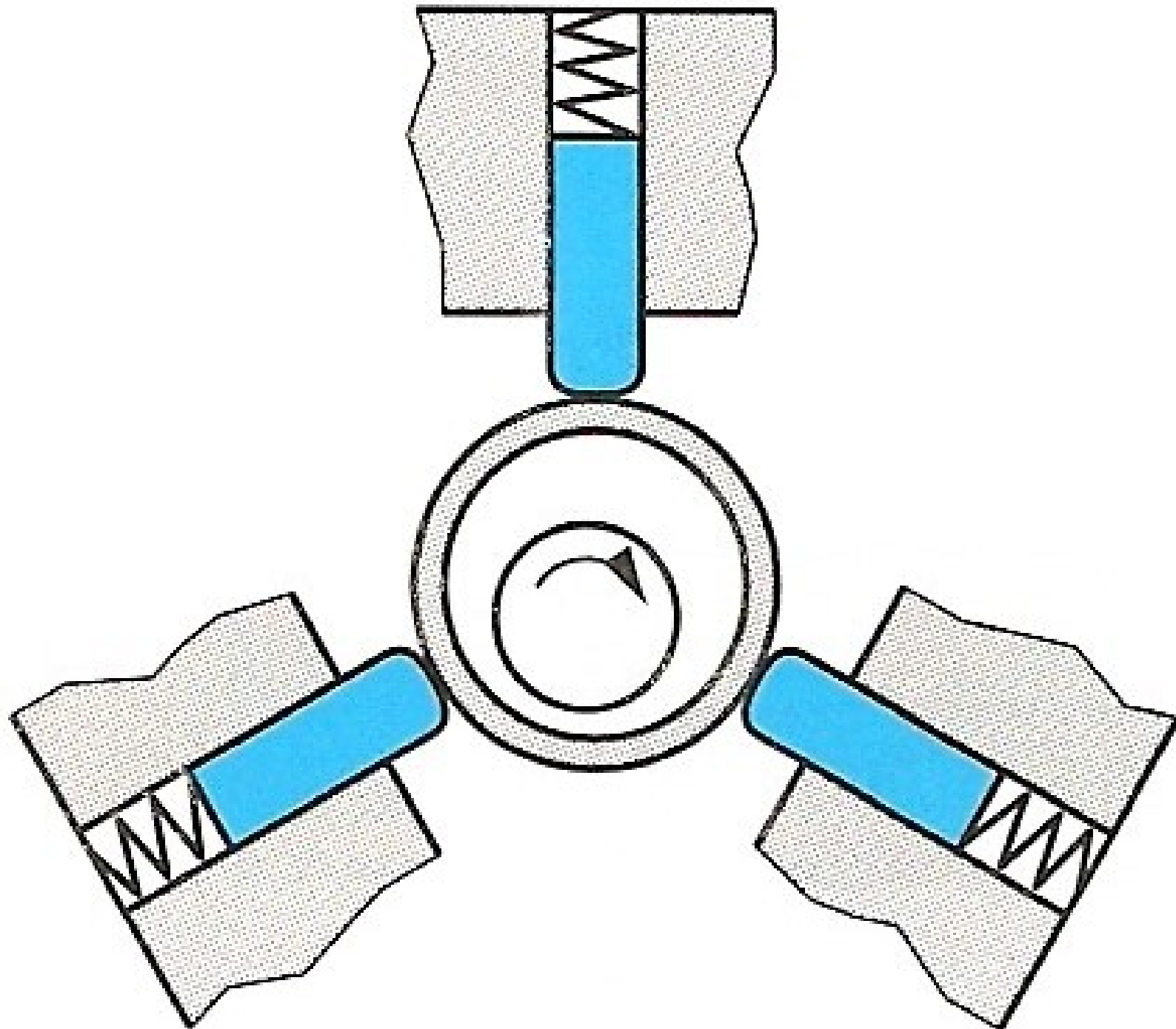


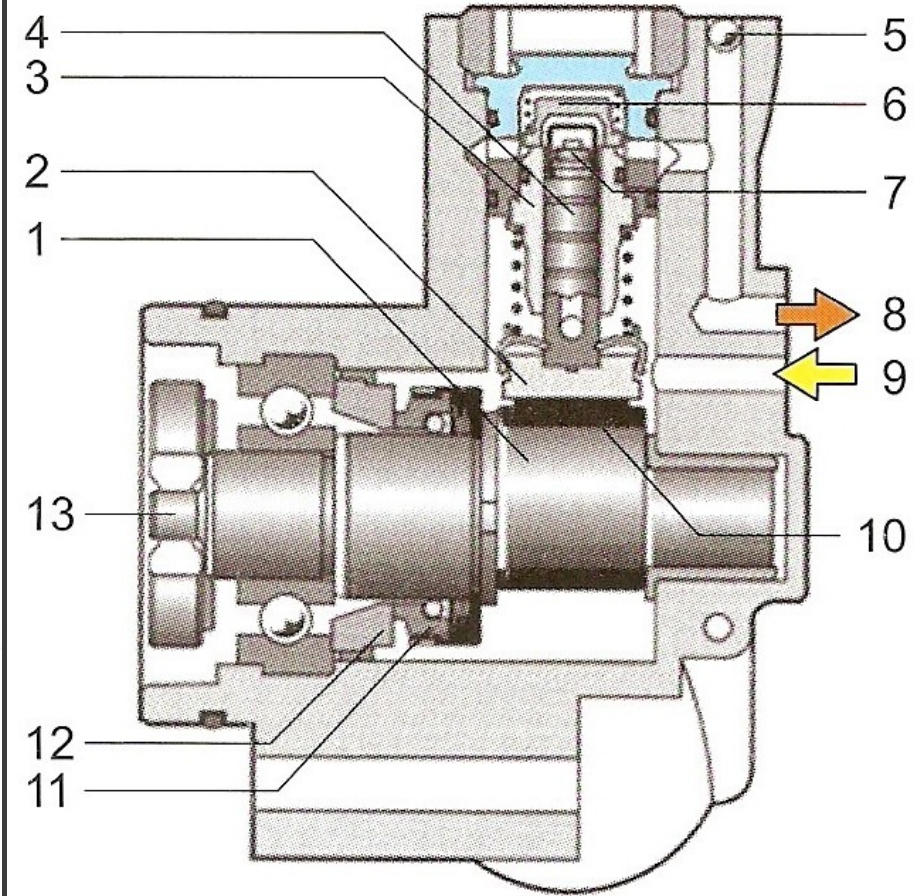
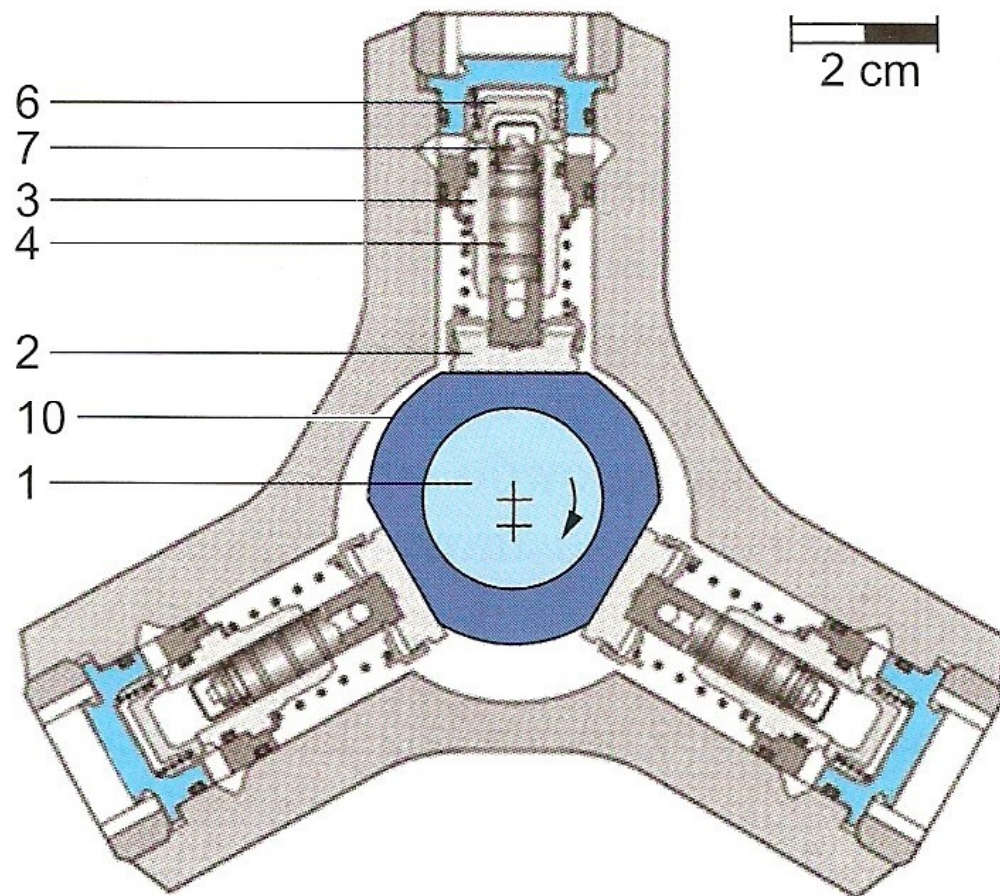
Wysokociśnieniowa pompa paliwa

Rodzaje wysokociśnieniowych pomp tłoczkowych

a) promieniowe

- trójtłoczkowa





Rodzaje wysokociśnieniowych pomp tłoczkowych

a) promieniowe

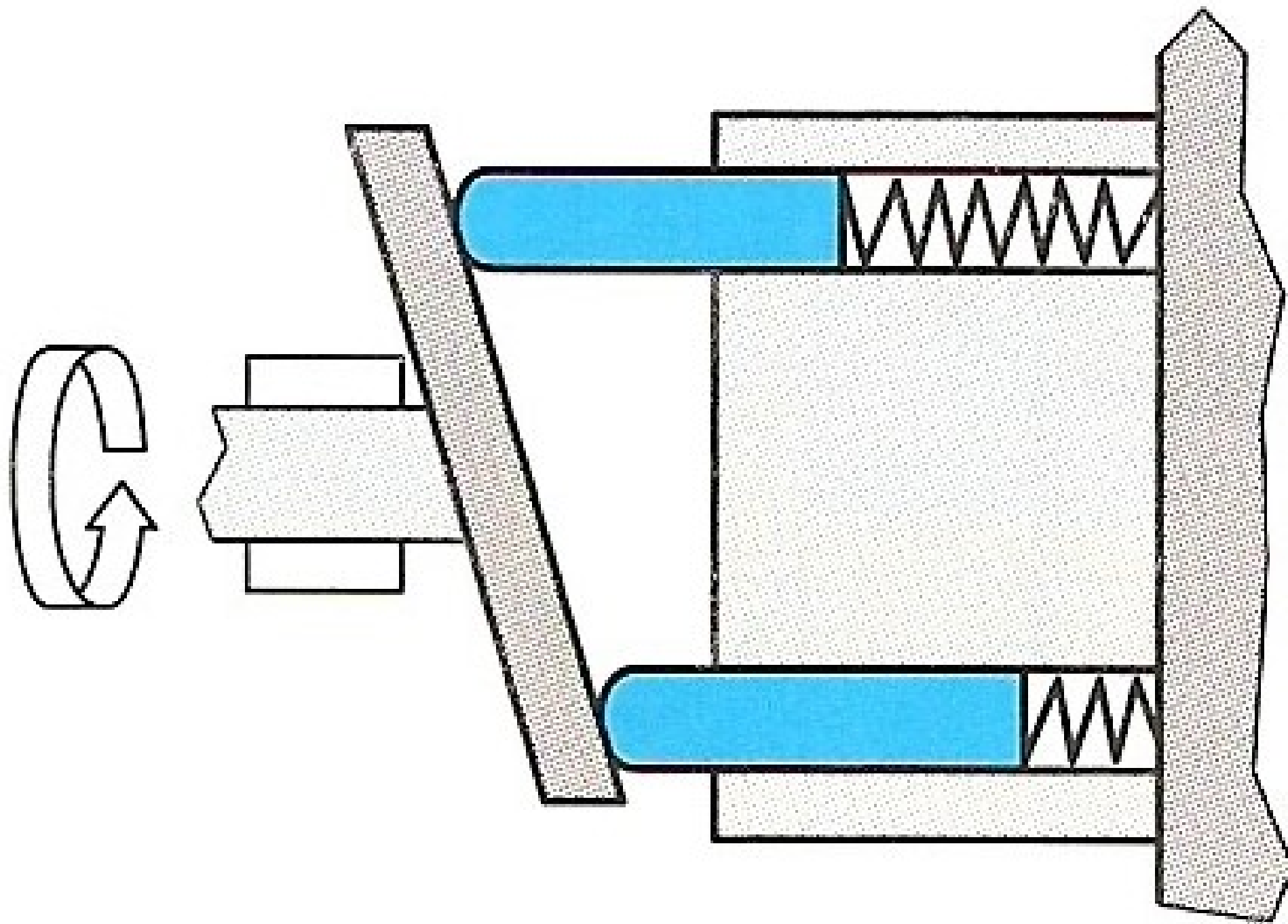
- trójtłoczkowa
- jednotłoczkowa

Rodzaje wysokociśnieniowych pomp tłoczkowych

a) promieniowe

- trójtłoczkowa
- jednotłoczkowa

b) osiowe



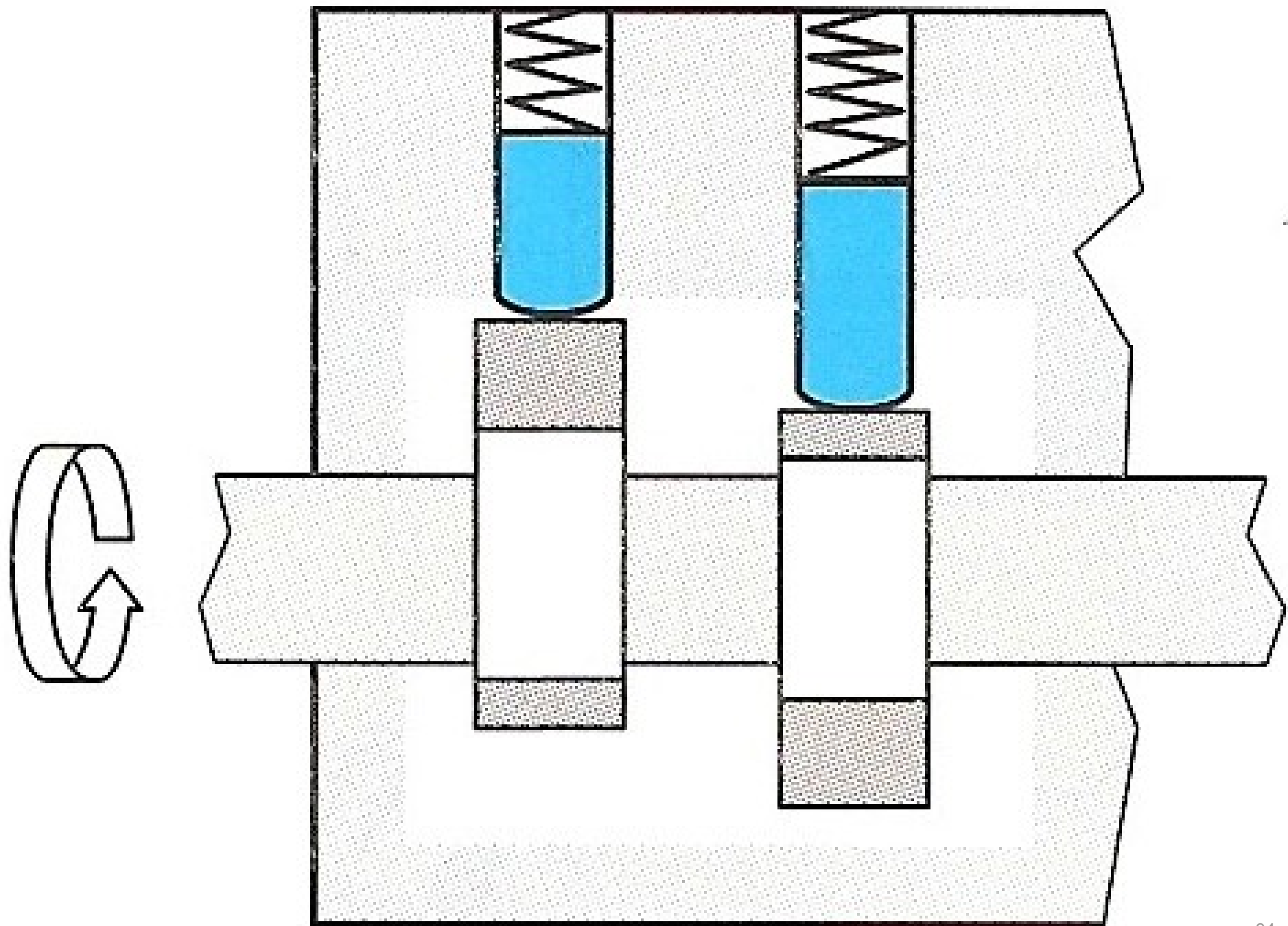
Rodzaje wysokociśnieniowych pomp tłoczkowych

a) promieniowe

- trójtłoczkowa
- jednotłoczkowa

b) osiowe

c) szeregowo

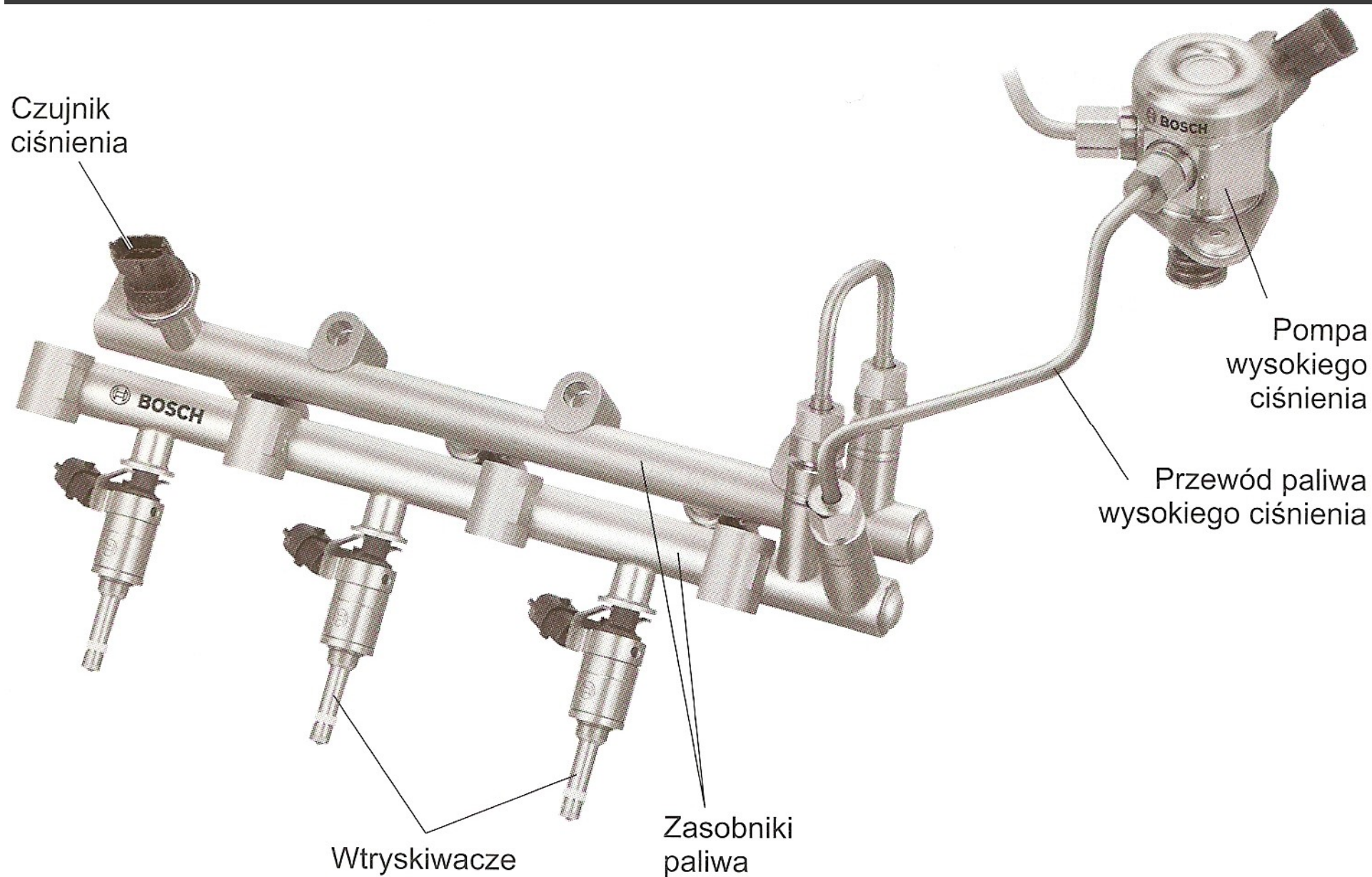


Zasobnik paliwa

Zadania zasobnika paliwa

- a) magazynowanie paliwa
- b) podłączenie i mocowanie wtryskiwaczy
- c) równomierny rozdział paliwa między wtryskiwacze
- d) tłumienie pulsacji przepływu
- e) wyciszenie pracy pompy

Czujnik
ciśnienia



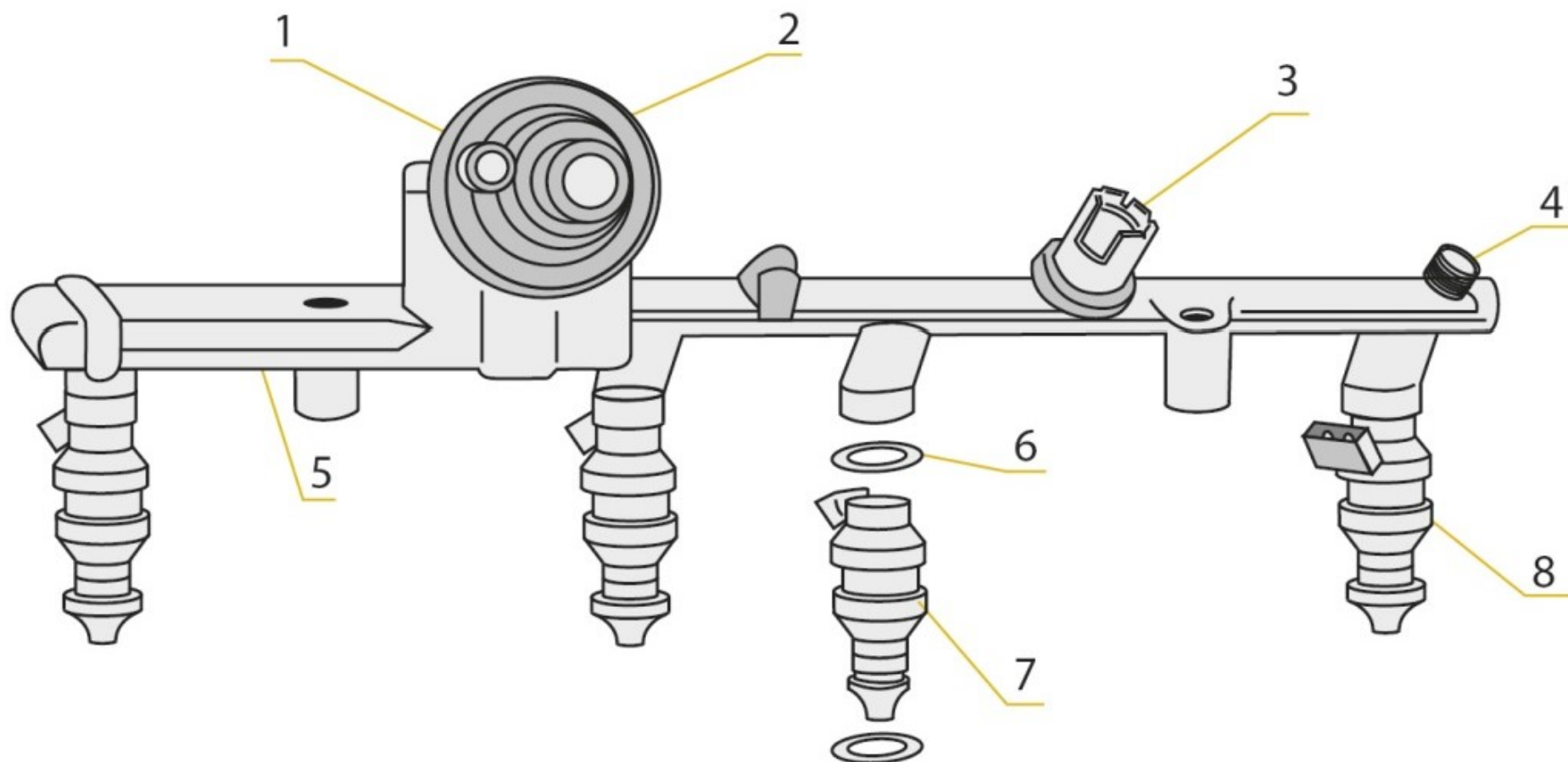
Pompa
wysokiego
ciśnienia

Przewód paliwa
wysokiego ciśnienia

Wtryskiwacze

Zasobniki
paliwa

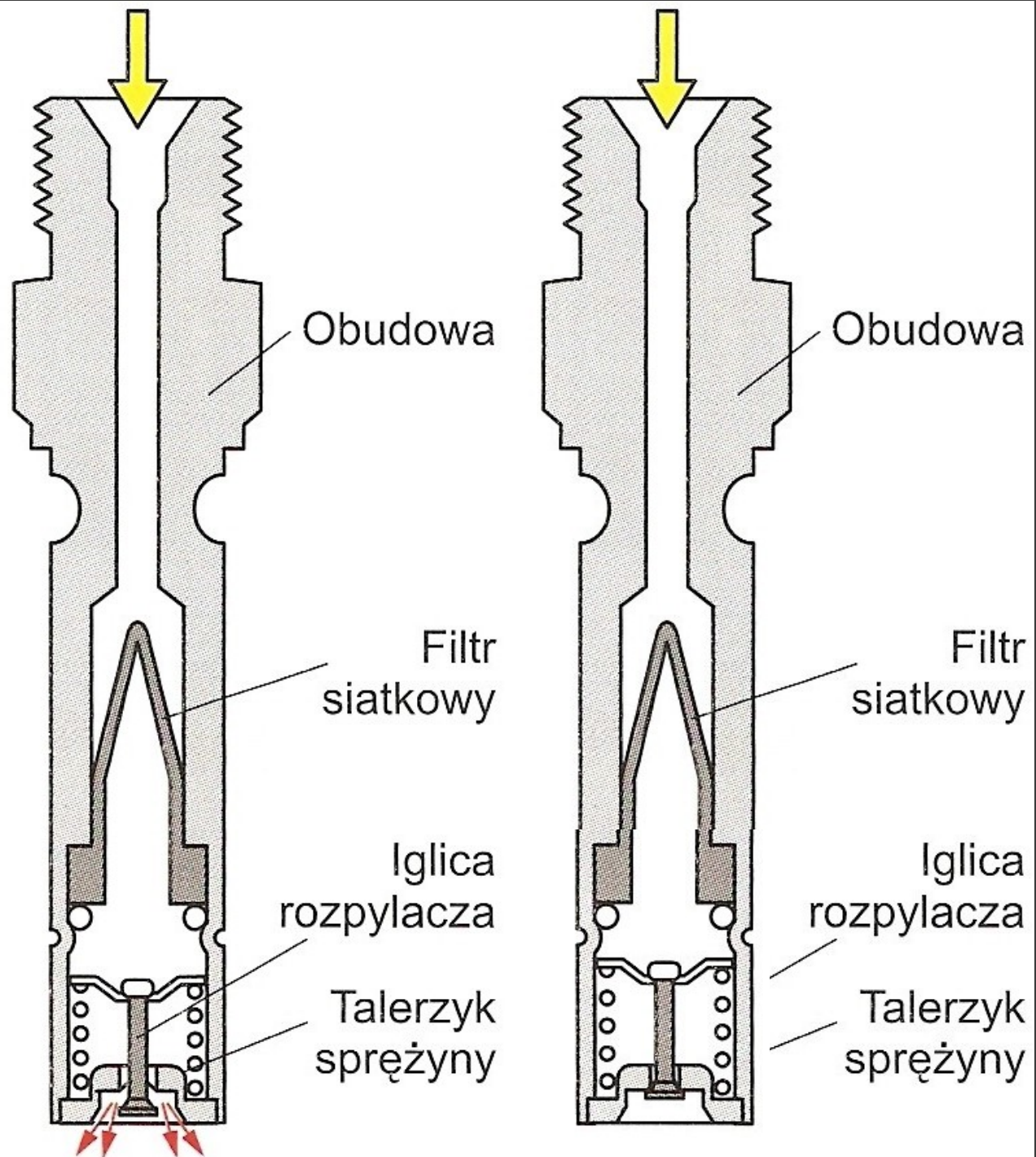
WTRYSKIWACZE



Zadania wtryskiwacza

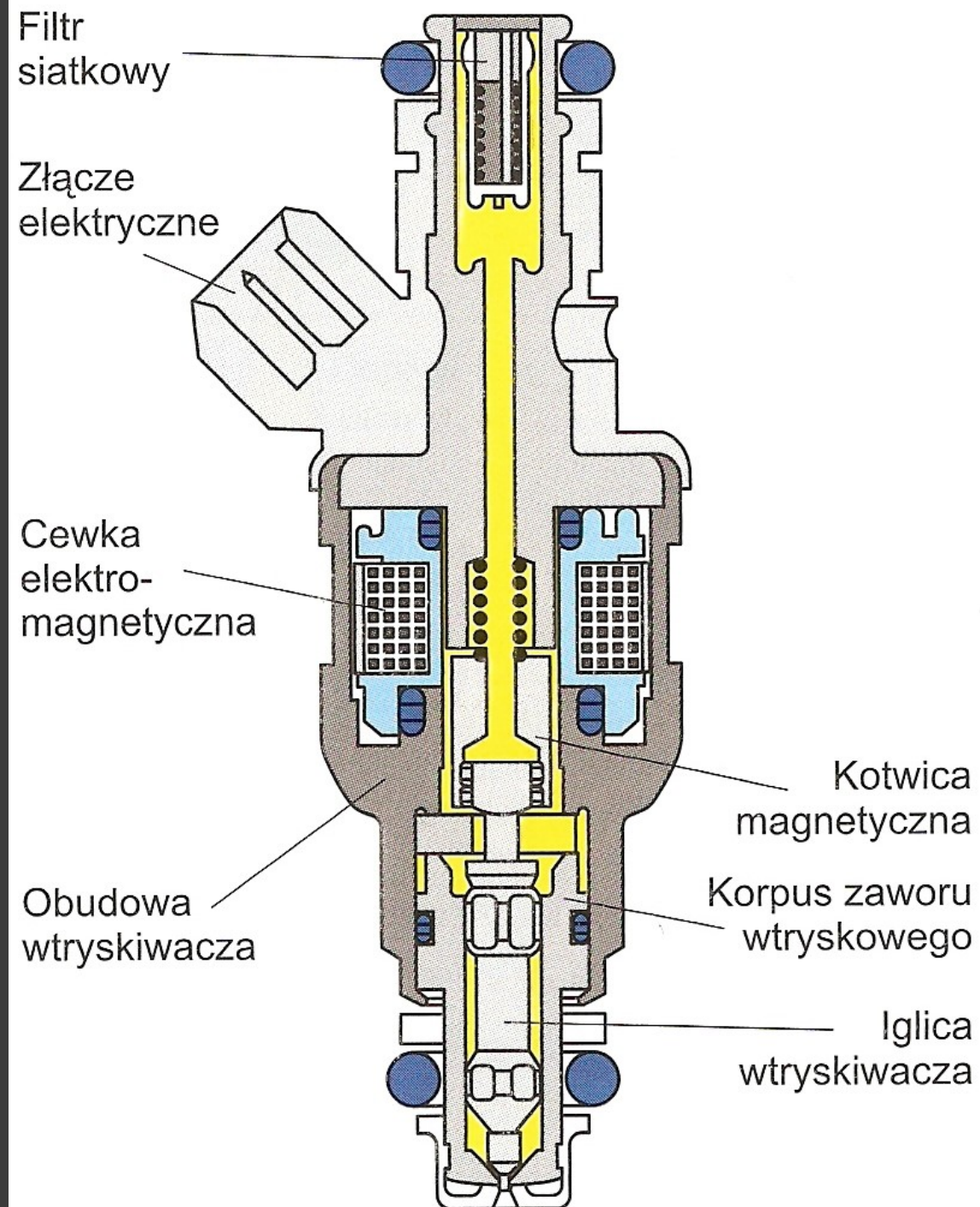
- a) wprowadzenie do komory spalania dawki paliwa zależnej od chwilowego zapotrzebowania silnika
- b) właściwe rozpylanie wtryskiwanego paliwa
- c) zapewnienie szczelności przy wyłączonym silniku
- d) niezawodny rozruch gorącego silnika
- e) zapewnienie stałych parametrów pracy przez cały okres użytkowania

Wtryskiwacze mechaniczne



Wtryskiwacze elektromagnetyczne

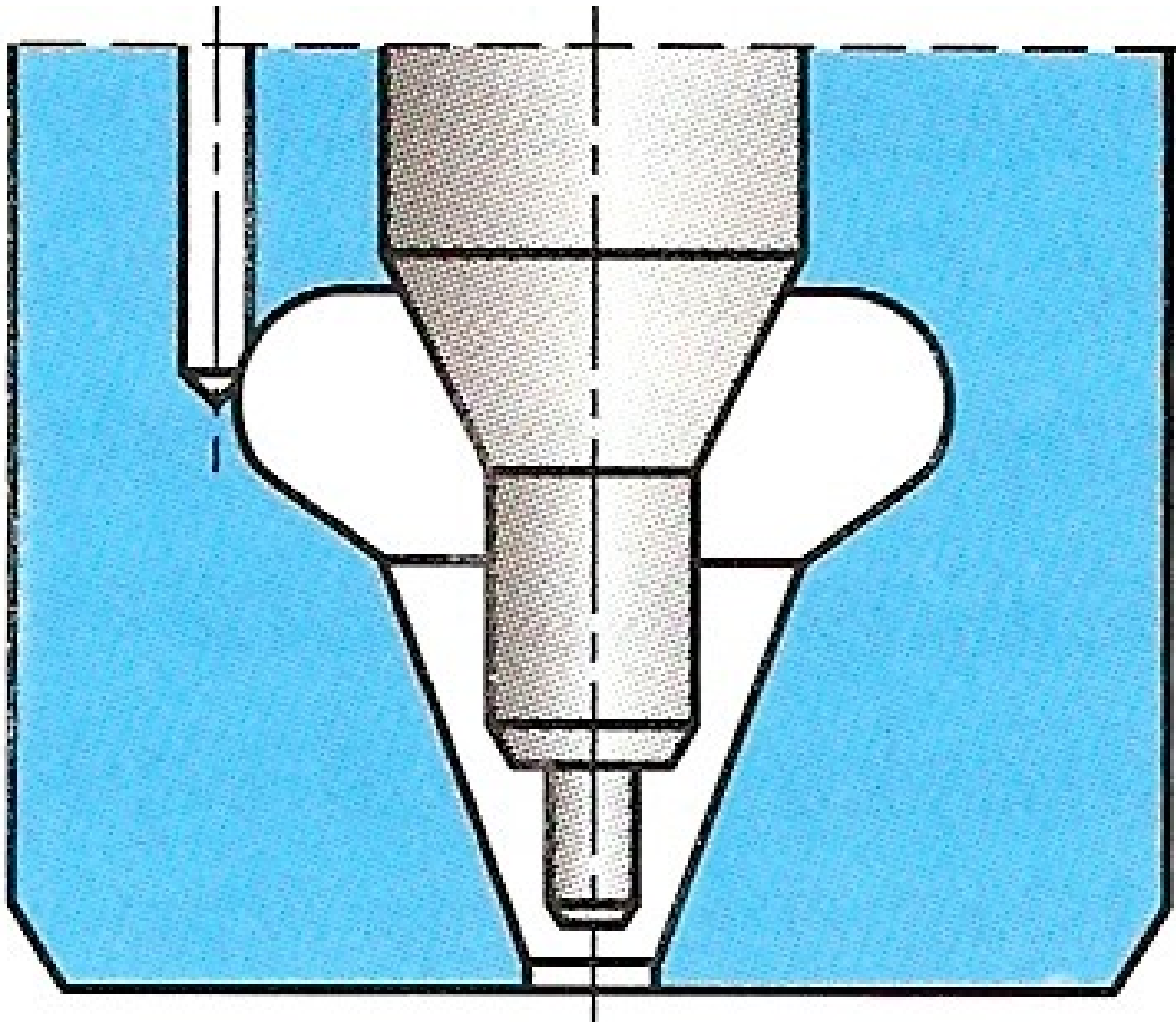
a) czopikowe



Wtryskiwacze elektromagnetyczne

a) czopikowe

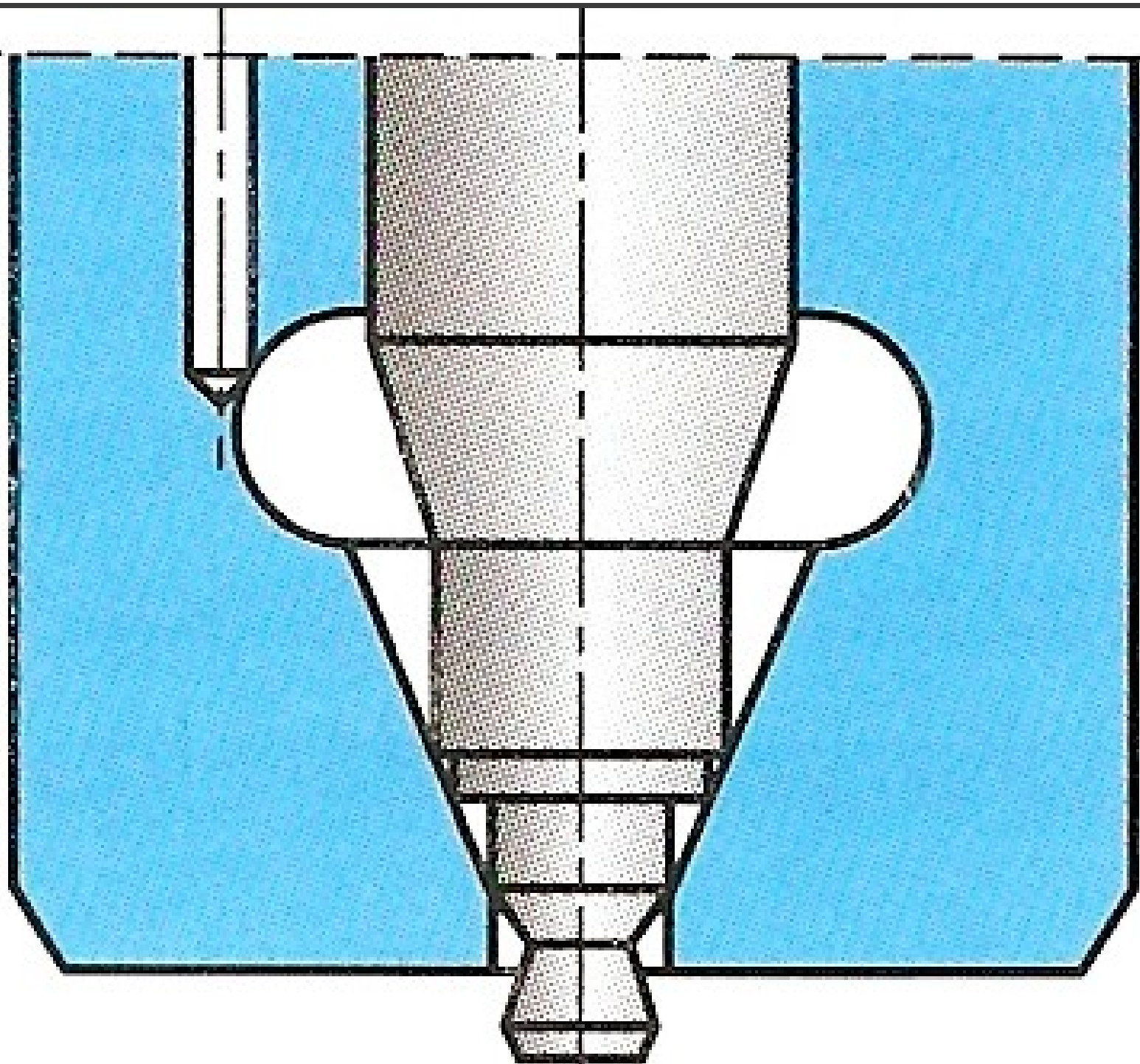
- z czopikiem cylindrycznym



Wtryskiwacze elektromagnetyczne

a) czopikowe

- z czopikiem cylindrycznym
- z czopikiem stożkowym

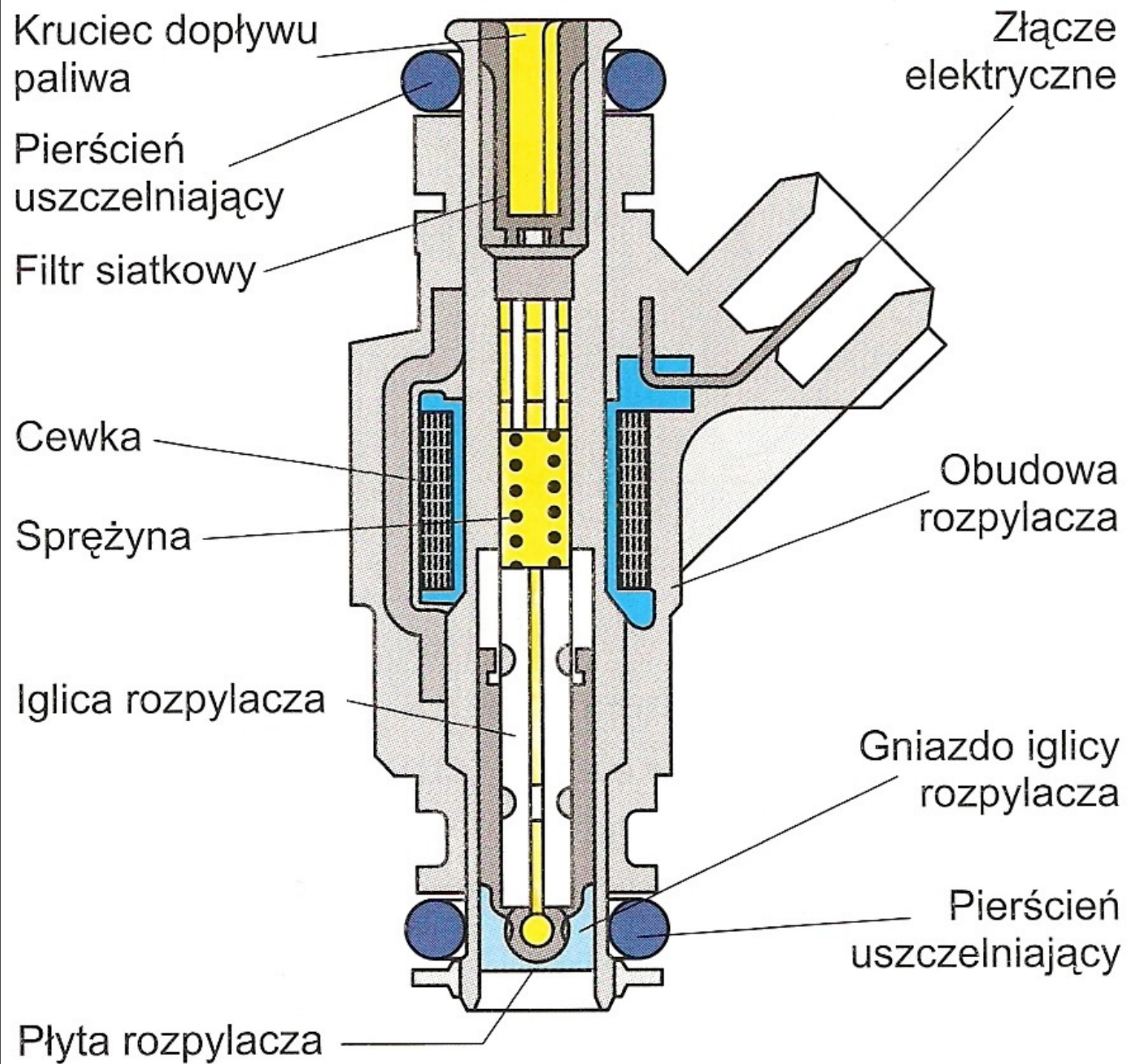


Wtryskiwacze elektromagnetyczne

a) czopikowe

- z czopikiem cylindrycznym
- z czopikiem stożkowym

b) otworkowe



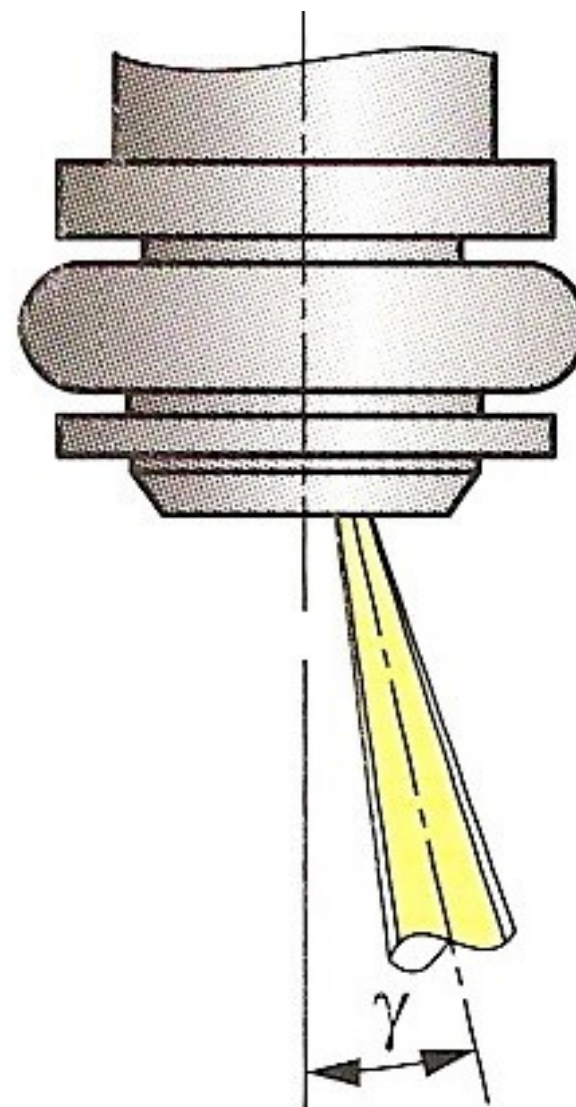
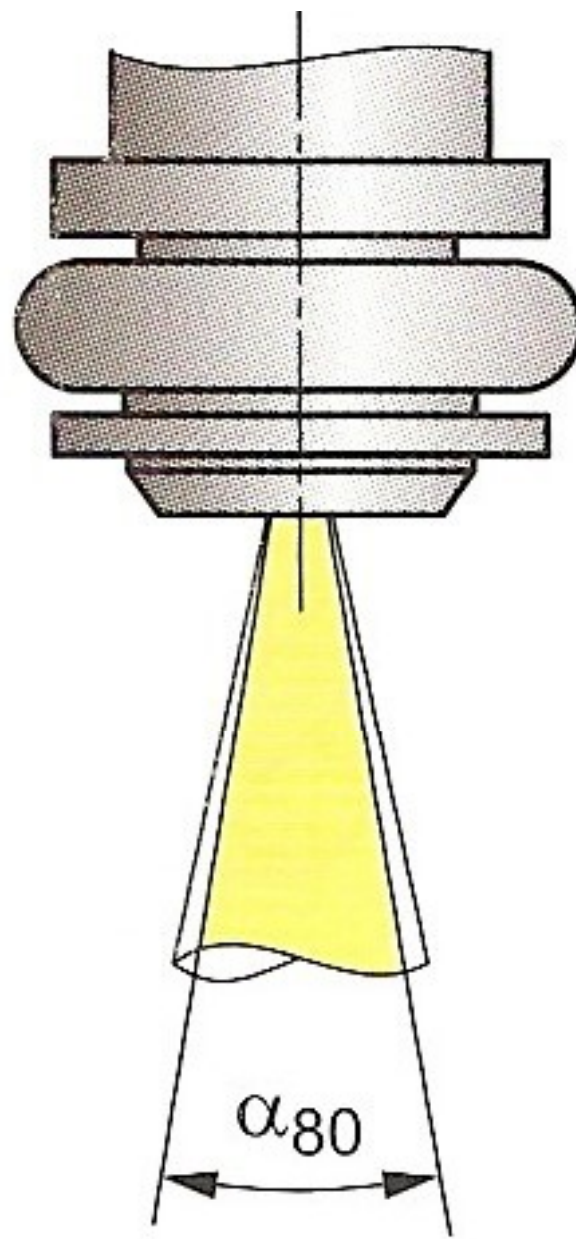
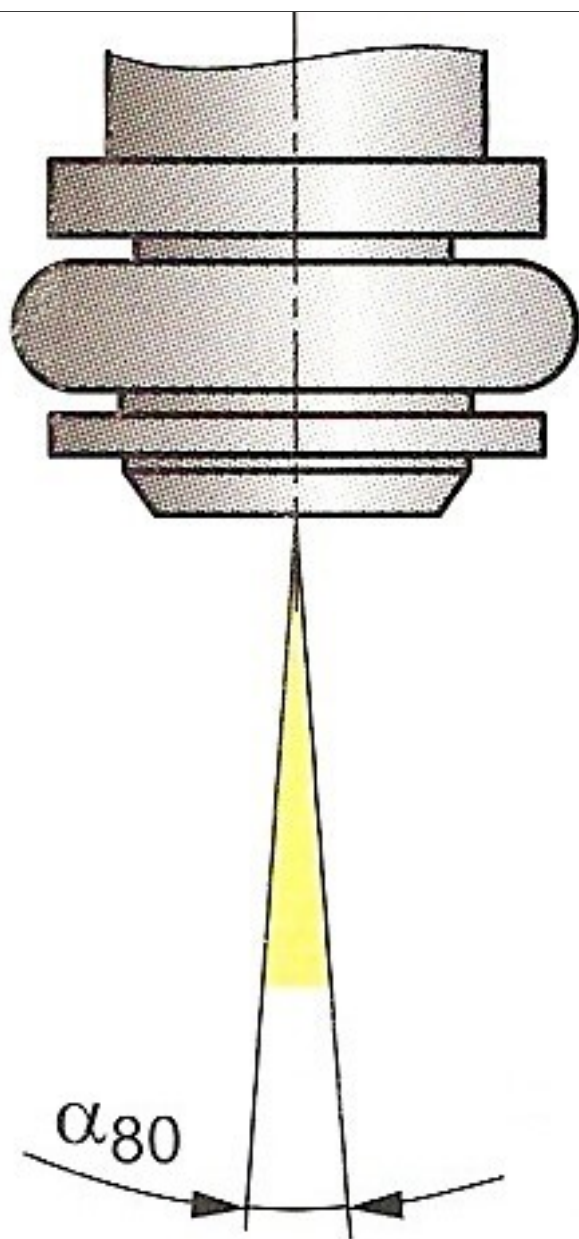
Wtryskiwacze elektromagnetyczne

a) czopikowe

- z czopikiem cylindrycznym
- z czopikiem stożkowym

b) otworkowe

- jednootworkowe



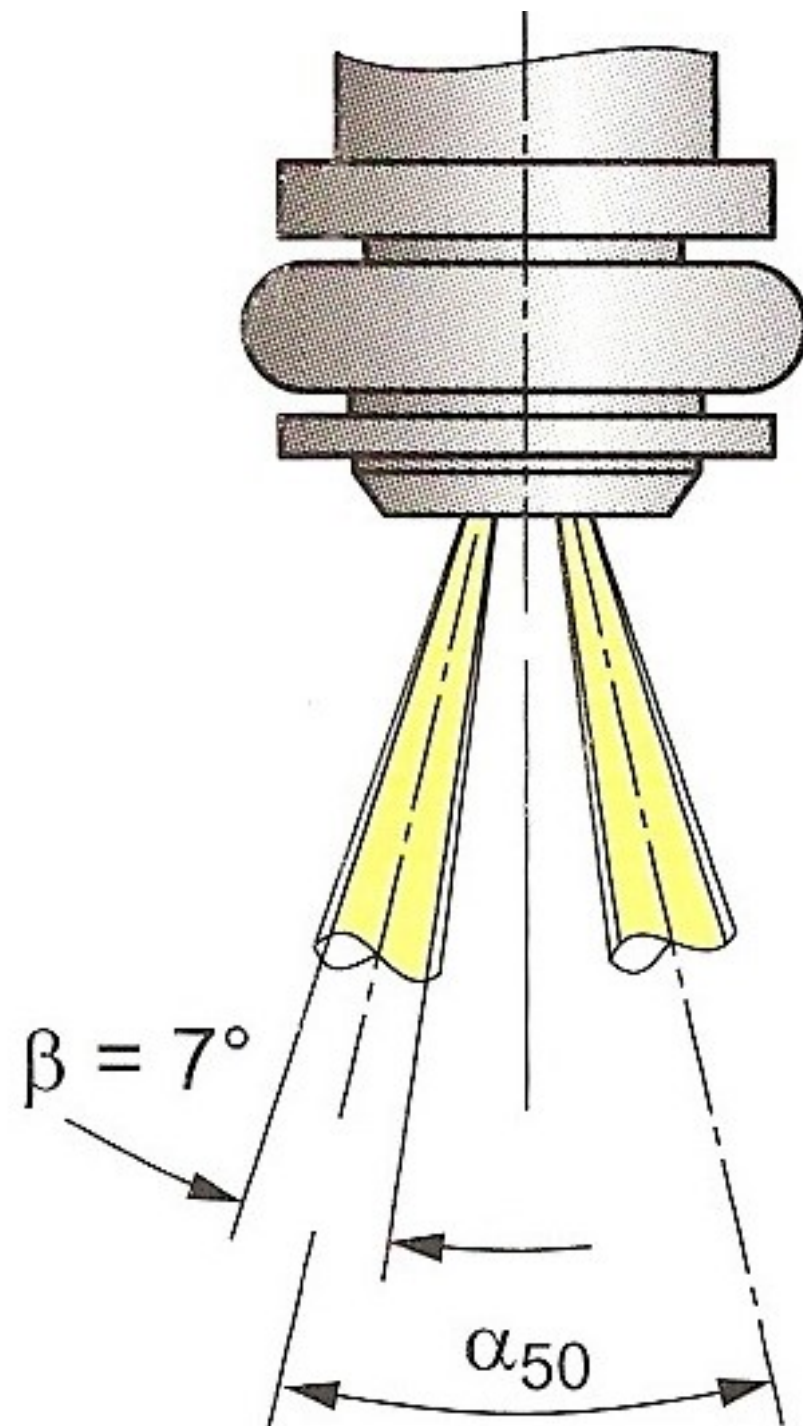
Wtryskiwacze elektromagnetyczne

a) czopikowe

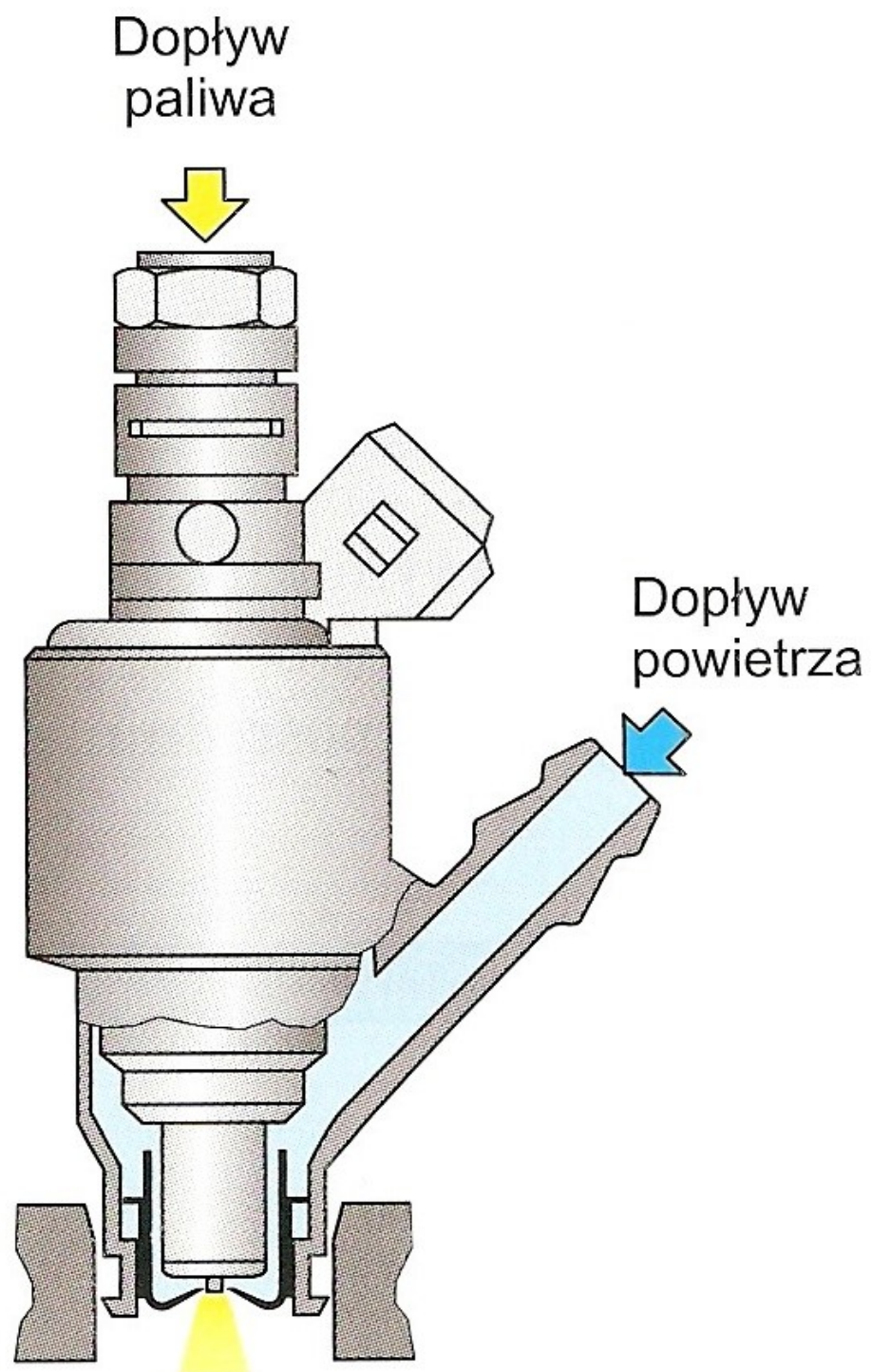
- z czopikiem cylindrycznym
- z czopikiem stożkowym

b) otworkowe

- jednootworkowe
- wielootworkowe



Wtryskiwacze wspomagane powietrzem



Wtryskiwacze wtrysku bezpośredniego



Wlot paliwa
z filtrem siatkowym

Złącze
elektryczne

Sprężyna

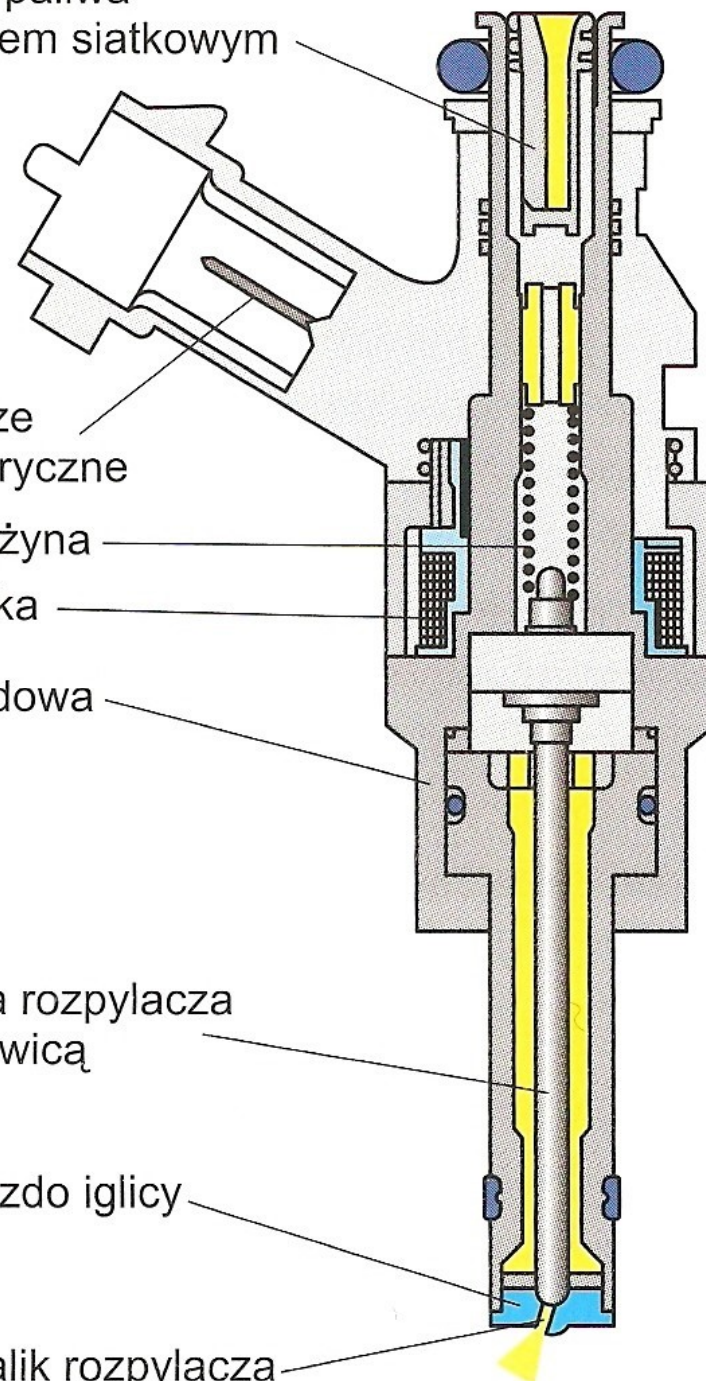
Cewka

Obudowa

Iglica rozpylacza
z kotwicą

Gniazdo iglicy

Kanalik rozpylacza



NAPRAWA UKŁADU ZASILANIA SILNIKÓW ZI

Objawy nieprawidłowej pracy układu zasilania ZI

- a) trudności z uruchomieniem silnika
- b) spadek mocy przy jednoczesnym zwiększeniu spalania paliwa
- c) nierównomierna praca silnika

Diagnostyka układu zasilania ZI

- System diagnostyki pokładowej OBD

Naprawa elementów układu zasilania ZI

a) wtryskiwacze

- czyszczenie, wymiana, regeneracja

Urządzenie do testowania i czyszczenia wtryskiwaczy





Naprawa elementów układu zasilania ZI

a) wtryskiwacze

- czyszczenie, wymiana, regeneracja

b) regulator ciśnienia paliwa

- wymiana z zestawem uszczelnień

c) pompa wysokiego ciśnienia

- wymiana
- rozebranie, oczyszczenie, weryfikacja i wymiana uszkodzonych elementów

d) akumulator wysokiego ciśnienia

e) zawór regulacji ciśnienia

Naprawa elementów układu zasilania ZI

g) **nastawnik prędkości obrotowej biegu jałowego**

- wymiana lub oczyszczenie silnika krokowego

h) **przepustnice**

- czyszczenie benzyną ekstrakcyjną lub sprężonym powietrzem