



Politechnika Wrocławska

OGRZEWNICTWO I CIEPŁOWNICTWO 1

Kod kursu : **ISS202038W**

WYKŁAD

CIEPŁOWNICTWO

Węzły ciepłownicze

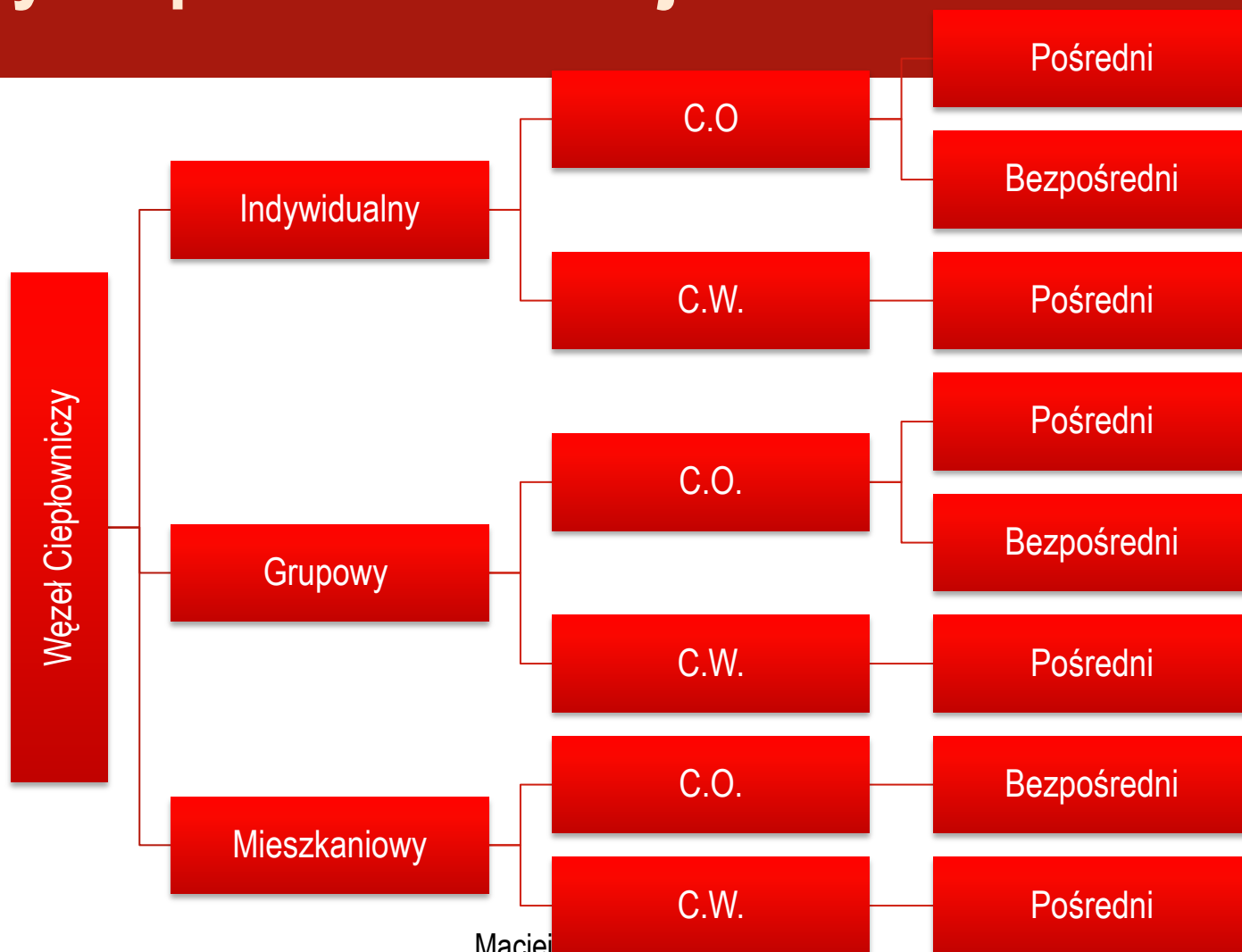
Studia dzienne II° (magisterskie)

Aktualizacja : marzec 2011

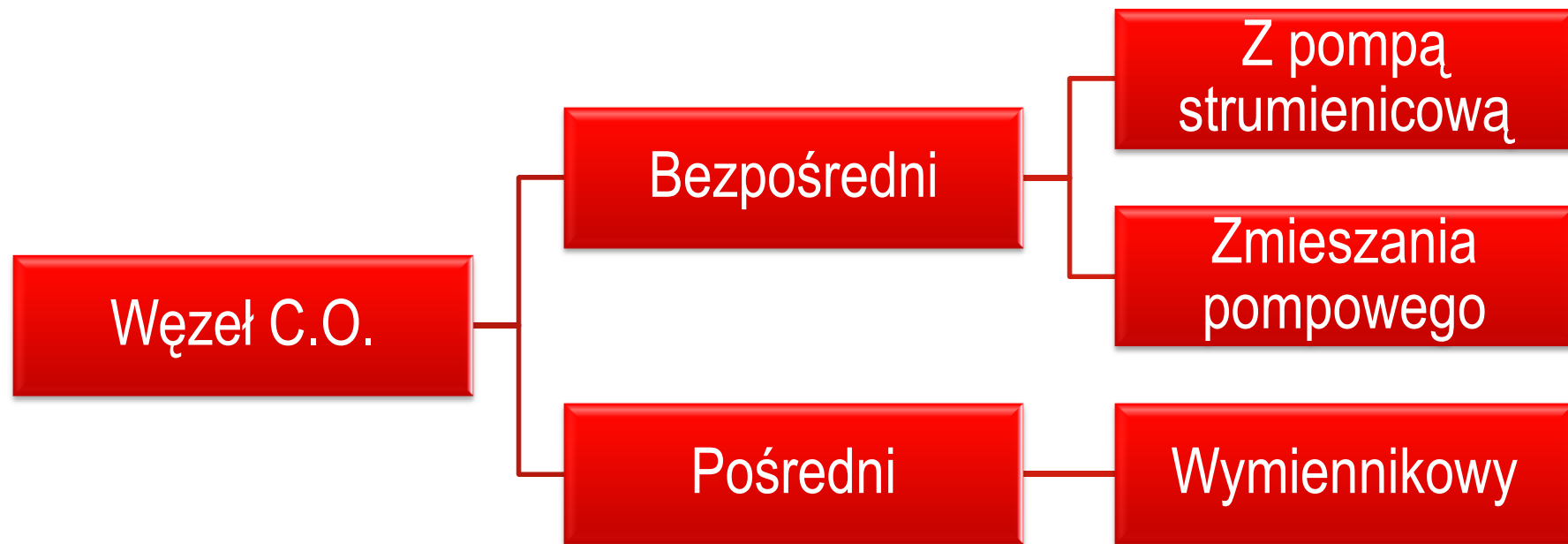
Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

- Podział węzłów ciepłowniczych wg kryteriów
 - Lokalizacyjnych (indywidualny, grupowy, mieszkaniowy)
 - Funkcji (c.o., c.w., c.t.)
 - Rozdziału instalacji wewnętrznej od sieci ciepłowniczej (pośredni, bezpośredni)
 - Sposobu transformacji parametrów (z pompą strumieniową, zmieszania pompowego, wymiennikowy)
 - Sposobu przygotowania c.w. (przepływowy, z zasobnikiem i pompą ładującą, z podgrzewaczem pojemnościowym)
 - Sposobu połączenia węzła c.o. i c.w. (równoległy, szeregowo-równoległy, szeregowo-szeregowy, I° i II°)

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.



Węzły ciepłownicze. Projektowanie.



Węzły ciepłownicze. Projektowanie.



Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

- W przeciwieństwie do wcześniej praktykowanych rozwiązań indywidualnych, dzisiejsze instalacje są prefabrykowane i standaryzowane. Stacje te posiadają wszystkie składowe urządzenia i są dostarczane do odbiorcy w stanie całkowicie zmontowanym, po czym zostają połączone z instalacją wewnętrzną odbiorcy. Zmniejsza się wskutek tego czas wykonania węzła z 2-3 dni do 0, 5 dnia.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

Sposoby połączeń (bezpośredni, pośredni)

Przy połączeniu bezpośrednim woda sieciowa przepływa także przez instalację odbiorcy, co przy wysokiej temperaturze wody sieciowej wymaga mieszania wody sieciowej z wodą powracającą z instalacji c.o. w celu obniżenia jej parametrów.

Połączenie pośrednie eliminuje wpływ zmiennych ciśnień w sieci i straty wody sieciowej, natomiast jest ono droższe od połączenia bezpośredniego.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

Sposób podłączenia instalacji c.o. ma wpływ na wymagany strumień wody sieciowej, który jest większy w przypadku podłączenia pośredniego.

Ze względów bezpieczeństwa, niższych nakładów przy wysokich ciśnieniach w sieci i filozofii pracy, wiele firm ciepłowniczych wybiera węzły typu pośredniego.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

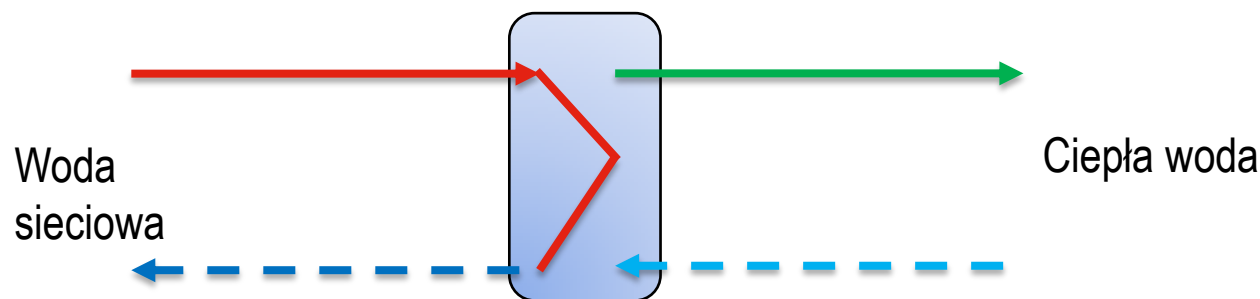
Centralne przygotowanie ciepłej wody

Stosowane są trzy różne techniki przygotowania ciepłej wody:

- System przepływowy
- Z podgrzewaczem pojemnościowym
- Z zasobnikiem ciepła i systemem ładowania

Węzły cieplownicze. Projektowanie.

System przepływowy



W systemach przepływowych woda bezpośrednio podgrzewa się w wymienniku płytowym.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

System przepływowy charakteryzuje się relatywnie wysokimi mocami cieplnymi w porównaniu do innych sposobów, silnie uzależnionych od liczby odbiorców (współczynnik nierównomierności rozbioru ciepłej wody).

Stosuje się zwykle dwustopniowy podgrzew c.w.

System przepływowy wymaga dobrej jakości regulacji, która zagwarantuje wymaganą temperaturę ciepłej wody przy małym jak i dużym rozbiorze.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

W sieciach z niską roczną różnicą temperatur pomiędzy max i min temperaturą zasilania należy przewidzieć sterowany ciśnieniem regulator proporcjonalny dla optymalnego rozwiązania problemu.

Ten regulator usuwa wady czystej regulacji termostatycznej systemu przepływowego, takie jak zróżnicowanie temperatury ciepłej wody przy małym i dużym rozbiorze lub przy powtórnym, krótkim przedziale rozbioru i jest w przeciwieństwie do regulatorów termohydraulicznych tańszy.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

Zaletą systemów przepływowych są bezsprzecznie

- higieniczne przygotowanie ciepłej wody,
- dobre schłodzenie wody sieciowej,
- małe zapotrzebowanie miejsca jak i
- niskie nakłady inwestycyjne.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

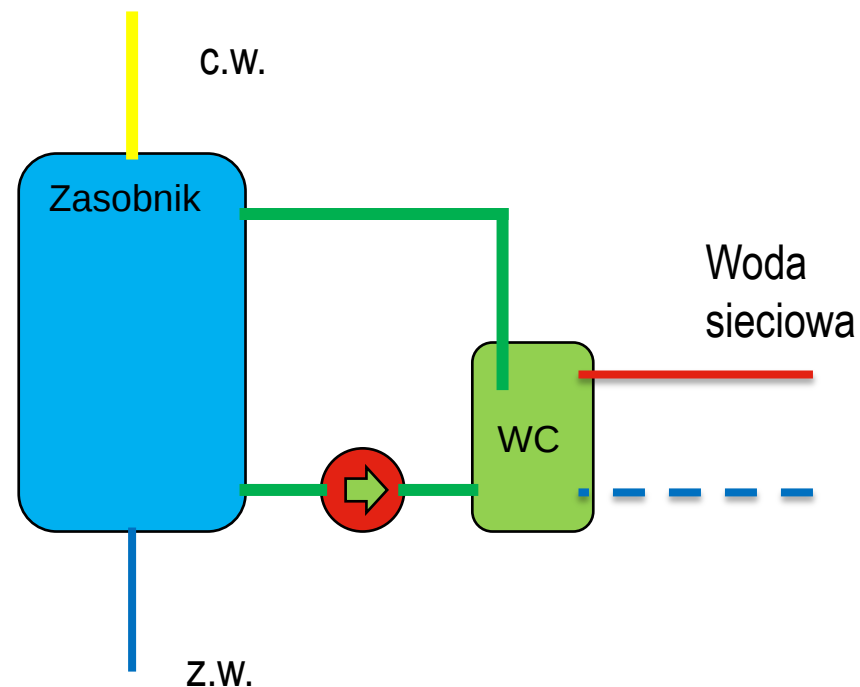
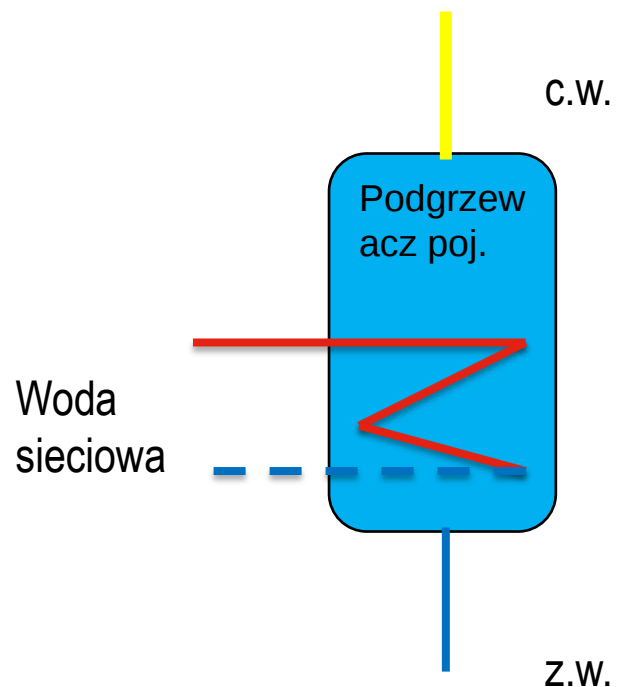
Zaletą systemów akumulacyjnych leży w niskiej mocy przyłączeniowej, ponieważ pobierana woda ciepła ogrzewana jest relatywnie niską mocą cieplną. Ponadto do dyspozycji w szybkim czasie mamy duże ilości ciepłej wody, której temperatura jest stała, niezależnie od wielkości rozbioru.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

Wadami są:

- duże zapotrzebowanie miejsca i
- pogarszające się schłodzenie wody sieciowej podczas cyklu ładowania, do tego stopnia, że końcowa temperatura wody sieciowej bliska jest temperaturze wody ciepłej w zasobniku
- wyższe nakłady inwestycyjne
- z uwagi na gradient temperatury w zasobniku, gorsze warunki higieniczne przygotowania c.w. (Legionella)

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.



Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

System z zasobnikiem ciepła stanowi kombinację dwóch systemów, przepływowego wymiennika ciepła i systemu ładowania zasobnika.

Wymiennik ciepła pokrywa tylko średnie zapotrzebowanie ciepła na podgrzanie ciepłej wody. Szczytowe rozbiory ciepłej wody pokrywane są dodatkowo z zasobnika, które zostaną uzupełnione w czasie niskich rozbiorów. Wymaga to optymalnego zwymiarowania wymiennika ciepła i zasobnika i w porównaniu do systemu przepływowego dodatkowego systemu regulacji.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

Podłączenie węzłów ciepłej wody realizowane jest bezpośrednio z sieci.

W Niemczech stosowane są rozwiązania zasilania wymienników ciepłej wody z po stronie wtórnej węzła c.o. ze względów bezpieczeństwa oraz w celu zapobieżenia wytrącania się kamienia wapiennego na powierzchniach wymiany ciepła (tylko układy akumulacyjne, ze względu na moc cieplną)

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

Węzły ciepłej wody mogą pracować z funkcją priorytetu ciepłej wody.

Węzły ciepłownicze. Projektowanie.

Moduły funkcjonalne węzłów ciepłowniczych

Moduły funkcjonalne węzłów ciepłowniczych

Moduł transformacji

Wymienniki ciepła

Zmieszanie pompowe

Pompy strumienicowe

Moduł regulacji

Regulatory ciśnienia i różnicy ciś.

Regulatory temperatury

Ograniczniki przepływu, temperatury, max. ciś.

Moduł pomiarowy

Liczniki energii cieplnej

Wodomierze

Manometry

Termometry

Moduł urządzeń ochronnych

Przed nadmiernym ciśnieniem (z.bezp., NW)
Przed zapowietrzeniem

Przed zanieczyszczeniami
Przed zmianą kierunku przepływu

Przed stratami energii (izolacja termiczna)
Przed drganiami i hałasem
Przed naprężeniami termicznymi

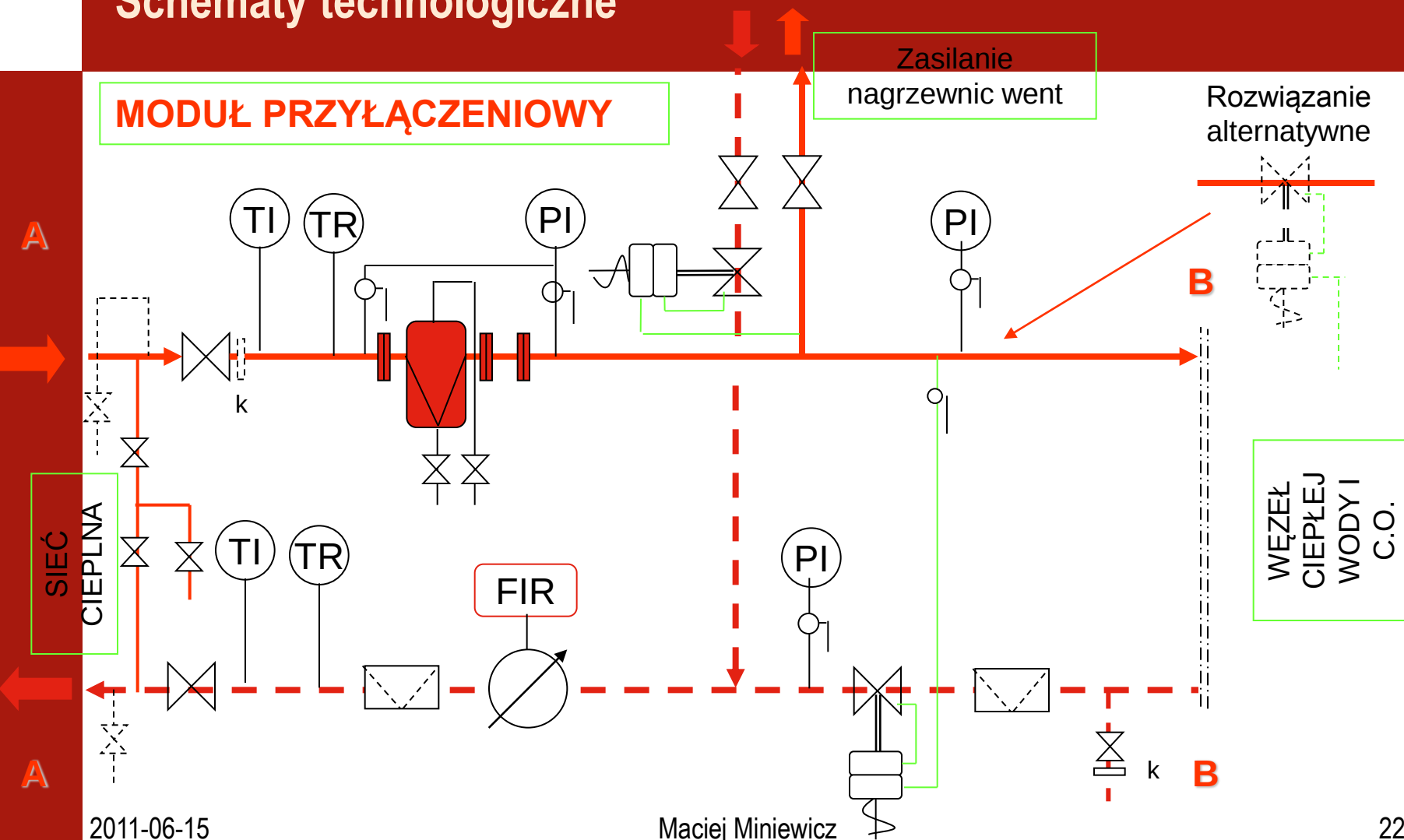


Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Schematy technologiczne węzłów ciepłowniczych

Węzły ciepłownicze

Schematy technologiczne

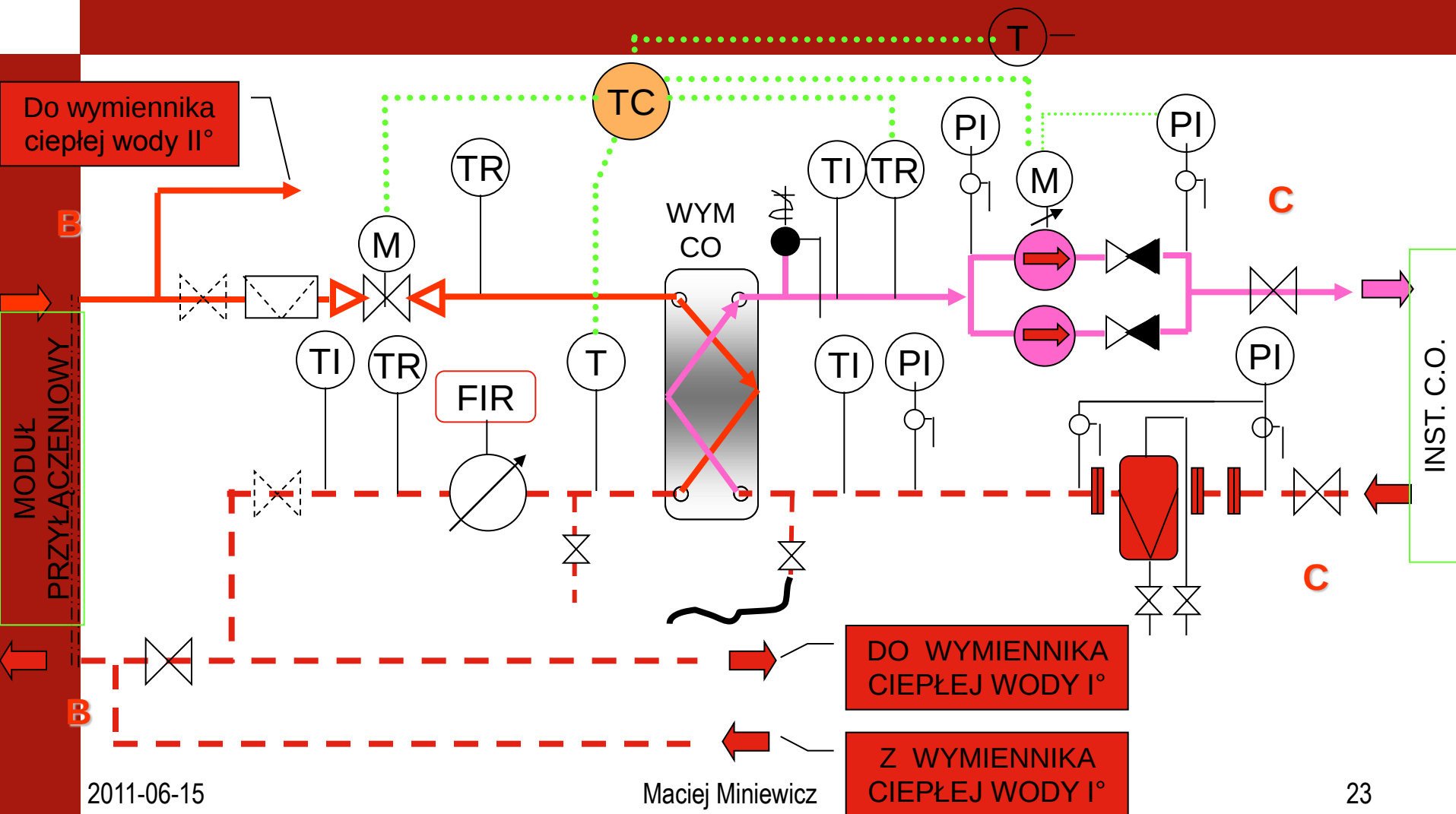




Węzły ciepłownicze

Schematy technologiczne

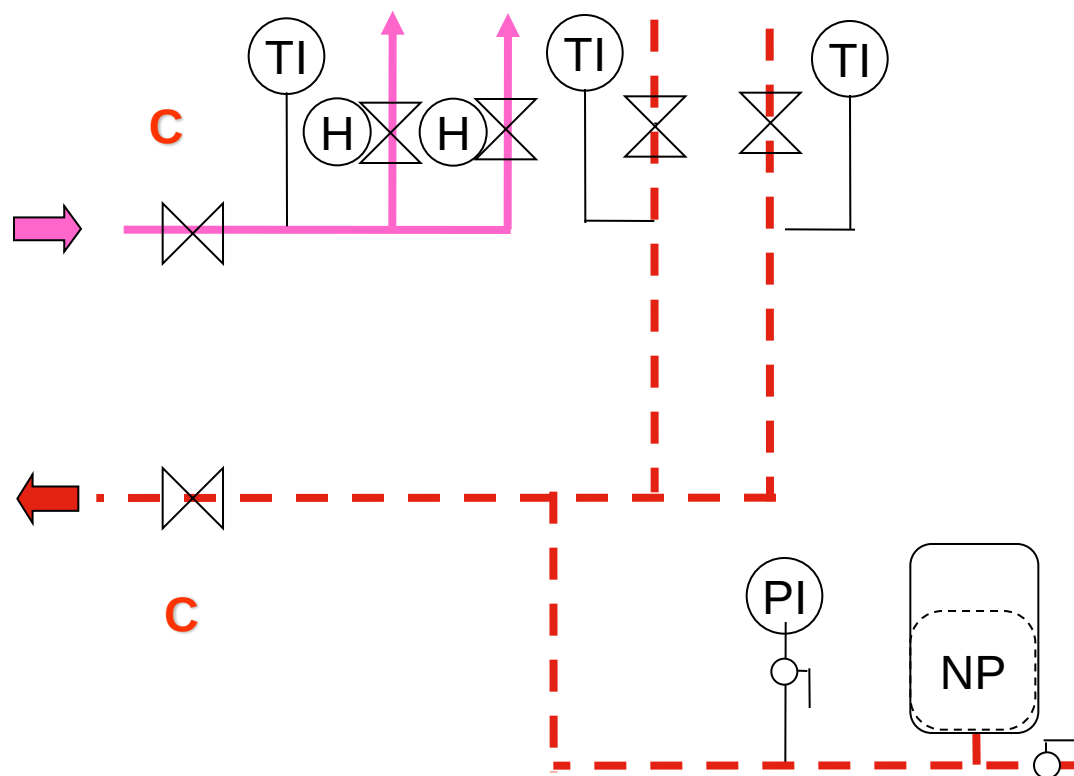
WĘZŁ CENTRALNEGO OGRZEWANIA – WĘZŁ WYMIENNIKOWY



Węzły ciepłownicze

Schematy technologiczne

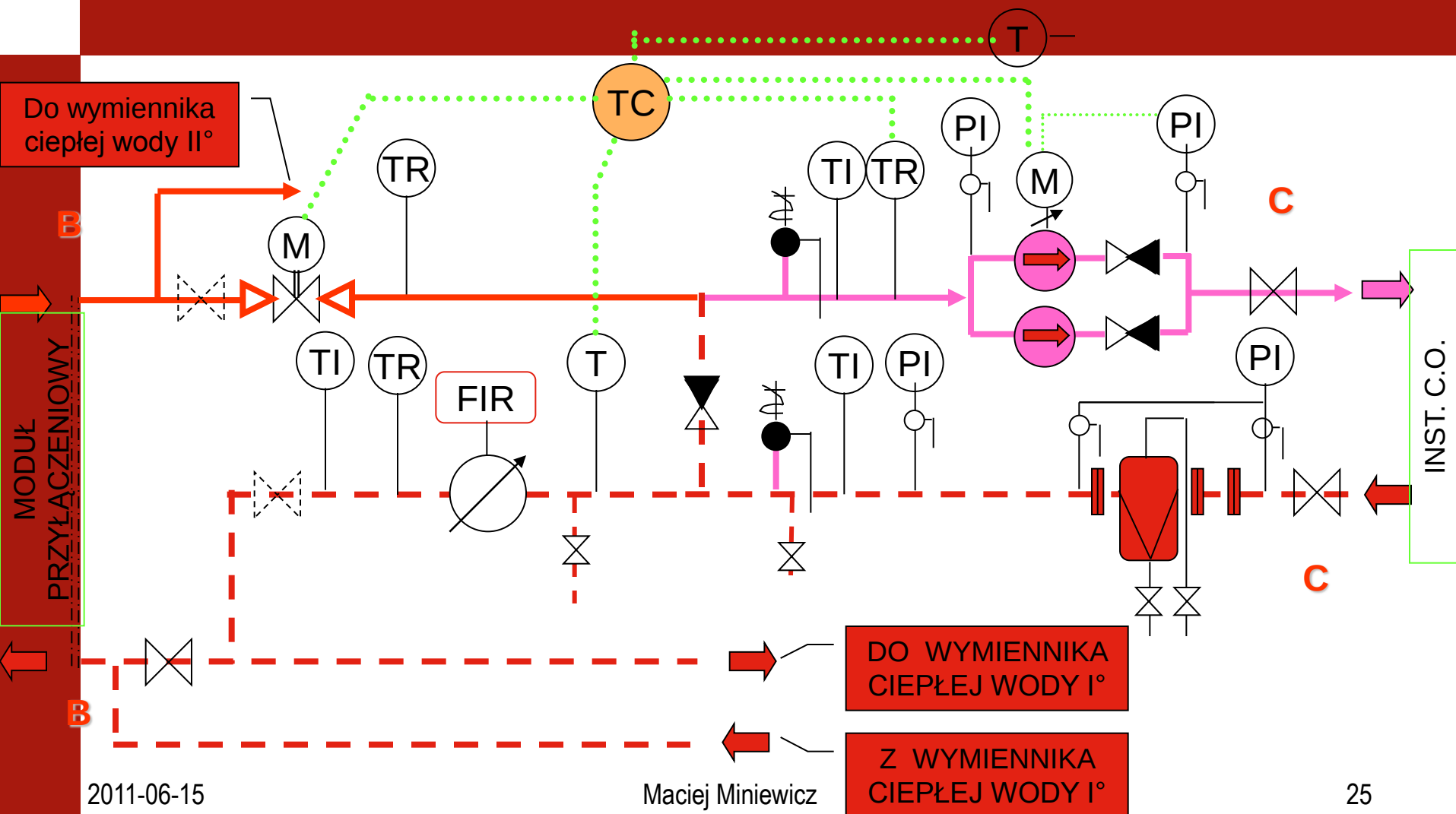
PRZYŁĄCZENIE INSTALACJI C.O. – WĘZŁ WYMIENNIKOWY





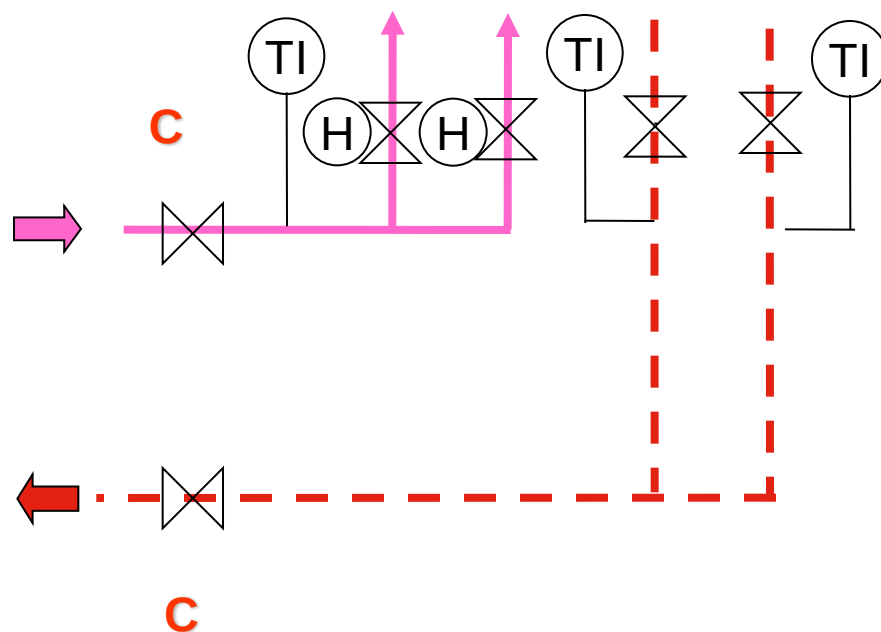
Schematy technologiczne

WĘZEŁ CENTRALNEGO OGRZEWANIA – ZMIESZANIA POMPOWEGO



Węzły ciepłownicze Schematy technologiczne

PRZYŁĄCZENIE INSTALACJI C.O. – WĘZŁ ZMIESZANIA POMPOWEGO

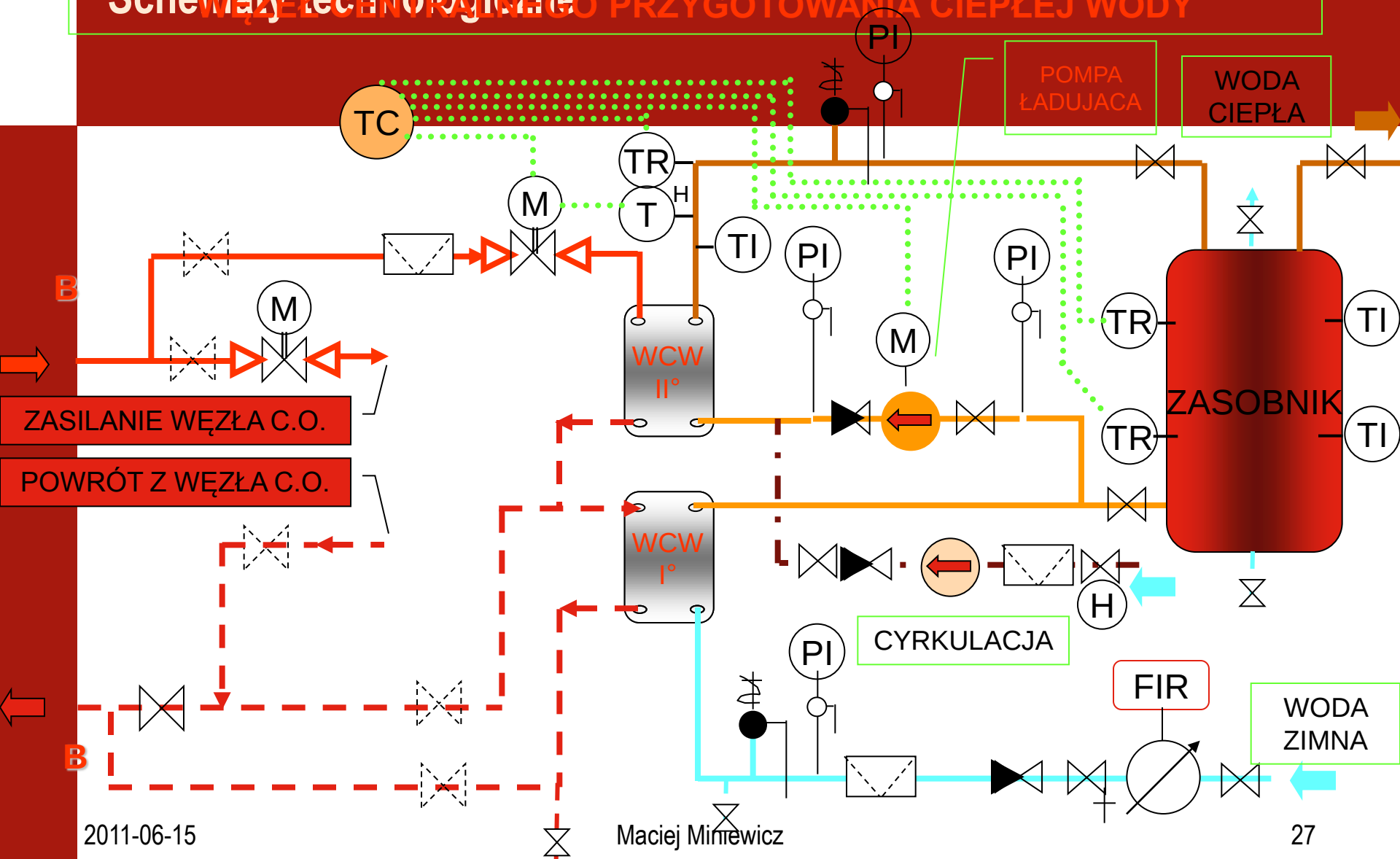




Węzły ciepłownicze

Schematy technologiczne

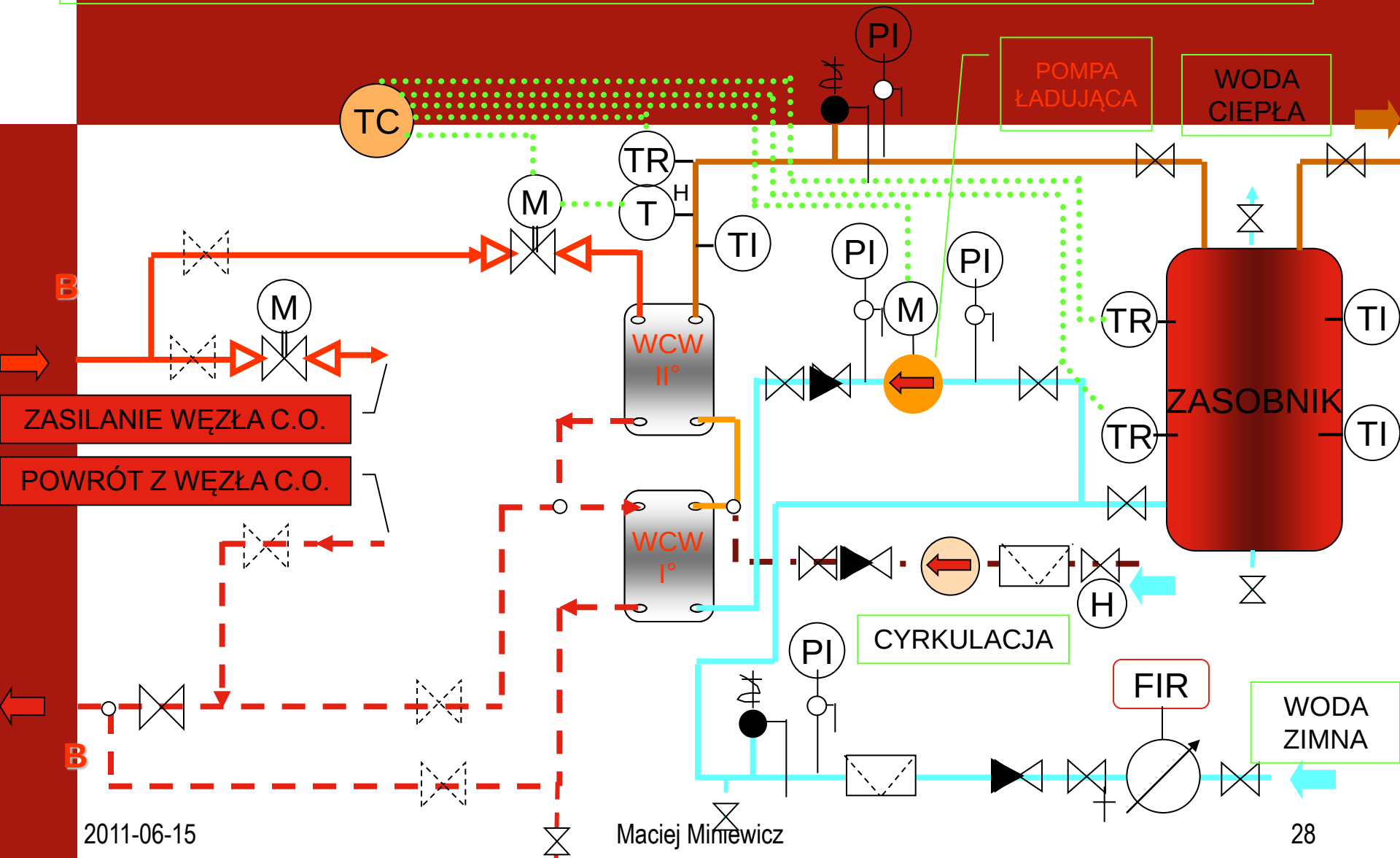
WZŁĘCENIA CENTRALNEGO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY





Schematy technologiczne

WĘZŁ CENTRALNEGO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Wymiennikowe węzły cieplne c.o., c.w. i c.t. zasilane z sieci ciepłowniczej, przystosowane do pracy w zakresie temperatur wody sieciowej na zasilaniu do 130 °C i ciśnień do 1,6 MPa.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Podstawowe dane wejściowe do projektu węzła podane są w warunkach przyłączenia do sieci ciepłowniczej węzła cieplnego dla obiektów nowoprojektowanych lub w informacji o obiekcie (obiekty istniejące) wydawanej przez ZEC-e.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

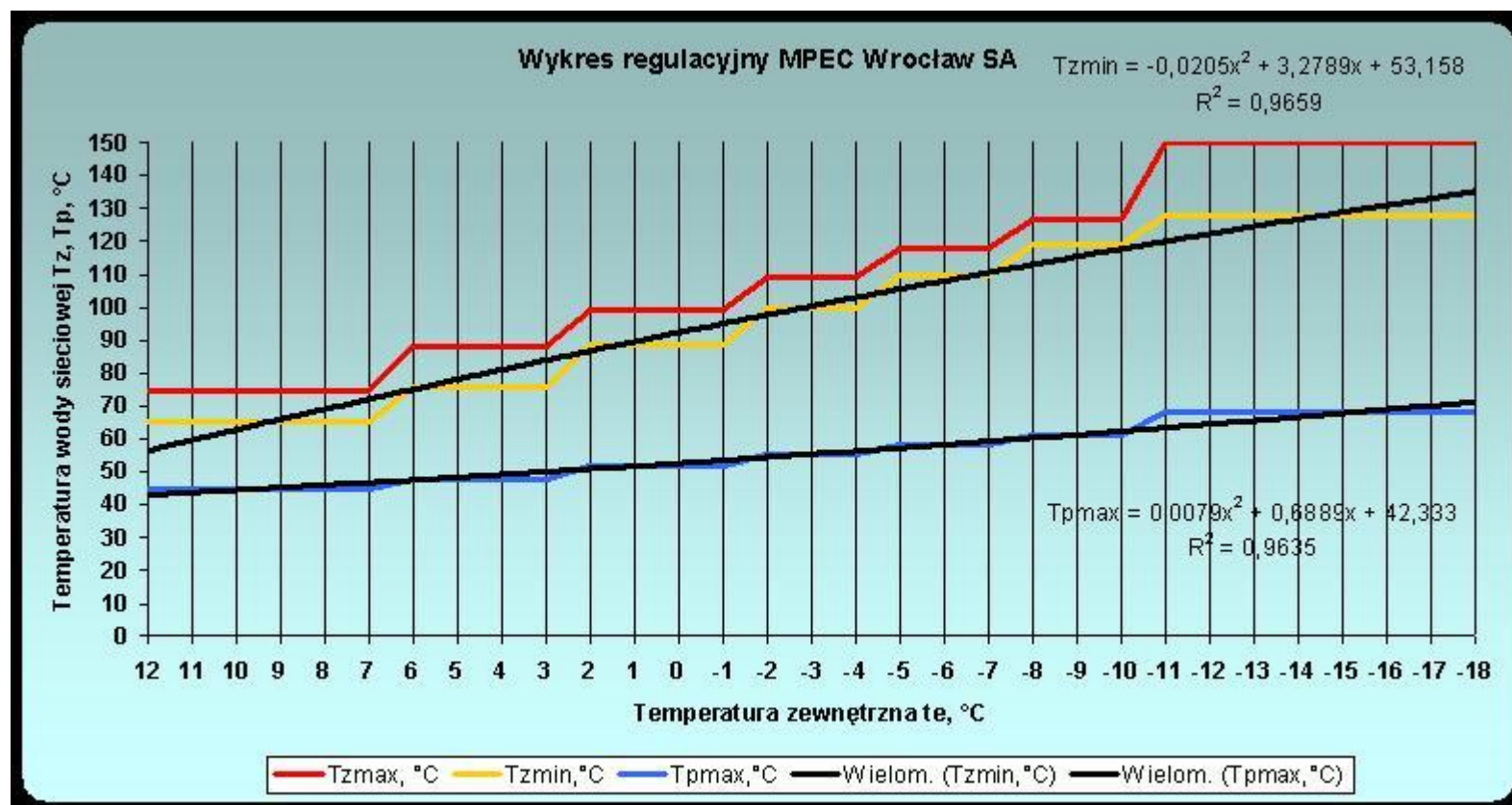
Parametry wody sieciowej

- Elementy i urządzenia w węźle cieplnym po stronie sieciowej - pod względem wytrzymałościowym - muszą być przystosowane do pracy przy parametrach wody sieciowej: temperatura 130 °C, ciśnienie 1,6 MPa.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Temperaturę wody sieciowej zasilającej do projektowych obliczeń cieplnych i hydraulicznych węzła cieplnego należy przyjmować zgodnie z zasadami doboru podstawowych elementów węzła cieplnego (wymienników, elementów automatycznej regulacji).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Temperaturę powrotu wody sieciowej z wymiennika c.o. należy określać w zależności od temperatur obliczeniowych instalacji c.o. z uwzględnieniem możliwości techniczno-eksploatacyjnych zastosowanych wymienników ciepła tj. 5°C lub 10°C powyżej poziomu powrotu wody instalacyjnej (5°C – dla wymienników płytowych oraz wymienników płaszczowo-rurowych łączonych szeregowo, 10°C – dla wymienników płaszczowo-rurowych pojedynczych lub łączonych równolegle).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W Polsce brak jest wymagań w zakresie parametrów wody instalacyjnej (w Niemczech do systemu ciepłowniczego mogą zostać przyłączeni odbiorcy, jeżeli temperatura zasilania w instalacji c.o. nie jest wyższa niż 80 °C).

Jedynym wymaganym warunkiem jest ograniczenie wartości temperatury wody powrotnej – ustalane przez PC.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dla utrzymania kosztów eksploatacji projektowanych instalacji na rozsądnie niskim poziomie zaleca się tak dobierać średnice rurociągów oraz elementy instalacji c.o., aby wyznaczone całkowite opory instalacji (łącznie z elementami instalacji znajdującymi się w węźle cieplnym) nie przekroczyły wartości **50 kPa**.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Parametry węzłów ciepłej wody

Zapotrzebowanie ciepłej wody i moc węzła c.w. dla budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego należy określać na podstawie normy PN-92/B-01706 „Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu”.

Dla innych typów budownictwa – wg wzorów empirycznych dostępnych w literaturze fachowej.

Maksymalne zapotrzebowanie ciepłej wody w **budynkach niemieszkalnych** zaleca się wyznaczać na podstawie faktycznej liczby punktów czerpalnych c.w. i założonego sposobu ich użytkowania (jednoczesności poboru ciepłej wody).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dla małych obiektów zaleca się oszacować i urealnić **wartość normatywnego czasu użytkowania** instalacji ciepłej wody, jest to szczególnie istotne w przypadku przepływowych węzłów c.w. (bezzasobnikowych).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Temperaturę ciepłej wody zasilającej instalację c.w. zaleca się korygować z racji podwyższenia temperatury ciepłej wody w punkcie czerpalcym z poziomu $45 \div 55^{\circ}\text{C}$ wg normy PN-92/B-01706 do wymaganego obecnie poziomu $55 \div 60^{\circ}\text{C}$ wg Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12.04.2002. Powoduje to konieczność skorygowania temperatury ciepłej wody na zasilaniu instalacji c.w. z poziomu max 55°C wg normy PN-92/B-01706 do wymaganego obecnie poziomu max 60°C .

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Pomieszczenie węzła powinno spełniać wymagania Prawa Budowlanego oraz być zgodne z normą PN-B-02423:1999.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Węzły c.o. i c.w. powinny być wykonane w układzie szeregowo-równoległym.

Dla węzłów o mocy $\Phi_{cwmax} \leq 75$ kW oraz 75 $kW < \Phi_{cwmax} \leq 150$ kW i $\Phi_{co}/\Phi_{cwmax} \geq 4$ dopuszcza się wykonanie węzła c.w. w układzie **równoległym**.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Hałas od urządzeń występujących w węźle cieplnym zlokalizowanym w budynku mieszkalnym lub użyteczności publicznej nie może przekraczać poziomu 65 dB określonego w normie PN-87/B-02151/02.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Węzeł c.w. powinien być opomiarowany dla potrzeb rejestracji zużycia ciepła do przygotowania ciepłej wody. Standardowym rozwiązaniem jest montaż dodatkowego ciepłomierza w obiegu c.o. w celu dokonywania obliczeń różnicowych.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W projekcie węzła c.w. należy przewidzieć rozwiązania umożliwiające wykonanie okresowej dezynfekcji termicznej instalacji c.w. zgodnie z obowiązującymi przepisami Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12.04.2002.

Urządzenia, elementy i materiały zastosowane w instalacji c.w. muszą być odporne na temperaturę min. 80°C i ciśnienie min. 0,6 MPa.

Projektowanie węzłów cieplowniczych

Urządzenia, elementy i materiały zastosowane w instalacji c.o. i c.t. muszą być odporne na temperaturę o 10°C wyższą od maksymalnej roboczej dla instalacji i na ciśnienie min. 0,6 MPa.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Ze względu na wymagania temperaturowe, jakie nakłada na instalacje ciepłej wody Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r [6.17] w nowo-projektowanych instalacjach c.w. nie należy stosować elementów i rur ocynkowanych.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zaleca się aby minimalna powierzchnia pomieszczeń przeznaczonych na dwufunkcyjny węzeł cieplny, w zależności od całkowitej mocy maksymalnej węzła wynosiła: do 75 kW – 10 m², 75 ÷ 150 kW – 15 m², 150 ÷ 500 kW – 20 m², 500 ÷ 1000 kW – 25 m², 1000 ÷ 1500 kW – 30 m².

Dla każdej dodatkowej funkcji (c.t. i inne) podane wyżej powierzchnie należy zwiększyć o 5 m² na każdą funkcję.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zaleca się aby minimalna wysokość pomieszczenia węzła wynosiła: 2,0 m dla węzłów o całkowitej mocy maksymalnej $\leq 75,0$ kW; 2,2 m dla mocy $75 \div 400$ kW włącznie; 2,5 m dla mocy $400 \div 1500$ kW włącznie oraz 2,7 m dla mocy > 1500 kW.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Opór wymiennika I stopnia po stronie sieciowej powinien być ograniczony do wartości uniemożliwiającej przekroczenie założonej różnicy ciśnień wody sieciowej na przyłączy węzła, przy czym nie należy przyjmować wartości większych od 50 kPa.

W przypadku braku możliwości dotrzymania warunków podanych wyżej część wody sieciowej powrotnej z wymiennika c.o. należy upuszczać bezpośrednio do sieci z pominięciem wymiennika I stopnia. Regulacja powinna być przeprowadzona za pomocą tzw. zaworu letniego, który powinien mieć wbudowaną opcję precyzyjnej regulacji (nastawy ręcznej).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasady stosowania wymienników w jednostopniowych układach c.w.

Zakres mocy	Instalacje c.w. stalowe ocynkowane	Instalacje c.w. z innych materiałów
$N_{cwmax} \leq 75 \text{ kW}$	Wymiennik płaszczowo - rurowy lub płytowy (skręcany lub lutowany stalą kwasoodporną)	Wymiennik płaszczowo - rurowy lub płytowy lutowany miedzią
$75 \text{ kW} < N_{cwmax} \leq 150 \text{ kW}$ i $N_{co}/N_{cwmax} \geq 4$		

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasady stosowania wymienników w dwustopniowych układach c.w.

Zakres mocy	Instalacje c.w. stalowe ocynkowane	Instalacje c.w. z innych materiałów
$75 \text{ kW} < N_{\text{cwmax}} \leq 150 \text{ kW}$ i $N_{\text{co}}/N_{\text{cwmax}} < 4$	Wymienniki płaszczowo - rurowe lub wymiennik płytowy dwustopniowy (skręcany lub lutowany stalą kwasoodporną)	Wymienniki płaszczowo - rurowe lub wymiennik płytowy dwustopniowy lutowany miedzią
$N_{\text{cwmax}} > 150 \text{ kW}$		

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasady stosowania wymienników w węzłach c.o.

Zakres mocy	Instalacje c.o. ($\Delta t_{co} < 30^{\circ}\text{C}$)	Instalacje c.o. ($\Delta t_{co} \geq 30^{\circ}\text{C}$)
$N_{co} < 40 \text{ kW}$	Wymiennik płytowy lutowany	Wymiennik płytowy lutowany
$40 \text{ kW} < N_{co} \leq 3 \text{ MW}$	Wymienniki płytowe lutowane lub wymienniki płaszczowo – rurowe (zalecane JADX)	Wymienniki płytowe lutowane lub wymienniki płaszczowo – rurowe: JADXK lub szeregowe zestawy JADX
$N_{co} > 3 \text{ MW}$	Wymienniki płytowe	Wymienniki płytowe

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Ciepłomierze

Do rozliczeń za ciepło należy stosować ciepłomierze ultradźwiękowe z opcją zdalnego odczytu.

Ciepłomierze powinny posiadać funkcję rejestracji i odczytu stanu liczydła energii cieplnej i objętości wody sieciowej na koniec miesiąca oraz maksymalnych wartości natężenia przepływu i mocy cieplnej z okresu ostatnich (co najmniej) 12 miesięcy.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Za przetwornikiem przepływu ciepłomierza należy stosować filtr siatkowy (200 oczek/cm² montowany w przeciwnym kierunku) zabezpieczający przetwornik i węzeł przed zanieczyszczeniami w czasie napełniania węzła wodą sieciową.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Pompy

Pompy stosowane w węzłach cieplnych muszą być zgodne z „Wymaganiami technicznymi dla pomp wirowych stosowanych w m.s.c. W instalacjach c.o., c.w. i c.t. zaleca się stosowanie pomp bezdławnicowych zarówno wielobiegowych jak również elektronicznych (szczególnie w przypadku automatycznej regulacji instalacji np. zaworami termostatycznymi). Dla obiektów gdzie wymagane są duże przepływy i wysokości podnoszenia należy stosować pompy dławnicowe (zalecane elektroniczne). W przypadku instalacji wyposażonej w zawory termostatyczne lub inne automatycznie działające zaleca się stosować pompy z elektronicznie regulowaną ilością obrotów.

W przypadku zastosowania pomp bez regulacji należy zastosować automatycznie działający zawór upustowy na obejściu pomp.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W przypadku gdy do węzła cieplnego doprowadzone jest zasilanie trójfazowe i gdy istnieje alternatywa wyboru pompy jedno lub trójfazowej zaleca się dobór pompy trójfazowej.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Sterowanie pracą pomp z zestawu powinno umożliwiać:

- załączanie wybranej pompy ręczne (awaryjne),
- załączenie każdej pompy automatyczne przez styk regulatora pogodowego,
- naprzemienną pracę pomp przy sterowaniu automatycznym (jeśli zastosowano zawory zwrotne po stronie tłocznej pomp),
- krótkotrwałe załączanie pomp c.o. i c.t. w okresie przerwy grzewczej,
- trwałe załączenie pompy rezerwowej przy awarii pracującej,

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Pompy c.w. powinny być wykonane z brązu lub stali nierdzewnej. Przed pompami cyrkulacyjnymi c.w. należy stosować filtr magnetyczny.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zabezpieczenie instalacji odbiorczych przed przekroczeniem dopuszczalnego ciśnienia i temperatury.

Zabezpieczenie instalacji odbiorczych przed przekroczeniem dopuszczalnego ciśnienia powinno być realizowane w węzłach cieplnych zgodnie z wymaganiami norm:

- w instalacjach c.o. i c.t. – zawór bezpieczeństwa i naczynie wzbiornicze właściwe dla systemu zamkniętego wg PN-B-02414 oraz PN-B-02416,
- w instalacjach c.w. – zawór bezpieczeństwa wg PN-B-02440 i ewentualnie naczynie wzbiornicze (w przypadku dużych instalacji c.w.).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zabezpieczenie instalacji odbiorczych przed przekroczeniem dopuszczalnej temperatury:

- w instalacjach c.w. – bezpiecznik temperatury ciepłej wody STB (z siłownikiem z funkcją awaryjnego zamykania).
- w instalacjach c.o. i c.t. – termostat STW dla instalacji z materiałów o ograniczonej odporności temperaturowej (z siłownikiem z funkcją awaryjnego zamykania).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Na rurze bezpieczeństwa wymagany jest zawór bezpieczeństwa w przypadku gdy maksymalne ciśnienie robocze dla naczynia wzbiorczego jest mniejsze niż maksymalne ciśnienie wody uzupełniającej.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Filtry i odmulacze

Do oczyszczania wody sieciowej w węzłach należy stosować odmulacze na zasilaniu węzła oraz filtry siatkowe (400 oczek/cm²).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W instalacjach c.o.(c.t.) nowych lub całkowicie modernizowanych (z wymianą grzejników) niezależnie od mocy instalacji nie stosować odmulacza tylko filtr siatkowy (400 oczek/cm²) na powrocie z instalacji.

W innych przypadkach na powrocie z instalacji c.o. o mocy powyżej 75 kW i c.t. o mocy powyżej 150 kW zaleca się stosować odmulacze sedymentacyjno-magnetyczne lub z wkładką magnetyczną a między odmulaczem i wymiennikiem dodatkowo filtr siatkowy (400 oczek/cm²). Dla mniejszych mocy ciepłych instalacji można stosować tylko filtr siatkowy.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Na zasilaniu instalacji c.w. wodą wodociągową oraz w instalacji cyrkulacyjnej c.w. (na powrocie z cyrkulacji przez budynek) należy stosować filtry magnetyczne o średnicy zgodnej ze średnicą rurociągu.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Rurociągi

Na rurociągi instalacyjne c.w. należy stosować rury miedziane, rury z tworzyw sztucznych (np. PEX, PB) lub rury ze stali kwasoodpornej. Dopuszcza się zastosowanie rur z innych materiałów.

Materiały zastosowane po stronie instalacyjnej węzła muszą być dostosowane do materiałów zastosowanych w instalacjach wewnętrznych.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Rurociągi wykonane z rur stalowych czarnych powinny być zabezpieczone powłoką farby antykorozyjnej zgodnie z wymaganiami COBRTI INSTAL [7.18].

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Termometry należy lokalizować (patrz schematy węzłów):

- na zasilaniu i powrocie węzła podłączeniowego,
- na powrocie sieciowym z wymienników c.o., c.t. i innych (poza c.w.),
- na zasilaniu i powrocie wymiennika c.o., c.t. po stronie instalacyjnej,
- na rozdzielaczach, kolektorach lub, w przypadku ich braku, przewodach instalacyjnych wejściowych i wyjściowych z pomieszczenia węzła cieplnego,
- w sąsiedztwie czujników automatycznej regulacji temperatury lub pomiaru ciepła o ile znajdują się one w miejscach innych niż wyżej wymienione,
- na powrocie cyrkulacji ciepłej wody.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Manometry należy lokalizować w miejscach wskazanych na schematach:

- na węźle podłączeniowym bezpośrednio za zaworami przyłącza sieci, za odmulaczem i filtrem, za regulatorem $\Delta p/V$ oraz w miejscu podłączenia przewodu impulsowego regulatora $\Delta p/V$,
- w miejscach przewidywanej zmiany (przyrostu) oporów przepływu, dla zapewnienia możliwości pomiaru spadków ciśnień na tych odcinkach (np. na odmulaczach),
- przed i za pompami obiegowymi; po stronie tłocznej należy zastosować manometr kontaktowy realizujący funkcję ochrony przed suchobiegiem,
- w punktach stabilizacji ciśnienia wody w instalacji.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Instalacja uzupełniania wody – jakość wody instalacyjnej

Woda instalacyjna musi spełniać wymagania normy PN-93/C-04607.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasobniki c.w.

Zasobniki c.w. mogą być stosowane w małych węzłach o mocy $\Phi_{cwmax} < 50$ kW, w większych węzłach na życzenie odbiorcy.

Nie zaleca się stosowania węzłów z zasobnikiem c.w. w budynkach wielorodzinnych o mocy $\Phi_{cwmax} \geq 50$ kW.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasobniki c.w. powinny być wykonane ze stali nierdzewnej, inne materiały w uzgodnieniu z PEC.

W przypadku stosowania więcej niż jednego zasobnika zalecane jest połączenie szeregowe z wydzieleniem części zimnej i ciepłej.

Praca zasobników może odbywać się z wykorzystaniem dwóch oddzielnych pomp cyrkulacyjnej i ładującej (rozwiązanie zalecane) lub z zastosowaniem jednej pompy ładująco-cyrkulacyjnej.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W obiegu ładowania zasobnika należy zainstalować zawór regulacyjny dostosowany do przepływu w obu kierunkach, gdyż przepływ odbywa się naprzemian do zasobnika lub z zasobnika ciepła. W przypadku zbyt szybkiego rozładowywania zasobnika ciepła należy zwiększyć spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym zainstalowanym w obwodzie ładowania (przy zasobniku), pozostawiając przepływ w cyrkulacji głównej na poziomie 20% maksymalnego przepływu w instalacji c.w. (skorygowany na uzyskanie temperatury powrotu cyrkulacji ok. 40°C).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zabezpieczenie przed Legionellą

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002, instalacja ciepłej wody powinna umożliwiać przeprowadzenie jej okresowej dezynfekcji termicznej przy temperaturze wody nie niższej niż 70°C . Jeżeli regulator realizujący funkcję dezynfekcji termicznej wymaga pomiaru temperatury w instalacji cyrkulacyjnej to należy zastosować dodatkowy zanurzeniowy czujnik temperatury na powrocie ciepłej wody z instalacji cyrkulacyjnej. Czujnik ten będzie wykorzystany do kontroli temperatury ciepłej wody w obiegu cyrkulacyjnym podczas procesu dezynfekcji termicznej realizowanego w sposób automatyczny.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Instalacja elektryczna

Wszystkie urządzenia węzła ciepłego wymagające zasilania elektrycznego powinny być zasilane z rozdzielni elektrycznej zlokalizowanej w węźle.

Instalację oświetleniową zaleca się wykonać w budynkach mieszkalnych oprawami żarowymi ZOP-100 (jeśli wysokość pomieszczenia węzła jest $\geq 2,5$ m) i oprawami kanałowymi z siatką ochronną OK-4 (jeśli wysokość pomieszczenia węzła jest $< 2,5$ m).

Wymagane natężenie oświetlenia $E_{\text{śr}}$ zgodne z PN-EN 12464-1 (min. 100Lx).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W pomieszczeniu węzła przewidzieć instalację połączeń wyrównawczych, wykonaną płaskownikiem ocynkowanym. Wyłącznik główny rozdzielnicy umieścić na drzwiczkach rozdzielnicy. Rozdzielnicę umieszczać blisko wejścia do pomieszczenia węzła. Rozdzielnicę wyposażać w gniazdo serwisowo - remontowe 10/16A z zabezpieczeniem 16A. Gniazdo mocować na bocznej ścianie rozdzielnicy.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Regulatora pogodowego nie należy umieszczać w rozdzielnicy węzła.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Założenia do obliczeń

Zapotrzebowanie na moc cieplną dla c.w.

Obliczeniową moc cieplną oraz przepływy obliczeniowe do wymiarowania węzła c.w. dla budownictwa mieszkaniowego określa norma PN-92/B-01706. Jednak dla małych obiektów wartości mocy cieplnej węzła c.w. określone wg normy PN-92/B-01706 są zbyt małe.

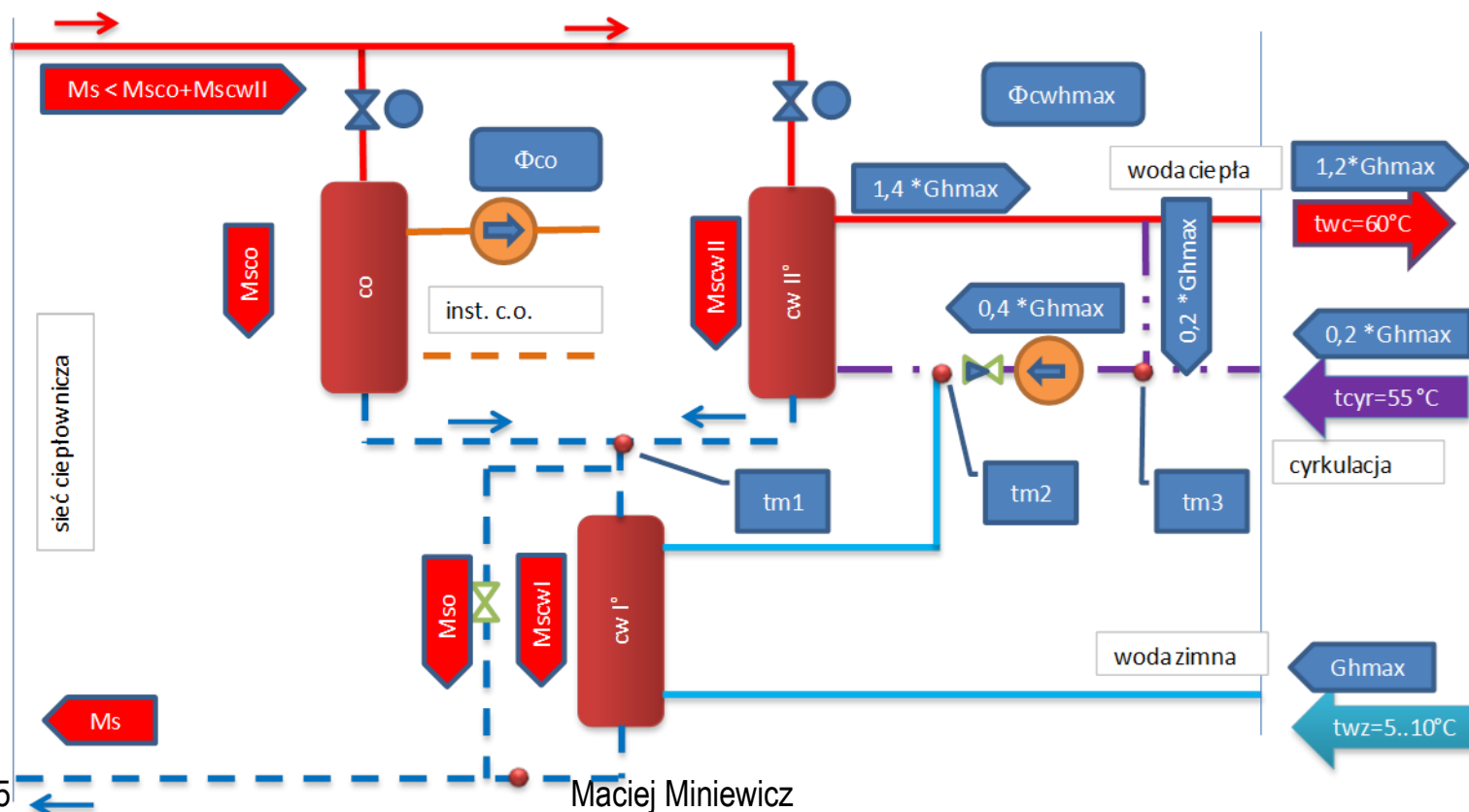
Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Tabela. Obliczeniowa moc cieplna węzłów c.w. (bezzasobnikowych) wg obowiązującej normy PN-92/B01706 oraz urealnionych czasów rozbioru ciepłej wody (dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę 110 litrów na osobę)

Ilość osób	Godzinowy współczynnik nierównomierności rozbioru c.w.	Czas poboru c.w.	Średniodobowa moc c.w.	Maksymalna moc c.w.
n	K_h	τ [h]	$N_{cw\ sr}$ [kW]	$N_{cw\ max}$ [kW]
1	9,32	3	2,1	19,6
2	7,87	3,5	3,6	28,3
3	7,13	4	4,7	33,7
4	6,65	4,5	5,6	37,2
5	6,29	5	6,3	39,6
6	6,02	5,5	6,9	41,4
7	5,80	6	7,4	42,6
8	5,61	6,5	7,8	43,5
9	5,45	7	8,1	44,1
10	5,31	7,5	8,4	44,6
12	5,08	8	9,5	48,0
15	4,81	9	10,5	50,5
20	4,49	10	12,6	56,5
30	4,06	12	15,7	64,0
40	3,79	14	18,0	68,2
50	3,59	16	19,7	70,6
65	3,37	17	24,1	81,0
100	3,03	18	35,0	106,0
150	2,74	18	52,5	144,0
200	2,56	18	70,0	179,0
250	2,42	18	87,5	211,9
300	2,32	18	105,0	243,2

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Schemat obliczeniowy węzła



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Natężenia przepływu wody sieciowej i instalacyjnej do projektowych obliczeń hydraulicznych.

Natężenie przepływu wody sieciowej dla węzła cieplnego szeregowo-równoległego należy określać zgodnie z zależnością:

$$M_s = \frac{\Phi_{co}}{c_w \cdot \Delta T_{co}} + \frac{a_{II} \cdot \Phi_{cwmax}}{c_w \cdot \Delta T_{II}} \text{ kg/s}$$
$$\Delta T_{co} = T_z - (t_p + 5); \quad \Delta T_{II} = 24^\circ \text{C}$$

a_{II}=0,5

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Natężenie przepływu wody sieciowej przez węzeł c.o. należy określać wg zależności:

$$M_{sco} = \frac{\Phi_{co}}{c_w \cdot \Delta T_{co}} \quad kg/s$$

Natężenie przepływu wody sieciowej przez II stopień węzła c.w. należy określać wg zależności:

$$M_{scw} = \frac{a_{II} \cdot \Phi_{cwmax}}{c_w \cdot \Delta T_{II}} \quad kg/s$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

gdzie:

a_{II} – udział mocy II stopnia c.w. (łącznie z cyrkulacją) w szczycie rozbioru ciepłej wody,

współczynnik a_{II} przyjmuje wartości:

$a_{II} = 0,45 \div 0,55$ dla węzłów bezzasobnikowych (zalecana wartość $a_{II} = 0,5$)

$a_{II} = 0,3 \div 0,4$ dla węzłów z zasobnikiem c.w. (zalecana wartość $a_{II} = 0,35$)

Straty ciepła w cyrkulacji c.w. przyjęto na poziomie $0,05 \Phi_{cw \max}$.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Natężenie przepływu wody sieciowej przez I stopień węzła c.w. (za wyjątkiem przypadków gdy zastosowano upust na I st. c.w.) należy przyjąć równe:

$$M_{scwI} = M_{sco} + M_{scwII}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Natężenie przepływu wody sieciowej przez **równoległy jednostopniowy** węzeł c.w. dla okresu przejściowego oraz dla lata z uwzględnieniem cyrkulacji c.w. należy określać z zależności:

$$M_{scw} = \frac{1,05 \cdot \Phi_{cw \max}}{c_w \cdot \Delta T_{cw}}$$

gdzie:

ΔT_{cw} - różnica temperatur wody sieciowej na wymiennikach c.w. przy maksymalnym rozbiorze c.w. w okresie przejściowym oraz letnim,

$\Delta T_{cw} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}.$

Straty ciepła w cyrkulacji c.w. przyjęto na poziomie $0,05 \Phi_{cw \max}$.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Natężenie przepływu wody sieciowej przez **dwustopniowy szeregowo-równoległy** węzeł c.w. dla okresu lata należy określać wg zależności:

$$M_{sL} = \frac{1,05 \cdot \Phi_{cw \max}}{c_w \cdot \Delta T_L} \text{ kg/s}$$

gdzie:

ΔT_L - różnica temperatur wody sieciowej na wymiennikach c.w. przy maksymalnym rozbiorze c.w. w okresie lata, $\Delta T_L = 47 \text{ }^\circ\text{C}$.

Straty w cyrkulacji c.w. przyjęto na poziomie $0,05 \Phi_{cw \max}$.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Natężenie przepływu wody instalacyjnej przez węzeł c.o. wg zależności:

$$G_{co} = \frac{\Phi_{co}}{c_w \cdot \Delta t_{co}} \quad kg/s$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Maksymalne natężenie przepływu ciepłej wody przez I stopień węzła c.w. wg zależności:

$$G_{cwI} = G_{cw\max} = \frac{\Phi_{cw\max}}{c_w \cdot \Delta t_{cw}} \text{ kg/s}$$

gdzie:

Δt_{cw} – podgrzew wody wodociągowej w węźle c.w. $\Delta t_{cw} = (t_{cw} - t_{zw}) = 55^\circ\text{C}$,

t_{cw} - temperatura ciepłej wody za wymiennikiem II stopnia, $t_{cw} = 60^\circ\text{C}$,

t_{zw} - temperatura zimnej wody przed wymiennikiem I stopnia, $t_{zw} = 5$
lub 10°C ,

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Maksymalne natężenie przepływu ciepłej wody przez II stopień bezzasobnikowego węzła c.w. wg zależności:

$$G_{cwII} = 1,4 \cdot G_{cwmax} \quad kg/s$$

Natężenie przepływu w obiegu cyrkulacji c.w. w szczycie rozbiorów ciepłej wody przyjęto: przez budynek $0,2G_{cw max}$ i przez spinkę $0,2G_{cw max}$.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Podstawowe założenia do doboru elementów węzła

Do prawidłowego doboru wielkości zaworu regulacyjnego i określenia warunków właściwego działania regulatora projektant powinien otrzymać od dostawcy ciepła następujące dane:

- maksymalną i minimalną dyspozycyjną różnicę ciśnień, jaka występuje w danym rejonie zasilania w sezonie grzewczym i w okresie lata,
- minimalne ciśnienie zasilania, jakie występuje w danym rejonie zasilania.

Dane te są niezbędne do określenia warunków pracy regulatora bez występowania hałasu i zjawisk kawitacyjnych.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Do obliczeń wielkości zaworu regulacyjnego c.o. zaleca się przyjmowanie obniżonego natężenia przepływu wody sieciowej w gałęzi c.o. przy maksymalnie otwartych obu zaworach regulacyjnych w zależności od stosunku mocy cieplnej na c.o. i c.w. według zaleceń w wytycznych doboru elementów automatyki.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W celu prowadzenia efektywnej gospodarki ciepłem zaleca się stosowanie układów automatycznej regulacji umożliwiających pokrywanie szczytowego zapotrzebowania ciepła na cele c.w. kosztem osłabienia c.o. – priorytet c.w.

Priorytet dla przygotowania c.w. można realizować następująco:

- stosując regulator elektroniczny podwójny (dla c.o. i c.w.) z funkcją priorytetu dla c.w.,
- stosując regulator elektroniczny c.o. z możliwością programowego obniżania nastawy temperatury c.o. w okresach szczytowego poboru c.w.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Priorytet dla przygotowania c.w. można również w niewielkim zakresie zapewnić tak dobierając zawory regulacyjne w gałęzi c.o. i w gałęzi c.w., aby przy maksymalnie otwartych obu zaworach regulacyjnych natężenie przepływu w gałęzi c.w. było większe od obliczeniowego, a natężenie przepływu w gałęzi c.o. było mniejsze od obliczeniowego.

Jest to tzw. „priorytet hydrauliczny”. Zaleca się, aby priorytet hydrauliczny w odniesieniu do spadków ciśnień w obiegach c.o. i c.w. nie był większy niż 25% (opór hydrauliczny obiegu c.o. o 25% większy od oporu obiegu c.w.).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Natężenie przepływu ciepłej wody przez dodatkowy krótki obieg cyrkulacyjny (tzw. spinkę) powinno wynosić ok. $0,2G_{cwmax}$. Pompa cyrkulacyjna powinna być dobrana na ok. $0,4G_{cwmax}$.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Podstawowe dane do doboru wymienników ciepła do węzła c.o. i c.w. powinny obejmować następujące wielkości:

- maksymalne zapotrzebowanie ciepła dla c.o., Φ_{co} ,
- maksymalne zapotrzebowanie ciepła na c.w., Φ_{cwmax} ,
- dopuszczalne straty ciśnienia na każdym wymienniku po stronie wody sieciowej i instalacyjnej,
- temperatura wody sieciowej w warunkach obliczeniowych i w okresie przejściowym,
- parametry obliczeniowe instalacji c.o.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Średnice rurociągów wody sieciowej i instalacyjnej

Zalecane prędkości przepływu wody dla doboru średnic rurociągów węzła ciepłowniczego wynoszą:

- po stronie wody sieciowej:
 - dla średnicy rurociągu do DN 65 – $0,8 \div 1,2$ m/s,
 - dla średnicy rurociągu powyżej DN 65 – $1,0 \div 1,5$ m/s,
 - węzeł przyłączeniowy $0,8 \div 1$ m/s,
- po stronie wody instalacyjnej:
 - dla średnicy rurociągu do DN 80 – $0,8 \div 1,5$ m/s,
 - dla średnicy rurociągu powyżej DN 80 – $0,8 \div 2$ m/s.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dla rurociagu cyrkulacyjnego ciepłej wody przyjęto maksymalną prędkość 0,6 m/s.

Dla węzłów kompaktowych dopuszcza się zwiększenie maksymalnych prędkości w rurociągach węzła zarówno po stronie sieciowej jak i instalacyjnej do 2 m/s (na przyłączy węzła do 1,5 m/s, a w cyrkulacji c.w. do 0,8 m/s).

Przy doborze średnic należy kierować się warunkami hydraulicznymi w rejonie zasilania węzła.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasady doboru wymienników ciepła do węzłów cieplnych.

Zaleca się stosowanie układu bezzasobnikowego z pompą cyrkulacyjną i dodatkowym, krótkim obiegiem cyrkulacyjnym (tzw. spinką).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasady stosowania wymienników ciepła

Efektywna praca wymienników ciepła w węzłach cieplnych uzależniona jest od wielu czynników takich jak:

- własności cieplne i hydrauliczne wymienników
- konstrukcja i zastosowane materiały,
- dopuszczalne parametry robocze,
- własności eksploatacyjne oraz żywotność wymiennika,
- ograniczenia wynikające ze współpracy wymiennika z instalacją.

Analiza tych czynników oraz kosztów zakupu i kosztów eksploatacji wymienników kształtuje zasady stosowania wymienników w węzłach cieplnych.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W obecnych warunkach ekonomicznych nieopłacalne jest stosowanie wymienników płytowych skręcanych w węzłach c.o. i c.w. ze względu na wysoką cenę oraz znaczne koszty eksploatacyjne w porównaniu do wymienników płytowych lutowanych oraz wymienników typu JAD. Ewentualne zastosowanie wymienników płytowych skręcanych powinno być poprzedzone analizą ekonomiczną.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zastosowanie wymienników płytowych lutowanych miedzią w instalacjach wykonanych z rur stalowych ocynkowanych powoduje duże zagrożenie powstania korozji elektrochemicznej oraz szybkiego uszkodzenia instalacji i wymienników ciepła.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wymienniki płytowe lutowane stalą kwasoodporną, czyli tym samym materiałem, z którego wykonane są płyty mogą być stosowane we wszystkich instalacjach.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Ze względu na koszty wykonania i eksploatacji węzłów cieplnych, należy dążyć do zastosowania jak najmniejszej ilości wymienników w węźle. Zastosowanie równoległej baterii wymienników typu JAD może być uzasadnione ze względu na warunki hydrauliczne (dopuszczalne spadki ciśnienia 30 kPa po stronie instalacyjnej c.o., 50 kPa po stronie sieciowej) lub konieczność uzyskania większej mocy cieplnej.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Szeregowe zestawy wymienników typu JAD mogą być stosowane w celu uzyskania większego podgrzewu wody instalacyjnej, lub większego schłodzenia wody sieciowej (stare instalacje o wysokich temperaturach zasilania). Wówczas dopuszczalny spadek ciśnienia po stronie instalacyjnej wymiennika może być zwiększony do 40 kPa. W takich przypadkach alternatywnym rozwiązaniem może być zastosowanie wymiennika płytowego lub wymiennika JAD XK.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasady doboru wymienników ciepła typu JAD i płytowych.

- Wymienniki ciepła dobiera się do węzłów cieplnych dla najbardziej niekorzystnych warunków pracy. Dla węzłów c.o. i c.t. są to tzw. warunki obliczeniowe czyli występujące przy obliczeniowej temperaturze zewnętrznej

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- dla węzłów c.w. występują w szczycie rozbiorów ciepłej wody w okresie przejściowym gdy funkcjonuje jeszcze ogrzewanie a temperatura wody sieciowej osiąga minimalne wartości. Jako szczytowe zapotrzebowanie ciepła na c.w. przyjmuje się maksymalną godzinową moc cieplną niezbędną do podgrzania ciepłej wody do normatywnej temperatury w okresie godziny największego jej poboru. Maksymalna godzinowa moc na c.w. $\Phi_{cw, max}$ jest na ogół większa 2÷3 razy od mocy średniodobowej na c.w. $\Phi_{cw, sr}$.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Do doboru wymienników należy określić parametry dla warunków obliczeniowych, a mianowicie:

- wymaganą maksymalną moc cieplną,
- natężenie przepływu czynnika grzejnego,
- natężenie przepływu czynnika ogrzewanego,
- temperaturę czynnika grzejnego na zasilaniu i powrocie z wymiennika,
- temperaturę czynnika ogrzewanego na zasilaniu i powrocie z wymiennika,
- dopuszczalny spadek ciśnienia po stronie grzejnej wymiennika,
- dopuszczalny spadek ciśnienia po stronie ogrzewanej wymiennika,
- przewymiarowanie wymiennika ciepła lub dopuszczalny opór cieplny osadów.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Tabela 1. Zakresy mocy wymienników typu JAD dla c.w., $T_z=72^\circ\text{C}$, (dla układów 2-stopniowych $N_{co}/N_{cwmax} \leq 2$).

Wielkość wymiennika JAD lub JAD X	Zakres mocy N_{cwmax} wymiennika w układzie jednostopniowym [kW]	Zakres mocy N_{cwmax} w układzie dwustopniowym (po jednym wymienniku na stopniu) [kW]
2.11	≤ 20	20÷30
3.18	20÷50	30÷100
5.38	50÷80	100÷150
6.50	80÷110	150÷250
9.88	110÷150	250÷400

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Tabela 2. Zakresy mocy cieplnej wymienników płaszczowo-rurowych typu JAD, JADX, JAD XK w kW przy $T_c=122^\circ\text{C}$ dla różnych parametrów instalacji c.o. przy założeniu 10% przewymiarowania. Przyjęte ograniczenia: dopuszczalne opory hydrauliczne wymiennika $\Delta p_1 \leq 30\text{kPa}$ i $\Delta p_2 \leq 50\text{kPa}$, różnica temperatur wody sieciowej i instalacyjnej na zimnym końcu wymiennika $\leq 10^\circ\text{C}$.

	Parametry instalacji c.o.	95/65	90/65	85/65	95/60	90/60	85/60	80/60	75/60	85/55	80/55	75/55	70/55	80/50	75/50	70/50
JAD	3/18		50+110	50+150			50+120	50+130	50+130		50+120	50+130	50+130		50+120	50+140
	5/36		110+160	150+260			120+180	120+200	120+250		120+180	120+270	120+250		120+190	140+280
	6/50		160+220	260+360			180+240	260+360	250+310		180+240	270+370	250+310		190+250	280+380
JAD X	2/11		40+60	40+90			40+60	40+80	40+60		40+60	40+80	40+60		40+60	40+80
	3/18		60+110	90+170			60+120	80+180	60+120		60+120	80+180	60+120		60+120	80+180
	5/38		110+190	170+250			120+200	180+300	120+250		120+200	180+310	120+250		120+210	180+320
	6/50		190+250	290+380			280+260	300+400	250+310		200+270	310+410	250+310		210+270	320+420
	9/83		250+440	380+660			260+500	400+650	310+620		270+520	410+680	310+620		270+540	420+710
	12/114		440+820	660+780			580+980	620+790	620+750		520+980	680+790	620+750		540+990	710+790
JAD XK	2/11		40+60	40+70	40+60	40+70	40+80	40+70		40+70	40+80	40+70		40+70	40+80	40+70
	3/18		60+90	70+120	60+100	70+120	80+130	70+120		70+120	80+140	70+140		70+120	80+160	70+160
	5/38		90+200	120+310	120+260	180+180	120+270	120+320		120+300	140+300	140+250		120+350	160+380	160+260
	6/50		200+280	310+360	260+300	180+230	270+320	220+380		200+350	260+380	250+310		250+390	300+390	260+310
	9/83		280+450	360+530	380+570	230+350	320+520	380+600		350+580	380+620	310+640		390+640	390+780	310+710
	12/114		450+500	520+620	570+620	350+670	520+560	600+680		580+620	620+750	660+750		640+680	700+820	710+790

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Warunki dla doboru wymienników do węzłów c.o. i c.t.:

Wymiennik c.o. należy dobierać na warunki obliczeniowe. Podstawową daną do doboru wymiennika c.o. (c.t.) jest maksymalne zapotrzebowanie ciepła na ogrzewanie Φ_{comax} .

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Warunki, jakie należy przyjąć do doboru wymienników c.o. i c.t.:

- temperatura wody sieciowej na wejściu do wymiennika $T_z = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- różnica temperatur czynników na zimniejszym końcu wymiennika nie większa niż $5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- temperatury wody instalacyjnej zgodne z danymi projektowymi,
- dobór wymiennika należy przeprowadzić z uwzględnieniem **10 %** przewymiarowania wymiennika – nie stosując innych współczynników mających wpływ na zwiększenie wymiennika,
- maksymalna prędkość wody w króćcach wymiennika po stronie wody instalacyjnej nie może przekroczyć wartości $3,5\text{ m/s}$.
- maksymalne opory hydrauliczne wymiennika po uwzględnieniu 10 % przewymiarowania nie mogą przekroczyć wartości:
 - po stronie wody instalacyjnej 30 kPa
 - po stronie wody sieciowej 50 kPa

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Warunki dla doboru wymienników do dwustopniowych węzłów ciepłej wody.

Wymienniki c.w. należy dobierać na **warunki okresu przejściowego** i maksymalny godzinowy rozbiór ciepłej wody. Podstawową daną do doboru wymienników c.w. jest maksymalne zapotrzebowanie ciepła na ciepłą wodę Φ_{cwmax} .

Dobór wymienników do dwustopniowych węzłów ciepłej wody należy rozpocząć od doboru wymiennika I stopnia c.w.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Poniżej przedstawiono warunki, jakie należy przyjąć do doboru wymienników c.w.:

Parametry do doboru wymiennika I stopnia podgrzewu c.w.:

- temperatura wody sieciowej przed I stopniem 45 oC
- temperatura wody instalacyjnej przed I stopniem 5-10 oC
- przewymiarowanie wymiennika 0 %
- moc cieplna I stopnia podgrzewu:

$$\Phi_{cwI} = (1,05 - a_{II}) \cdot \Phi_{cw\max} \quad kW$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- różnica temperatur wody sieciowej na I stopniu przy maksymalnym rozbiorze c.w.:

$$\Delta T_I = \frac{\Phi_{cwI}}{c_w \cdot M_{sI}} \quad ^\circ C$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Jeśli $\Delta T_I < 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (tzn. $T_p > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) należy skorygować wartość wsp. a_{II} zmniejszając ją do wartości zapewniającej $\Delta T_I \geq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Jeśli skorygowana wartość wsp. a_{II} będzie mniejsza niż 0,45 należy przyjąć $a_{II} = 0,45$ i zmniejszyć odpowiednio strumień wody sieciowej przez wymiennik I stopnia (tak aby $\Delta T_I \geq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) zakładając, że część strumienia będzie skierowana bezpośrednio do powrotu (z pominięciem wymiennika I stopnia).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Do doboru wymiennika I stopnia należy wówczas przyjąć skorygowaną wartość strumienia wody sieciowej:

$$M_{skorI} = \frac{0,6 \cdot \Phi_{cwmax}}{c_w \cdot 20} \text{ kg/s}$$

- maksymalny spadek ciśnienia na I stopniu:
 - woda sieciowa 35 kPa
 - woda instalacyjna 20 kPa

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dobór wymiennika należy przeprowadzić z jak najmniejszym przewymiarowaniem – nie stosując innych współczynników mających wpływ na zwiększenie powierzchni wymiennika.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Parametry do doboru wymiennika II stopnia podgrzewu c.w.:

- temperatura wody sieciowej przed II stopniem 72 °C
- temperatura wody sieciowej za II stopniem 48 °C
- temperatura ciepłej wody za II stopniem 60 °C
- przewymiarowanie wymiennika 0 %
- moc cieplna II stopnia podgrzewu:

$$\Phi_{cwII} = a_{II} \cdot \Phi_{cwmax} \quad kW$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Należy przyjąć wartość współczynnika a_{II} ustaloną przy obliczaniu I stopnia c.w.

- natężenie przepływu wody sieciowej wg zależności:

$$M_{sII} = \frac{a_{II} \cdot \Phi_{cw\max}}{c_w \cdot \Delta T_{II}} \quad kg/s$$

- natężenie przepływu w cyrkulacji ciepłej wody (łącznie ze „spinką cyrkulacyjną w węźle) powinno wynosić $0,4G_{cwl}$,

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- natężenie przepływu wody instalacyjnej wg zależności:

$$G_{cwII} = 1,4 \cdot G_{cwI} \quad kg/s$$

- temperaturę wody instalacyjnej przed II stopniem należy określić z zależności:

$$t_{cwII} = t_{cw} - \frac{\Phi_{cwII}}{c_w \cdot G_{cwII}} \quad ^\circ C$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- maksymalny spadek ciśnienia na II stopniu:

- woda sieciowa 25 kPa
- woda instalacyjna 40 kPa

Dobór wymiennika należy przeprowadzić z jak najmniejszym przewymiarowaniem – nie stosując innych współczynników mających wpływ na zwiększenie powierzchni wymiennika.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wykaz oznaczeń:

ΔT_I – różnica temperatur wody sieciowej na I stopniu przy maksymalnym rozbiorze c.w. w okresie przejściowym $\Delta T_I \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$,

ΔT_{II} – różnica temperatur wody sieciowej na II stopniu przy maksymalnym rozbiorze c.w. w okresie przejściowym $\Delta T_{II} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$,

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

ΔT_L - różnica temperatur wody sieciowej w węźle c.w.
w warunkach letnich przy maksymalnym rozbiorze
cieplej wody, $\Delta T_L = 47\text{ }^{\circ}\text{C}$,

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wymienniki ciepła dla c.w. powinny zapewniać uzyskanie temperatury ciepłej wody 60 °C w warunkach ich doboru.

Dobre wymienniki c.w. powinny zostać sprawdzone dla warunków letnich.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Warunki dla sprawdzenia pracy wymienników w okresie letnim.

Sprawdzenie wymienników dla warunków letnich należy rozpocząć od określenia mocy II stopnia c.w. oraz temperatury ciepłej wody dla warunków pracy w okresie letnim:

Parametry do sprawdzenia doboru wymiennika II stopnia podgrzewu c.w.:

- temperatura wody sieciowej przed II stopniem 70 °C
- temperatura wody instalacyjnej przed II stopniem 41 °C
- natężenie przepływu wody sieciowej przez wymiennik II stopnia w okresie letnim wg zależności:

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

$$Ms_L = \frac{1,05 \cdot \Phi_{cw \max}}{c_w \cdot \Delta T_L} \quad kg/s$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

gdzie:

M_{SL} – maksymalne natężenie przepływu wody sieciowej przez węzeł c.w. w okresie letnim,

ΔT_L - różnica temperatur wody sieciowej w węźle c.w. w warunkach letnich przy maksymalnym rozbiorze ciepłej wody, $\Delta T_L = 47 \text{ } ^\circ\text{C}$,

- natężenie przepływu wody instalacyjnej wg zależności:

$$G_{cwII} = 1,4 \cdot G_{cwmax} \quad kg/s$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- maksymalny spadek ciśnienia na II stopniu:

- woda sieciowa 25 kPa
- woda instalacyjna 40 kPa

Dla podanych powyżej parametrów należy określić temperaturę wody sieciowej za wymiennikiem II stopnia c.w. w warunkach letnich (nie może być wyższa niż 50 °C), która posłuży do sprawdzenia wymiennika I stopnia.

Temperatura ciepłej wody na wyjściu z wymiennika II stopnia c.w. w okresie letnim powinna wynosić 60 °C.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Parametry do sprawdzenia doboru wymiennika I stopnia podgrzewu c.w.:

- temperatura wody sieciowej przed I stopniem równa temperaturze za II stopniem obliczonej dla warunków letnich,
- temperatura wody instalacyjnej przed I stopniem 5 - 10 °C
- natężenie przepływu wody sieciowej przez wymiennik I stopnia w okresie letnim równe M_{SL} ,
- natężenie przepływu wody instalacyjnej G_{cwmax}

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

gdzie:

Δt_{cw} – różnica temperatur ciepłej i zimnej wody, °C,

- maksymalny spadek ciśnienia na I stopniu:

- woda sieciowa 35 kPa
- woda instalacyjna 20 kPa

Sumaryczna moc cieplna wymienników I i II stopnia podgrzewu c.w. w warunkach letnich powinna wynosić co najmniej $1,05\Phi_{cwmax..}$

W przypadku gdy dobrane wymienniki ciepła są niewystarczające w warunkach letnich należy zwiększyć przewymiarowanie wymienników i powtórzyć dobór.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Warunki doboru wymienników do jednostopniowych węzłów c.w.

W węźle cieplnym z jednostopniowym podgrzewem ciepłej wody wymiennik c.w. włączony jest równolegle w stosunku do wymiennika c.o.

Cyrkulacja ciepłej wody musi być wówczas włączona do zasilania wymiennika wodą wodociągową i podwyższa temperaturę wody instalacyjnej zasilającej wymiennik c.w. do ok. 19°C .

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wymiennik c.w. należy dobierać na warunki okresu przejściowego i maksymalny godzinowy rozbiór ciepłej wody.

Podstawową daną do doboru wymiennika c.w. jest maksymalne zapotrzebowanie ciepła na ciepłą wodę Φ_{cwmax} .

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Parametry do doboru jednostopniowego wymiennika c.w.:

- temperatura wody sieciowej przed wymiennikiem 70°C
- temperatura wody instalacyjnej przed wymiennikiem 19°C
- temperatura ciepłej wody 60°C
- przewymiarowanie wymiennika 0%
- moc cieplna wymiennika ciepłej wody (z uwzględnieniem cyrkulacji):

$$\Phi_{cw} = 1,05 \cdot \Phi_{cw\max} \quad kW$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- maksymalne natężenie przepływu wody sieciowej przez wymiennik jednostopniowy c.w.

wg zależności:

$$M_s = \frac{1,05 \cdot \Phi_{cw\max}}{c_w \cdot \Delta T_{cw}} \text{ kg/s}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- natężenie przepływu w cyrkulacji ciepłej wody (łącznie ze „spinką cyrkulacyjną) w węźle jednostopniowym c.w. powinno wynosić $0,4G_{cwmax}$,
- natężenie przepływu wody instalacyjnej przez wymiennik jednostopniowy c.w. (z uwzględnieniem cyrkulacji c.w.):

$$G_{cw} = 1,4 \cdot G_{cwmax} \quad kg/s$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

ΔT_{cw} - różnica temperatur wody sieciowej na wymienniku c.w. przy maksymalnym rozbieżności c.w. w okresie lata:

$\Delta T_{cw} = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ – dla wymienników c.w. płytowych jednostopniowych,

- maksymalny spadek ciśnienia na wymienniku c.w.:

- woda sieciowa 40 kPa
- woda instalacyjna 40 kPa

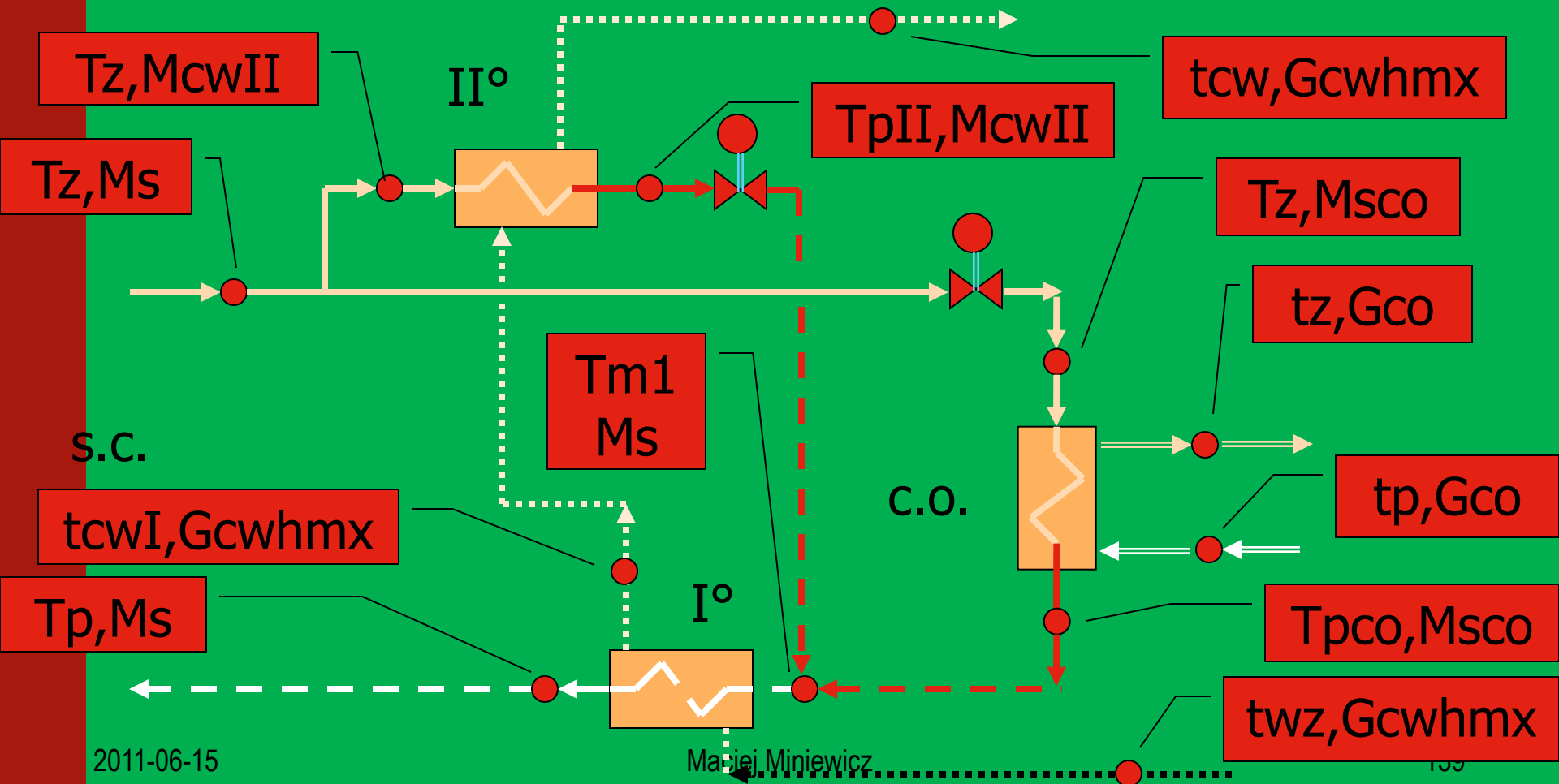
Węzły ciepłne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

- Tok obliczeń.
 - Ustalenie potrzeb cieplnych na cele c.o. i c.w.
 - Obliczenie strumieni wody sieciowej przy następujących temperaturach zewnętrznych:
 - ☐ Obliczeniowej dla c.o. t_{eo}
 - ☐ Punktu załamania wykresu regulacyjnego t_{ez}
 - ☐ Końca sezonu grzewczego $t_e = +10...12^{\circ}\text{C}$
 - ☐ Okresu letniego $t_e = +20^{\circ}\text{C}$ (c.o. wyłączone)
 - ☐ Dobór wymienników ciepła
 - ☐ Obliczenie oporów hydraulicznych węzła oraz dobór układów automatycznej regulacji.

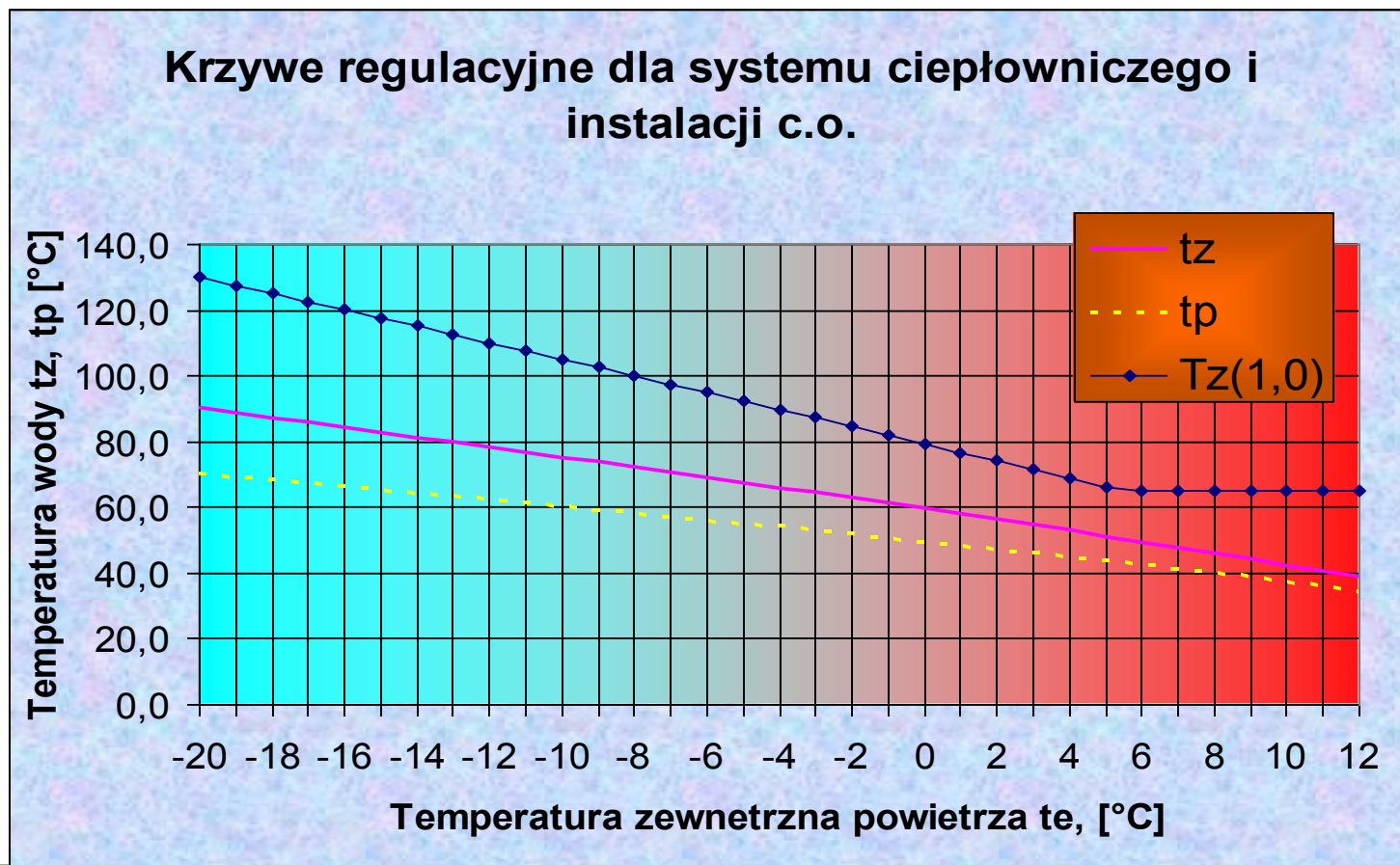
Węzły ciepne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej



Węzły cieplne – projektowanie.

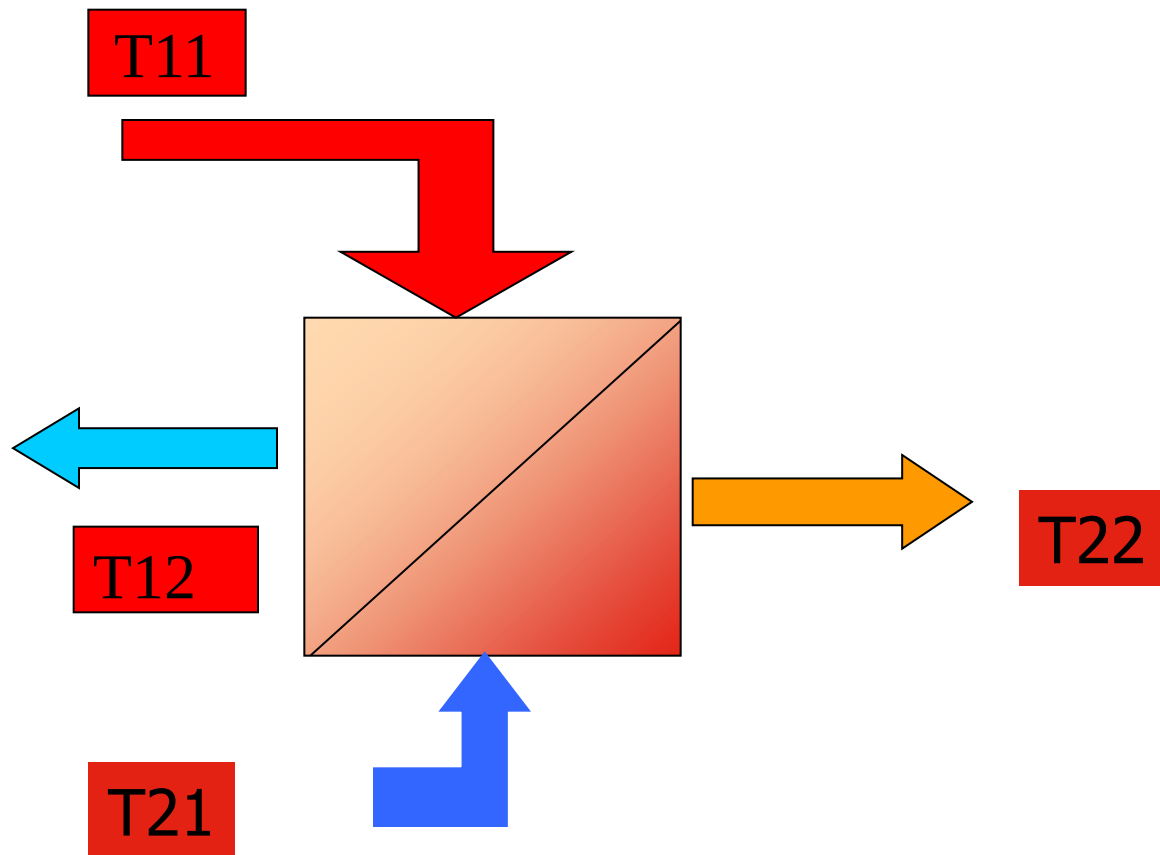
Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej.



Węzły cieplne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

Schemat oznaczenia temperatur dla wymiennika ciepła.



Węzły ciepłne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

- Analizę cieplno-przepływową węzła ciepłowniczego rozpoczynamy od doboru wymienników c.w. i c.o.



Węzły cieplne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

Dane wejściowe
dla temp. zewn. t_e

Obliczamy wymiennik c.w. II°

Qcwl=	43	kW
	0	%
	JAD 6.50	
	R	
szt.	1	
F=	5,7	m ²
Tz=	65	°C
Tpl=	43,88	°C
tcwl=	35	°C
tcw=	55	°C
Mcwl=	0,487	kg/s
p1=	2,6	kPa
Gcwhmx=	0,514	kg/s
P2=	0,4	

Moc cieplna wym cw II°

Temp wody sieciowej zas

Założona temp cw za wym I°

Temp ciepłej wody za wym

Temp wody sieciowej za wym

Strumień ciepłej wody

Strumień wody sieciowej

Wielkości obliczone



Węzły cieplne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

Dane wejściowe
dla temp. zewn. t_e

Obliczamy wymiennik c.o.

Qco=	52,5	kW
	0	%
	JAD 6.50	
	R	
szt.	1	
F=	5,7	m ²
Tm1=	65,0	°C
Tpco=	44,69	°C
tp+6=	42,4	°C
tz+6=	49,4	°C
Msc0+6=	0,617	kg/s
p1=	3,6	kPa
Gco=	1,79	kg/s
P2=	3,9	

Moc cieplna wym c.o.

Temp wody sieciowej zas

Temp pow. inst. c.o.

Temp zas. inst. c.o.

Strumień wody instal. c.o.

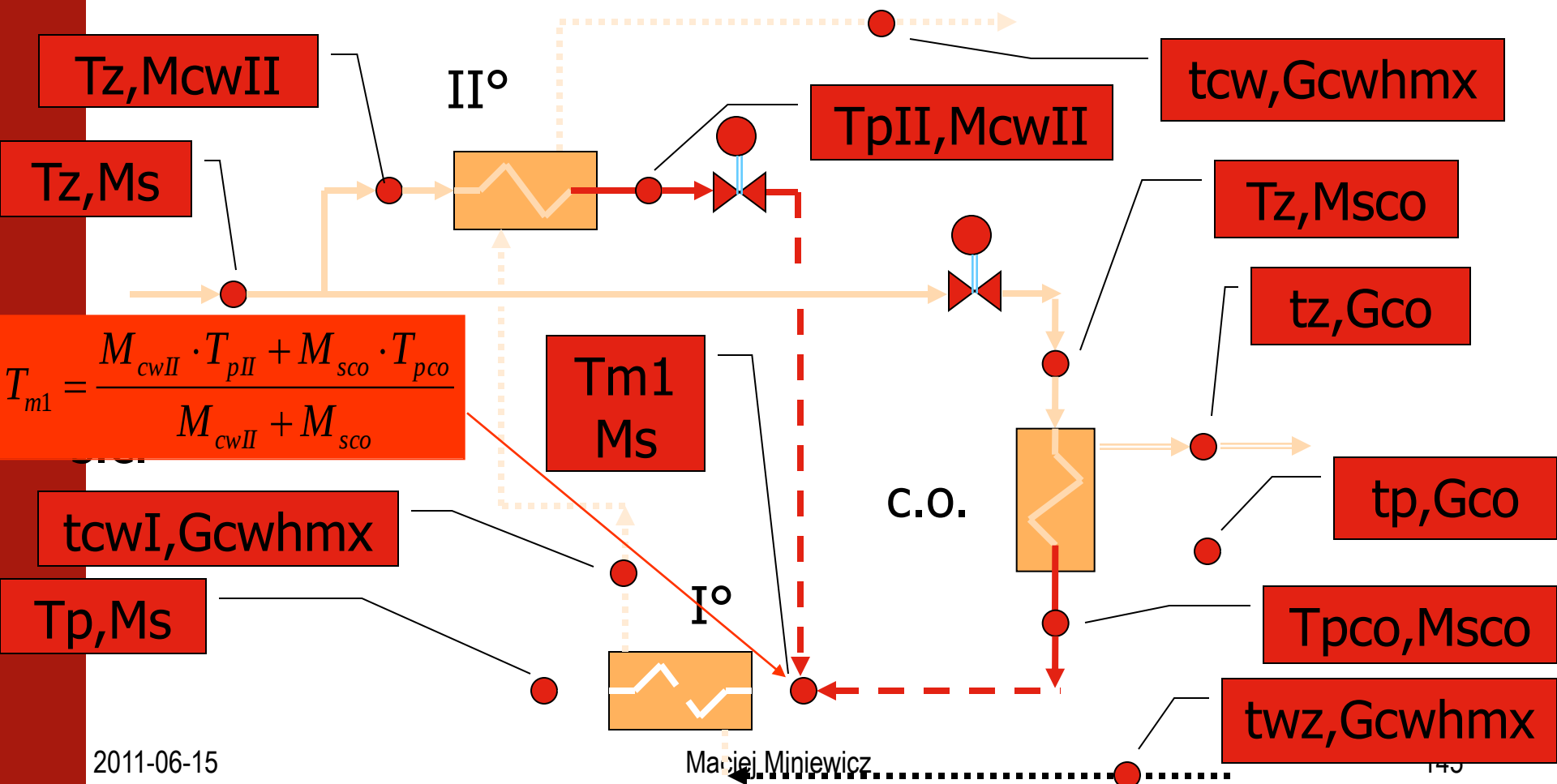
Temp wody sieciowej za wym

Strumień wody sieciowej

Wielkości obliczone

Węzły ciepłne – projektowanie.

Obliczenie temperatury wody sieciowej w pkt. zmieszania.





Węzły cieplne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

Dane wejściowe
dla temp. zewn. t_e

Obliczamy wymiennik c.w. I°

Q _{cwl} =	70,7	kW
	0,0	%
	JAD 6.50	
	R	
szt.	1,0	
F=	5,7	m ²
T _{m2} =	44,3	°C
T _p =	29,0	°C
t _{wz} =	5,0	°C
t _{cwl} =	37,8	°C
M _s =	1,104	kg/s
p ₁ =	8,0	kPa
G _{cwhmx} =	0,514	kg/s
P ₂ =	0,4	

Moc cieplna wym cw I°

Temp wody sieciowej pkt zm

Temp wody zimnej

Strumień wody sieciowej

Strumień ciepłej wody

Temp wody sieciowej za wym

Temp ciepłej wody za wym

Wielkości obliczone

Węzły cieplne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

- Ponieważ założona temperatura ciepłej wody za wymiennikiem I° $t_{cwI}=35^{\circ}\text{C}$ jest różna od obliczonej dla wymiennika c.w. I° $t_{cwI}=37,8^{\circ}\text{C}$, należy wykonać kolejne iteracje, tak aby różnica nie była większa od zadanej dokładności.

$$\left| t_{cwI}^k - t_{cwI}^{k+1} \right| \leq eps$$



Zmienne: t12,m1

Wyniki w: CWII°

	CWI*	CWII*	CO
Moc [kW]:	70,8	36,8	52,5
Błąd +- [kW]	0,1	0,0	0,0
Typ:	JAD 6.50	JAD 6.50	JAD 6.50
S/R	R	R	R
Ilość[szt]:	1	1	1
Pow [m2]:	5,7	5,7	5,7
T11[oC]:	44,78	65,00	65,00
T12[oC]:	28,72	44,90	44,69
T21[oC]:	5,00	37,90	42,40
T22[oC]:	37,93	55,00	49,40
m1[kg/s]:	1,054	0,437	0,617
p1[kPa]:	7,5	2,2	3,6
m2[kg/s]:	0,514	0,514	1,790
p2[kPa]:	0,4	0,4	3,9
Vr[l]:	11,4	11,4	11,4
Vp[l]:	12,8	12,8	12,8
dtlog[K]:	13,58	8,41	6,94
k[kW/m2*K]:	0,918	0,771	1,331
Osad[%]:	0	0	0

Zakładamy

Sprawdzamy

$$T_{m1} = \frac{(M_{sco} \cdot T_{pco} + M_{cwII} \cdot T_{pII})}{(M_{sco} + M_{cwII})}$$

Moc[kW]:	37 kW
Ilość p.równ:	1 szt.
Osad [%]:	0 %
T11[oC]:	65,00 oC
T12[oC]:	44,90 oC
m1[kg/s]:	0,437 kg/s
T21[oC]:	37,90 oC
T22[oC]:	55,00 oC
m2[kg/s]:	0,514 kg/s
Krok d.równ:	0,010



CAIRO - [Analiza punktów pracy JAD 6.50]

Projekt Katalog Wykresy Analiza Ustawienia Okna SeCeS-Pol ...



Zmienne: t12,m1

Wyniki w:

CO

	CWI*	CWII*	CO
Moc [kW]:	70,8	36,8	52,5
Błąd +- [kW]	0,1	0,0	0,0
Typ:	JAD 6.50	JAD 6.50	JAD 6.50
S/R	R	R	R
Ilość[szt]:	1	1	1
Pow [m2]:	5,7	5,7	5,7
T11[oC]:	44,78	65,00	65,00
T12[oC]:	28,72	44,90	44,69
T21[oC]:	5,00	37,90	42,40
T22[oC]:	37,93	55,00	49,40
m1[kg/s]:	1,054	0,437	0,617
p1[kPa]:	7,5	2,2	3,6
m2[kg/s]:	0,514	0,514	1,790
p2[kPa]:	0,4	0,4	3,9
Vr[l]:	11,4	11,4	11,4
Vp[l]:	12,8	12,8	12,8
dtlog[K]:	13,58	8,41	6,94
k[kW/m2*K]:	0,918	0,771	1,331
Osad[%]:	0	0	0

Moc[kW]:

52 kW

Ilość p.równ:

1 szt.

Osad [%]:

0 %

T11[oC]:

65,00 oC

T12[oC]:

44,69 oC

m1[kg/s]:

0,617 kg/s

T21[oC]:

42,40 oC

T22[oC]:

49,40 oC

m2[kg/s]:

1,790 kg/s

Krok d.równ:

0,010

JAD-XK 5.38 JAD-XK 3.18 JAD-K 6.50 JAD-K 6.50.10 S-1K JAD-K 3.18 H-1K H-0K JAD-X 12.114 JAD-X 9.88 JAD-X 6.50 JAD-X 5.38 JAD-X 3.18 JAD-X 2.11 JAD 6.50 JAD 3.18

CAIRO (c) SeCeS-Pol

23:12:19

Start Microsoft PowerPoint - [...] CAIRO - [Analiza pun... Microsoft Excel - Kopia o...

EN



<< 23:12



Zmienne: t12,t22

Wyniki w:

CWI*

	CWI*	CWII*	CO
Moc [kW]:	70,9	36,8	52,5
Błąd +- [kW]	0,1	0,0	0,0
Typ:	JAD 6.50	JAD 6.50	JAD 6.50
S/R	R	R	R
Ilość[szt]:	1	1	1
Pow [m2]:	5,7	5,7	5,7
T11[oC]:	44,78	65,00	65,00
T12[oC]:	28,73	44,90	44,69
T21[oC]:	5,00	37,90	42,40
T22[oC]:	37,91	55,00	49,40
m1[kg/s]:	1,054	0,437	0,617
p1[kPa]:	7,5	2,2	3,6
m2[kg/s]:	0,514	0,514	1,790
p2[kPa]:	0,4	0,4	3,9
Vr[l]:	11,4	11,4	11,4
Vp[l]:	12,8	12,8	12,8
dtlog[K]:	13,60	8,41	6,94
k[kW/m2*K]:	0,918	0,771	1,3
Osad[%]:	0	0	

 T_{m1}
 M_s

$$T_{m1} = \frac{(M_{sco} \cdot T_{pco} + M_{cwII} \cdot T_{pII})}{(M_{sco} + M_{cwII})}$$

$$M_s = M_{sco} + M_{cwII}$$

Moc[kW]: 71 kW

Ilość p.równ: 1 szt.

Osad [%]: 0 %

T11[oC]: 44,78 oC

T12[oC]: 28,73 oC

m1[kg/s]: 1,054 kg/s

T21[oC]: 5,00 oC

T22[oC]: 37,91 oC

m2[kg/s]: 0,514 kg/s

Krok d.równ: 0,010

Węzły cieplne – projektowanie.

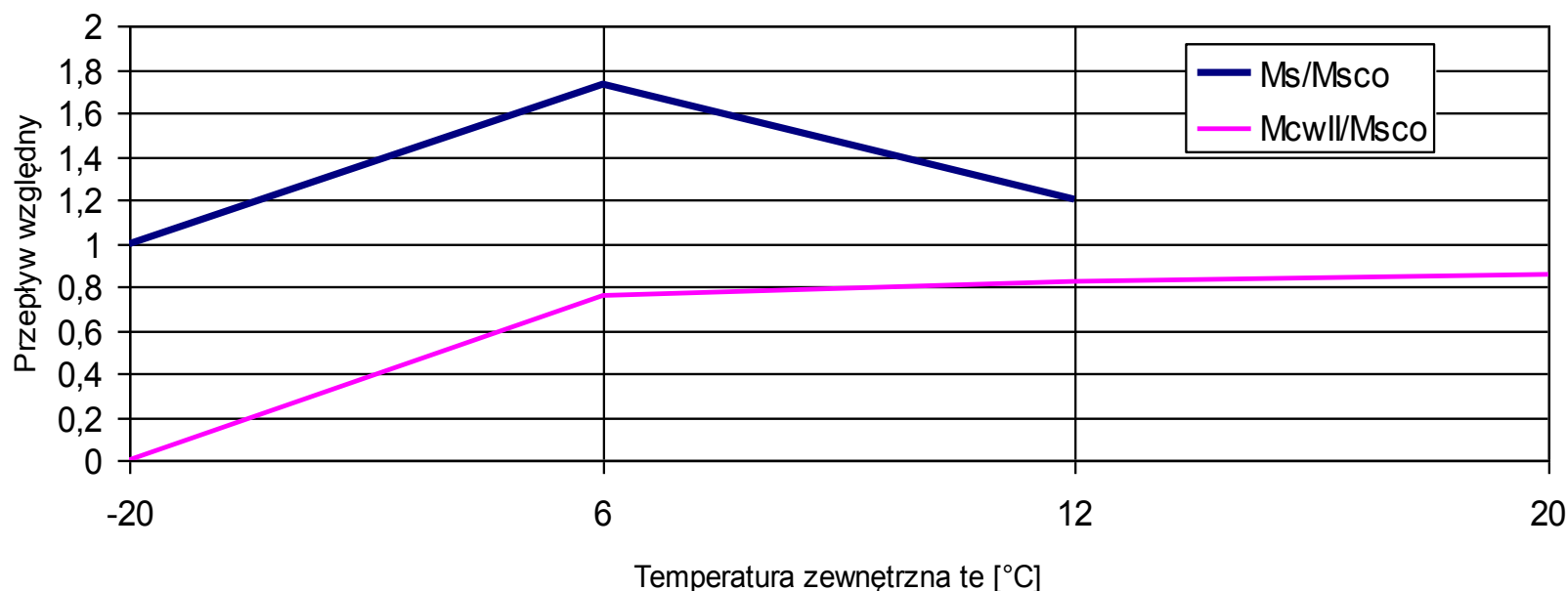
Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

			Temperatura zewnętrzna				
Strumień wody sieciowej, kg/s			-20	6	12	20	
Ms			0,64	1,054	0,771	0,545	
McwII			0	0,437	0,528	0,545	
Msco			0,64	0,617	0,243	0	
Przepływy względne							
			Temperatura zewnętrzna				
Strumień wody sieciowej, kg/s			-20	6	12	20	
Ms/Msco			1	1,65	1,20	0,85	
McwII/Msco			0	0,68	0,83	0,85	

Węzły ciepłne – projektowanie.

Analiza przepływów i temperatur wody sieciowej

Zależność przepływu względnego przez węzeł szeregowo-równoległy od temperatury zewnętrznej



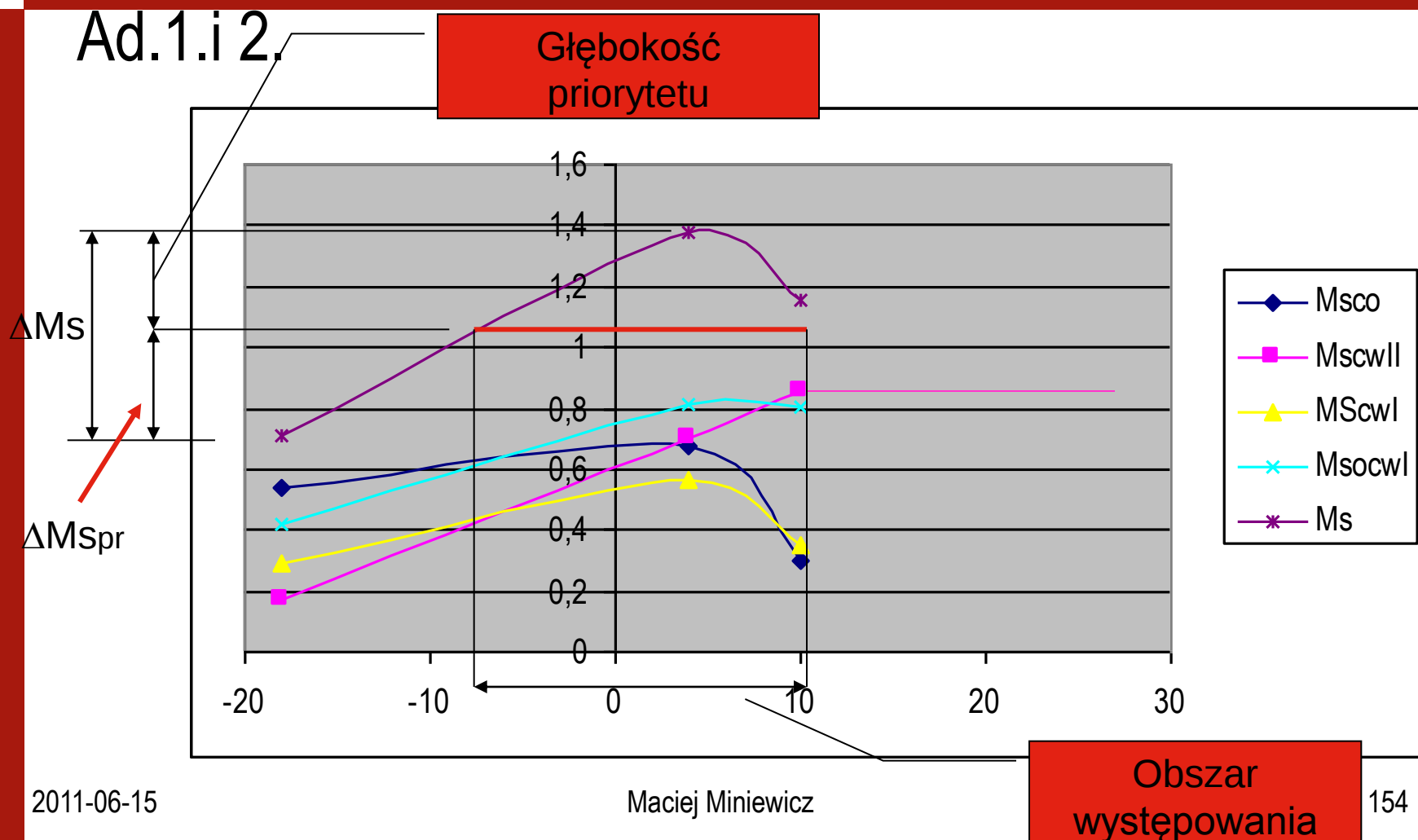
Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Priorytet ciepłej wody

Cele:

1. Ograniczenie wahań w rozbiórze wody sieciowej przez węzeł ciepłowniczy w okresie całorocznym
2. Obniżenie strumienia wody sieciowej pobieranej przez węzeł ciepłowniczy na cele ogrzewania i podgrzewania ciepłej wody

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zaspokojenie potrzeb ogrzewania i podgrzewania ciepłej wody można zrealizować przy strumieniu wody sieciowej $M_{spr} < M_{sco} + M_{scw}$, jeżeli zagwarantujemy w węźle realizację funkcji priorytetu przygotowania ciepłej wody w stosunku do ogrzewania.

Wykorzystuje się tutaj pojemność cieplną budynku oraz nieciągłe zapotrzebowanie na ciepło do podgrzewania ciepłej wody.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zalety stosowania priorytetu:

- Obniżenie strumienia wody sieciowej dostarczanej do węzła (mniejsze koszty pompowania wody, zwiększenie przepustowości sieci, mniejsze średnice przewodów i armatury węzła)
- Zmniejszenie różnic pomiędzy maksymalnym i minimalnym strumieniem wody sieciowej pobieranej przez węzeł (mniejsze rozregulowanie sieci)

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wady:

- Możliwość występowania okresowych spadków temperatury regulowanej w pomieszczeniach ogrzewanych – obniżenie się komfortu cieplnego w pomieszczeniach ogrzewanych

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Stosowanie priorytetu ciepłej wody wymaga spełnienia następującego warunku:

Ilość ciepła dostarczana do pomieszczeń ogrzewanych przez system technicznego wyposażenia budynku (ogrzewanie) w okresie doby musi odpowiadać dobowym stratom ciepła.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Dobowy bilans zapotrzebowania na ciepło

$$Q_d^{co} = \frac{\tau \cdot Q_{\min}^{co} + (24 - \tau) \cdot Q_{\max}^{co}}{24}$$

$$1 = \frac{\tau \cdot X_{\min} + (24 - \tau) \cdot X_{\max}}{24}$$

$X_{\min}$ – stopień osłabienia ogrzewania

$X_{\max}$ – stopień wzmocnienia ogrzewania

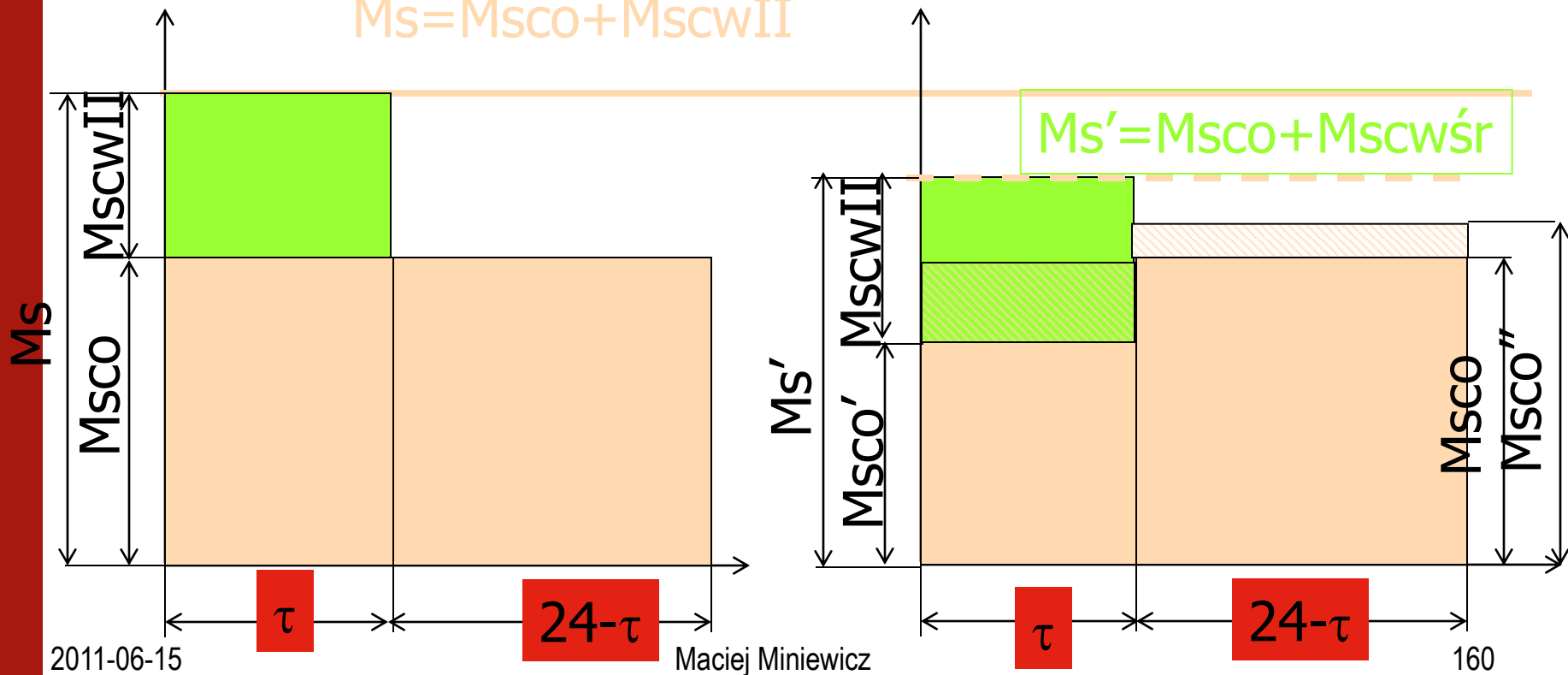
Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Bez priorytetu ciepłej wody

z priorytetem c.w.

$$M_s = M_{SCO} + M_{scwII}$$

$$M_s' = M_{SCO} + M_{scw\acute{r}}$$



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Regulacja dostawy ciepła

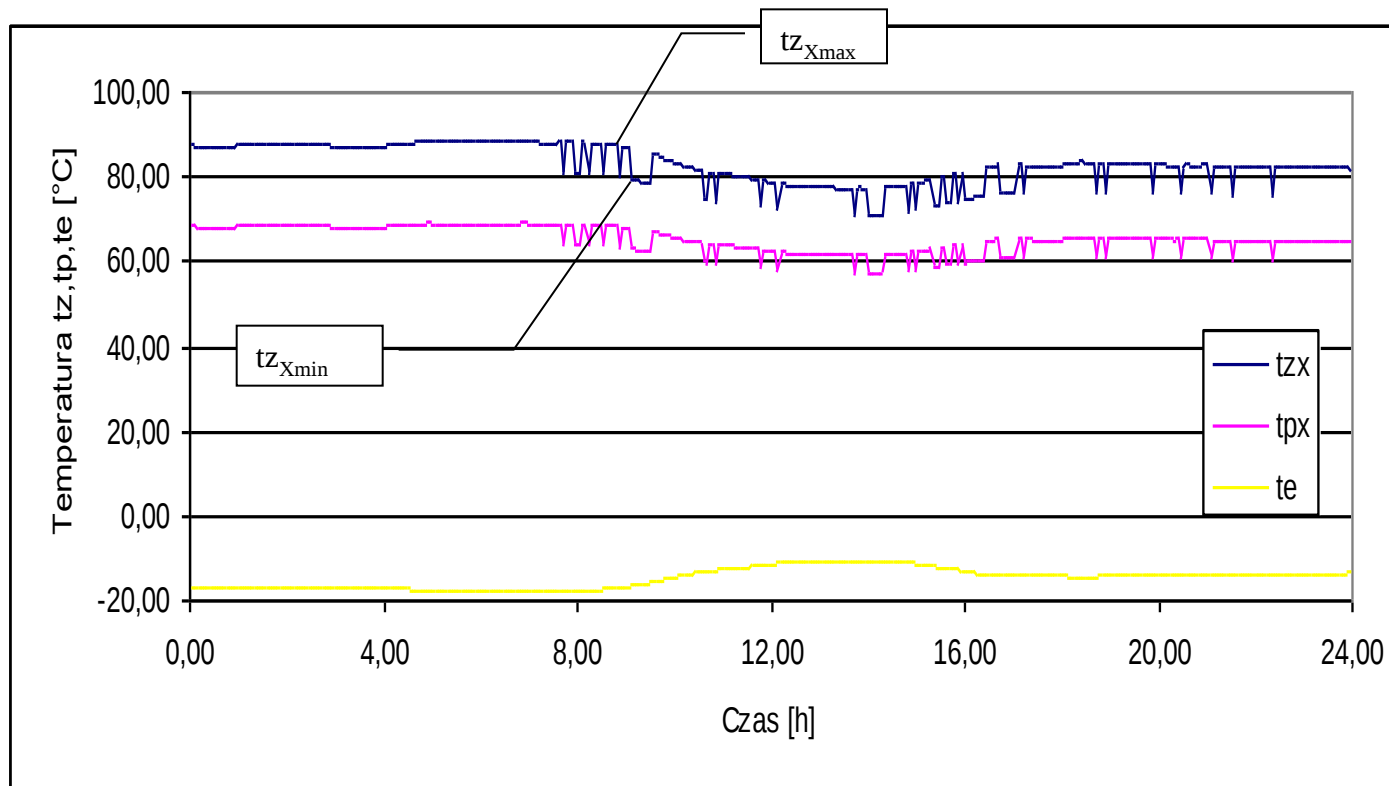
$$tz_X = t_i + 0,5 \cdot X \cdot \varphi \cdot \Delta tz_o + (X \cdot \varphi)^{\frac{1}{1+m}} \cdot \Delta tg_o$$

$$tp_X = tz_X - X \cdot \varphi \cdot \Delta tz_o$$

$$\varphi = \frac{(t_i - t_e)}{(t_i - t_{e0})}$$

$$X = \{X_{\min} \text{ lub } X_{\max}\}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Strumień wody sieciowej minimalny przy realizacji funkcji priorytetu ciepłej wody w węźle ciepłowniczym

$$M_{spr} = M_{sco_{te}} \cdot (1 + \alpha)$$

$$\alpha = \frac{Q_{cwsrh}}{Q_{co_{te}}}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

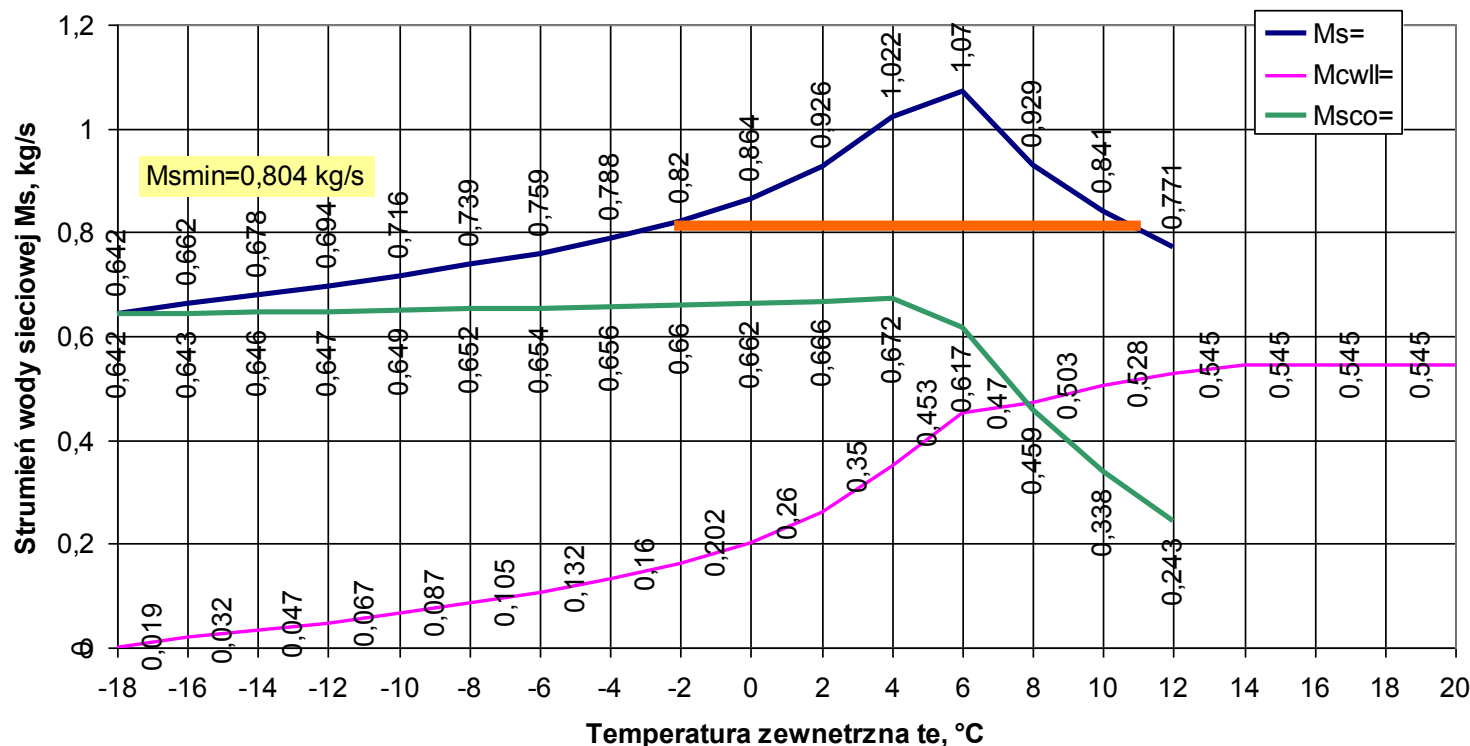
Inny wzór:

$$Ms_{pr} = Ms_L \cdot \left(1 + \frac{\varphi}{Nh \cdot \alpha}\right)$$

$$\alpha = \frac{Q_{cwsrh}}{\varphi_{t_{eZ}} \cdot Q_{cote}}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zmiana strumienia wody sieciowej dla węzła szeregowo-równoległego

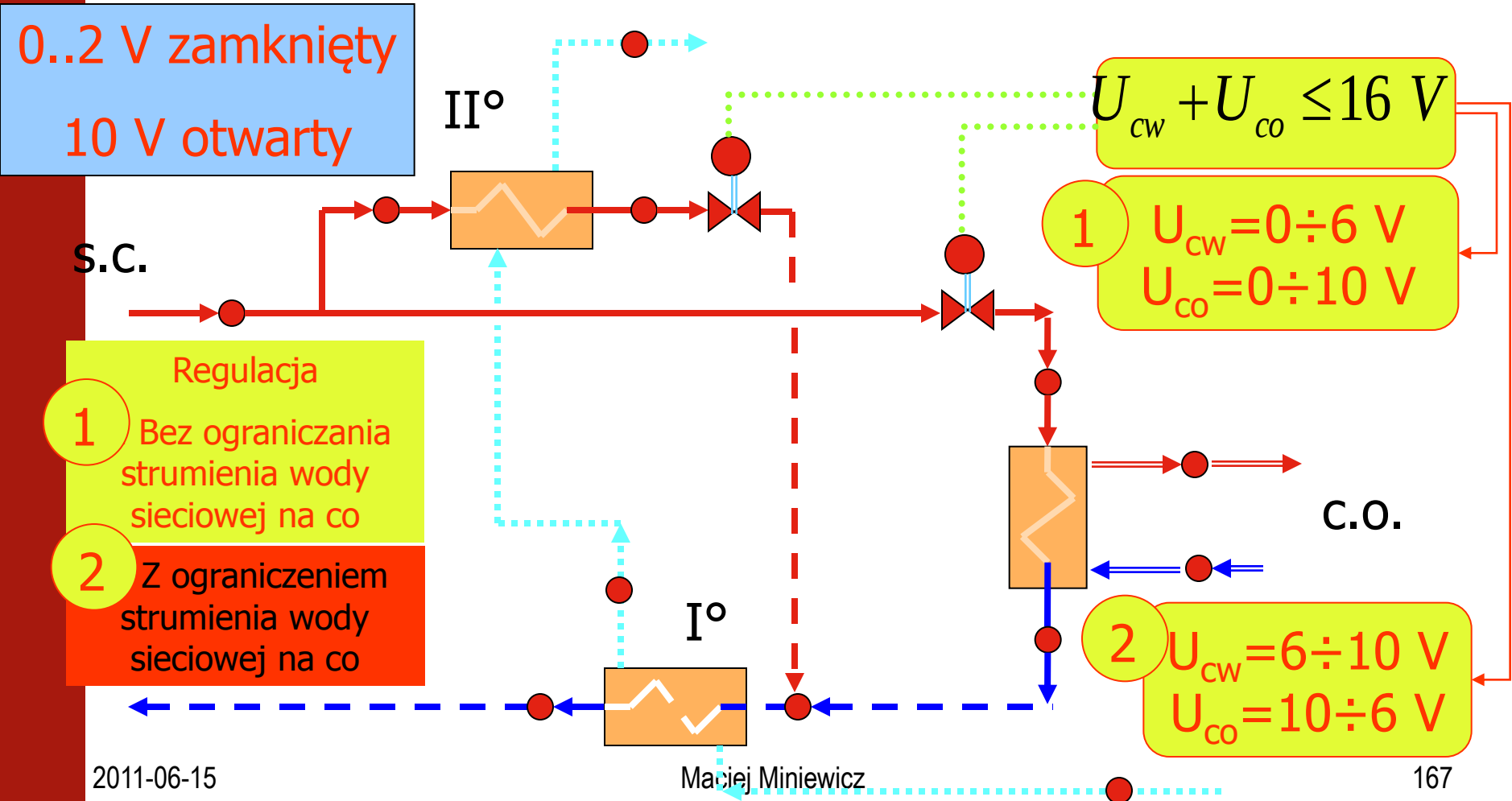


Projektowanie węzłów ciepłowniczych

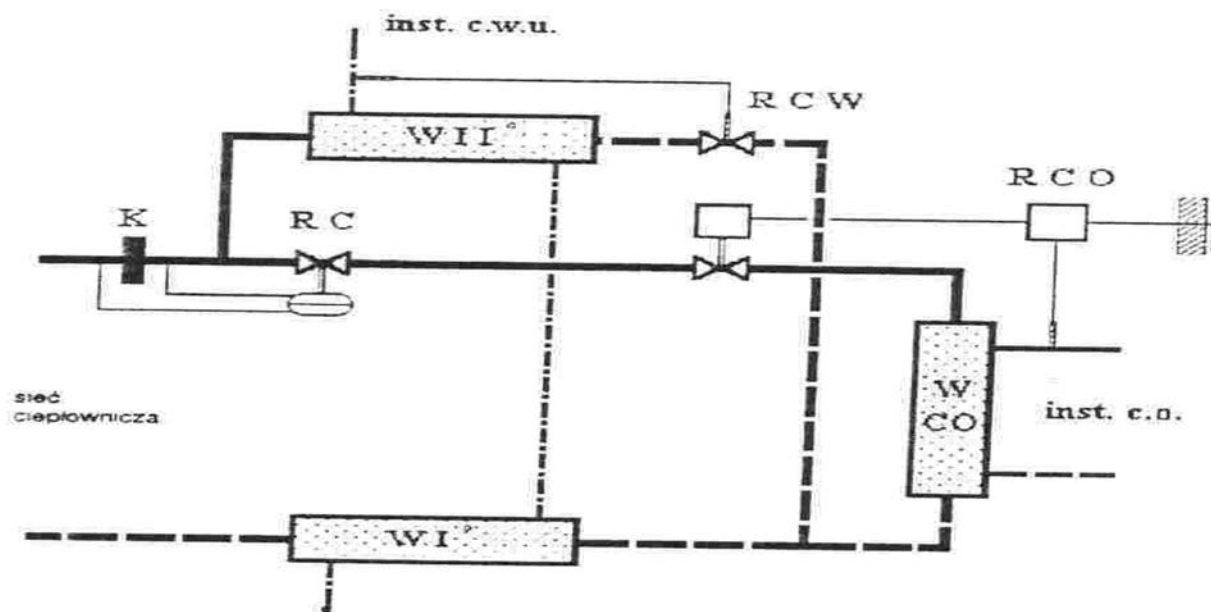
Realizacja funkcji priorytetu ciepłej wody w węźle

1. Funkcja programowalna w sterowniku węzła ciepłowniczego
2. Zastosowanie ogranicznika przepływu wody sieciowej na potrzeby ogrzewania
3. Priorytet hydrauliczny

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Rys. 3.13. Schemat szeregowo-równoległego węzła ciepłowniczego z ograniczonym przepływem wody sieciowej: WCO – wymiennik c.o., WI° – wymiennik c.w.u. I°, WII° – wymiennik c.w.u. II°, RC – regulator różnicy ciśnień, RCO – regulator temperatury c.o., RCW – regulator temperatury c.w.u., K – kryza impulsowa

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Priorytet hydrauliczny powinien zapewniać przy maks. otwarciu obu zaworów regulacyjnych (c.w. i c.o.):

1. Obliczeniowy przepływ wody sieciowej na potrzeby c.w.
2. Mniejszy od obliczeniowego przepływ wody sieciowej dla węzła c.o
3. Obliczeniowa różnica spadków ciśnienia w obiegu c.w. i c.o. nie powinna być większa niż 25% spadku ciśnienia w obiegu c.o. (brak kryzy w obiegu c.w.)

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

$$\Delta P_{cw} - \Delta P_{co} \leq 0,25 * \Delta P_{co}$$

- Do obliczeń zaworu regulacyjnego c.o. przyjmuje się 90% obliczeniowego strumienia wody sieciowej dla węzła c.o.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Układy automatycznej regulacji węzłów ciepłowniczych

Podstawowe funkcje:

1. Regulacja różnicy ciśnień z ograniczeniem strumienia wody sieciowej
2. Regulacja stałowartościowa temperatury c.w.
3. Regulacja pogodowa temperatury zasilania instalacji c.o. i c.t. od temperatury zewnętrznej

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wymagania dodatkowe

1. Ograniczenie temperatury w instalacjach c.w. typu STB (bezpiecznik temperatury)
2. Ograniczenie temperatury w instalacjach c.o. i c.t. wykonanych z tworzyw sztucznych typu STW (ogranicznik temperatury)
3. Siłowniki elektryczne zaworów regulacyjnych wyposażone w funkcję awaryjnego zamykania

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

4. Ograniczenie różnicy ciśnień w instalacjach c.o. wyposażonych w zawory termostaticzne
5. Funkcja okresowego przegrzewania wody dla potrzeb dezynfekcji termicznej instalacji c.w.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Układ automatycznej regulacji powinien:

- Zapewniać właściwą dostawę ciepła (c.o., cw, c.t.)
- Ograniczać strumień wody sieciowej pobieranej przez węzeł wskutek równoczesnego maksymalnego otwarcia się wszystkich zaworów regulacyjnych temperatury (np. przy zaniżeniu zamówionej mocy przez odbiorcę)
- Zabezpieczać system ciepłowniczy przed niewłaściwym rozdziałem nośnika ciepła i jego wykorzystaniem

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wyposażenie węzła ciepłowniczego konieczne do prawidłowej pracy układów automatycznej regulacji

- Urządzenia zabezpieczające zawory regulacyjne przed zanieczyszczeniami (filtry)
- Urządzenia kontrolno-pomiarowe (termometry, manometry)
- Ciepłomierz z możliwością pomiaru przepływu chwilowego
- Urządzenia dławiące w module przyłączeniowym (zabezpieczenie przed kawitacją lub wysokim ciś. Dyspozycyjnym)

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zaleca się stosowanie układów automatycznej regulacji z funkcją priorytetu ciepłej wody

Powinna istnieć możliwość wyłączenia priorytetu c.w.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zasady doboru urządzeń automatycznej regulacji

Dobór urządzeń automatycznej regulacji polega na:

1. Wyborze typu regulatora
2. Dobraniu zaworu regulacyjnego o określonej średnicy, charakterystyce przepływowej i współczynniku przepływu kvs
3. Dobraniu siłownika zaworu regulacyjnego
4. Dobraniu czujników pomiarowych
5. Dobraniu urządzeń zabezpieczających

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Przy doborze zaworów regulacyjnych kierujemy się zasadą minimalizacji ich wielkości co ma istotny wpływ na jakość regulacji oraz nakłady inwestycyjne.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dobór zaworów regulacyjnych temperatury

Do regulacji temperatury stosuje się zwory regulacyjne o charakterystykach przepływowych:

- Stałoprocentowych
- „wklęsłych”
- Liniowych

Regulatory temperatury bezpośredniego działania c.w. mają najczęściej charakterystykę liniową.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

W przypadku stosowania regulatorów elektronicznych należy stosować zawory regulacyjne o charakterystykach stałoprocentowej lub „wklęsłej”

Podstawą doboru zaworów regulacyjnych jest jego autorytet (kryterium dławienia):

$$A = \frac{\Delta P_{zr100\%}}{\Delta P_{zr100\%} + \Delta P_o}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zaleca się przyjmować autorytety zaworów:

- O charakterystyce liniowej

$$A \geq 0,4 \text{ (optymalnie } A \geq 0,8 \text{)}$$

- O charakterystyce stałoprocentowej

$$0,2 < A < 0,8 \text{ dla c.o.}$$

$$0,3 < A < 0,8 \text{ dla c.w.}$$

- Wg wytycznych Euro Heat&Power $A \geq 0,5$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dla węzła szeregowo-równoległego autorytet zaworu regulacyjnego wyznacza się dla przypadku zamknięcia zaworu regulacyjnego w obwodzie równoległym.

Współczynnik przepływu kvs

$$kvs = \frac{V}{\sqrt{\Delta P_{zr100\%}}}$$

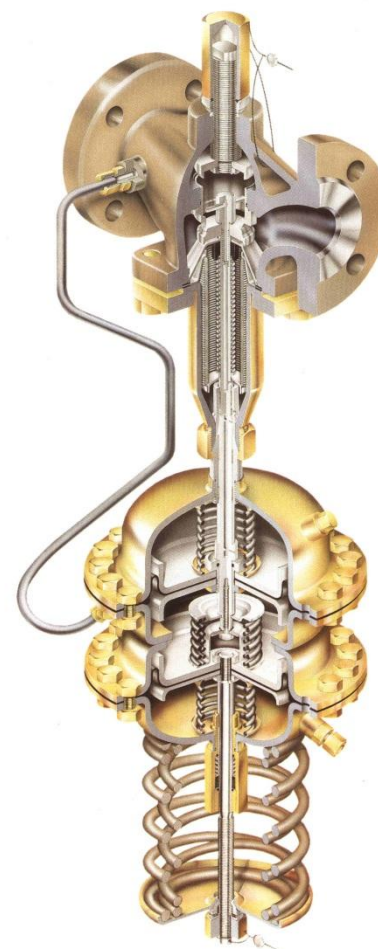
Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zawór regulacyjny dobiera się o współczynniku najbliższym wartości Kvs .

Dla węzłów nie wyposażonych w regulator różnicy ciśnień i przepływu należy sprawdzić czy na zaworach regulacyjnych nie wystąpi zjawisko kawitacji.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Regulator różnicy ciśnień i przepływu $\Delta p/V$ - budowa



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Regulatory różnicy ciśnień i przepływu ($\Delta p/V$)

Regulatory ($\Delta p/V$) stosujemy we wszystkich węzłach.

Do doboru zaworu regulacyjnego i określenia jego prawidłowych warunków działania wymagane są:

- Max i min dyspozycyjna różnica ciśnień, jaka występuje w miejscu przyłączenia do systemu ciepłowniczego

$$\Delta P_{dysp\ max}; \Delta P_{dysp\ min}$$

- Minimalne ciśnienie zasilania P_{zmin}



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Zakres nastaw regulatora różnicy ciśnień i przepływu powinien umożliwiać nastawy wartości obliczeniowych.

Podstawą doboru regulatora różnicy ciśnień i przepływu $\Delta p/V$ jest max strumień wody sieciowej.

$$V_{max}^{\Delta p/V} \geq V_s$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Przy doborze zaworów należy zwrócić uwagę na:

- możliwość wystąpienia hałasu ponad wartości dopuszczalne określone w PN-87/B-02151/02 przy przepływie bez kawitacji.
- Możliwość wystąpienia zjawiska kawitacji – należy dokonać obliczeń sprawdzających.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Miarodajny strumień wody sieciowej do doboru zaworu regulacyjnego $\Delta p/V$ jest obliczeniowy strumień wody sieciowej, najczęściej przyjmowany jako suma strumieni wody sieciowej na potrzeby c.o., c.w. i c.t.

Wymaganą dla węzła różnicę ciśnień (ciśnienie stabilizowane) wyznacza się obliczając sumę spadków ciśnienia w węźle w sezonie grzewczym i w okresie letnim- wybierając większą z tych wartości.

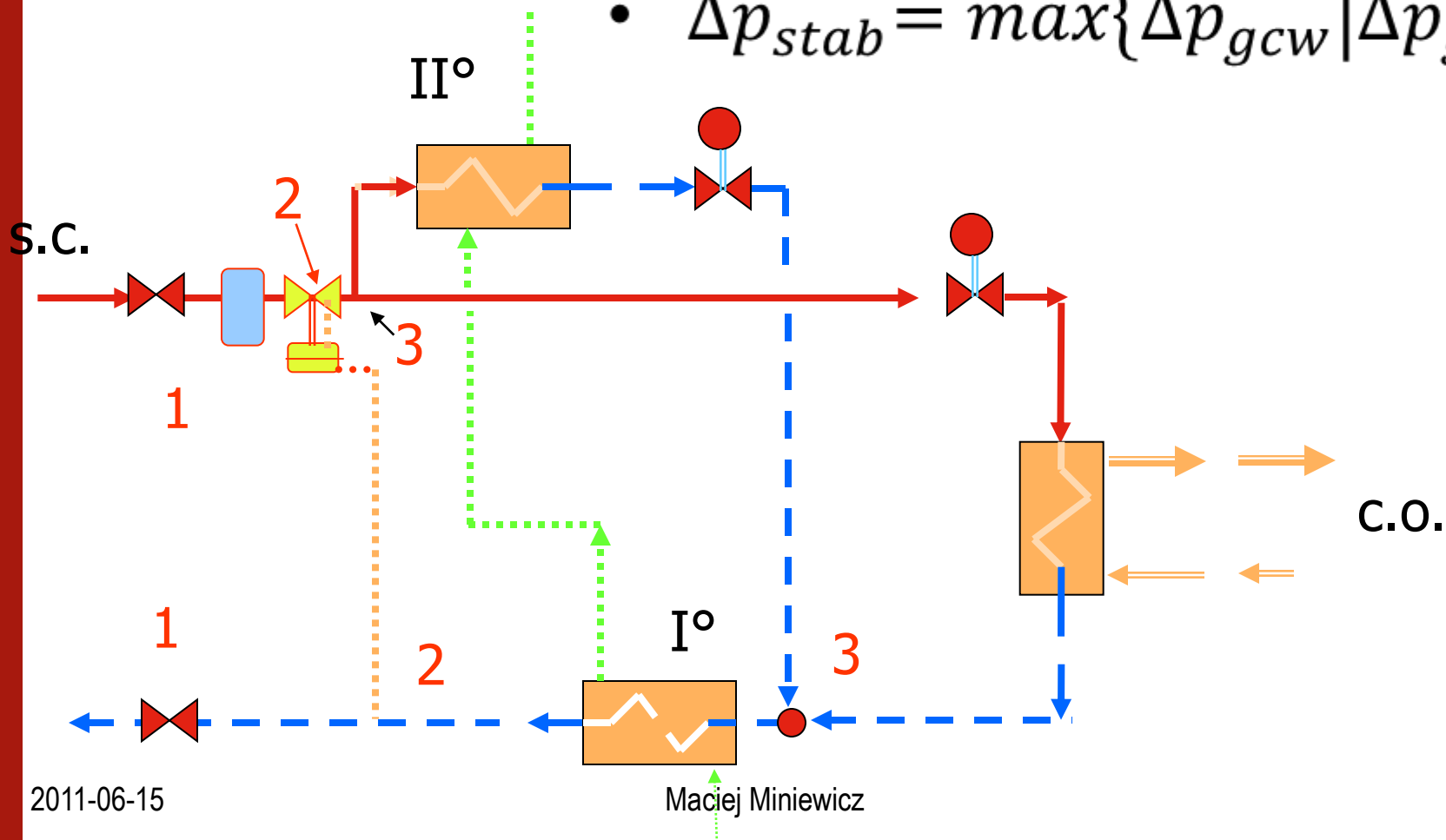
Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Sumę spadków ciśnienia oblicza się dla pełnego otwarcia zaworów regulacyjnych temperatury i maksymalnego natężenia przepływu wody sieciowej w poszczególnych gałęziach.

Zakres nastaw regulatora powinien umożliwiać nastawę wymaganej różnicy ciśnień, a wymagana wartość nastawy powinna znajdować się w miarę możliwości pośrodku zakresu nastaw regulatora.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- $\Delta p_{stab} = \max\{\Delta p_{gcw} | \Delta p_{gco}\}$



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Regulator różnicy ciśnień powinien pracować w okresie całorocznym bez konieczności jego przestawiania (sezon grzewczy/okres letni).

Spadek ciśnienia na dławiku członu regulacji przepływu należy przyjmować:

- 0,5 bar dla dużych ciśnień dyspozycyjnych
- 0,2 bar dla małych

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Przy doborze zaworu należy sprawdzić:

- Prędkość wody przepływającej przez zawór $w < 3,5$ m/s, dla budownictwa mieszkaniowego $w < 3,0$ m/s
- Minimalny stopień otwarcia zaworu – powinien być większy od dopuszczalnego (co najmniej 20%) zaleca się 30%.
- Spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym – powinien być mniejszy od dopuszczalnego ze względu na kawitację

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Sprawdzenie zaworu na wystąpienie kawitacji.

1. Określamy w warunkach projektowych max dyspozycyjną różnicę ciśnień $\Delta p_{\text{dysp max}}$, gdy nie występuje kawitacja.
2. Max dopuszczalny spadek ciśnienia na zaworze

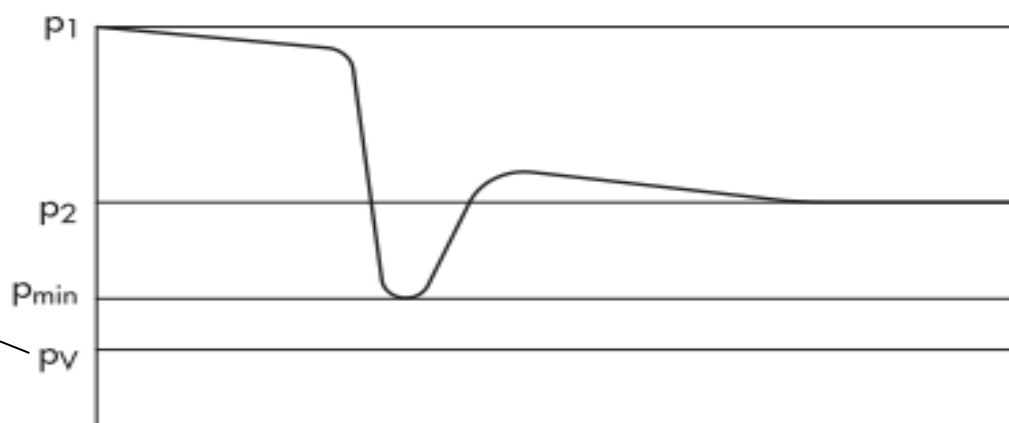
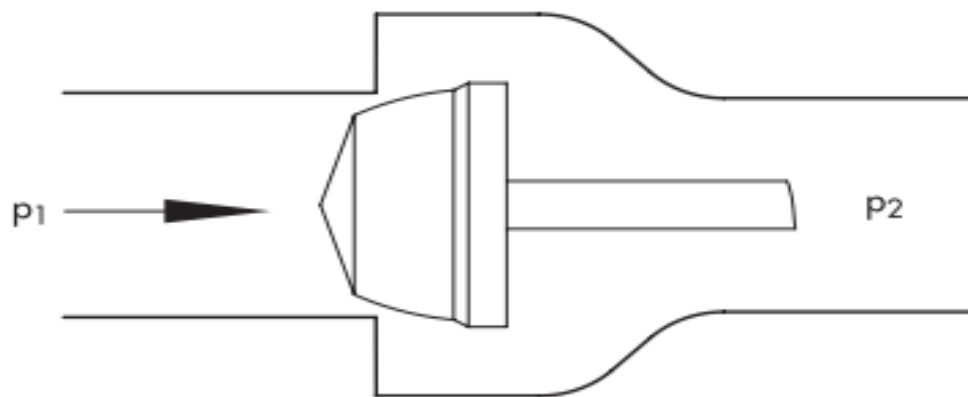
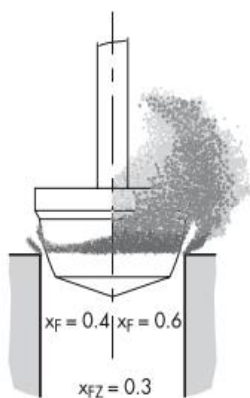
$$\Delta p_{r \text{ dop kaw}} < z * (p_1 - p_v)$$

Ciśnienie przed
zaworem

Ciśnienie
parowania

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

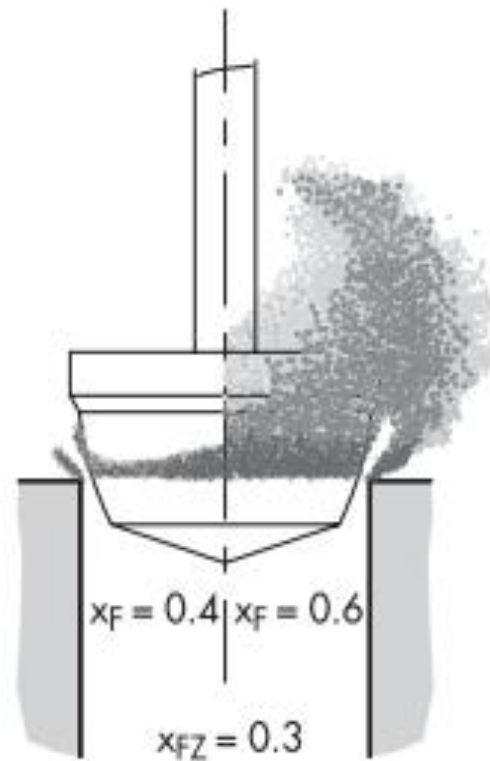
Kawitacja



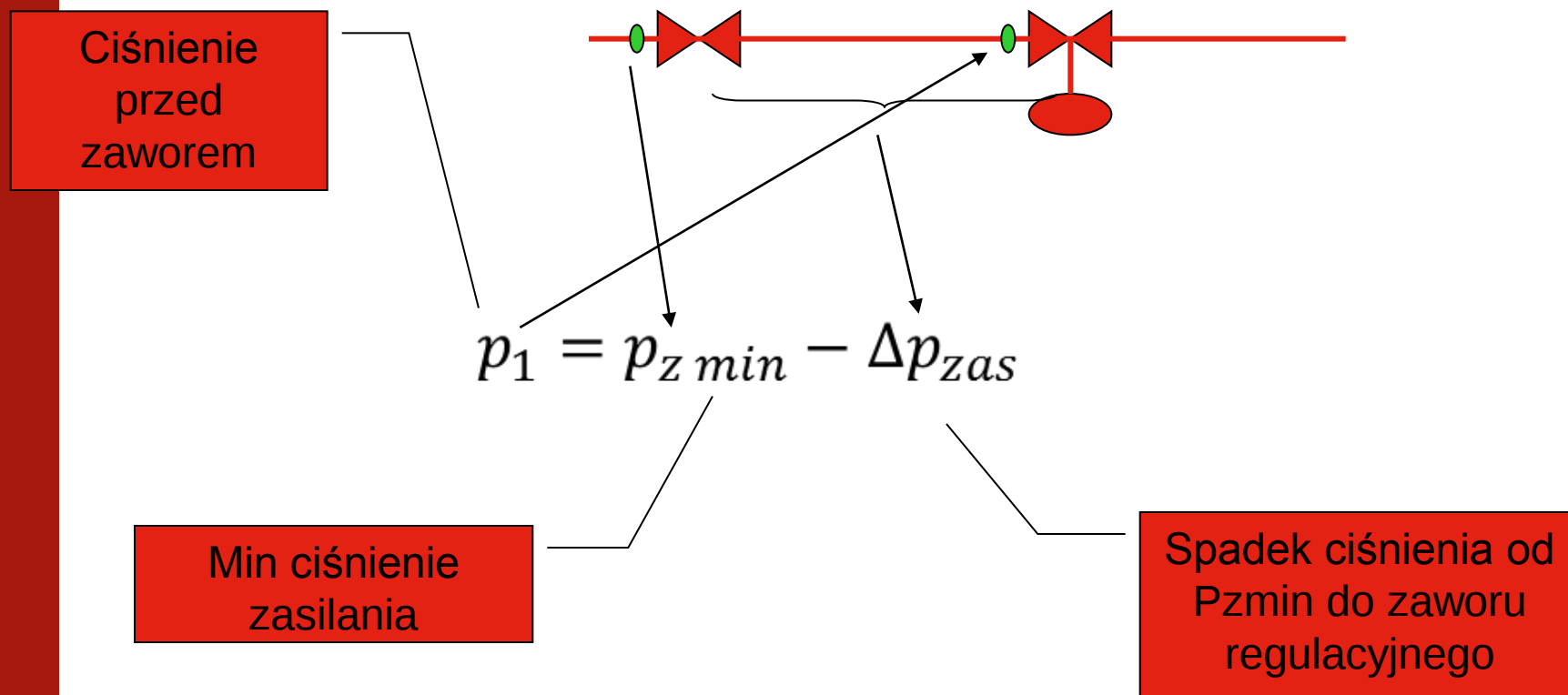
Ciśnienie
parowania
 $p_v | T_z$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

$$x_{FZ} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_{\min}}$$



Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

3. Max dyspozycyjna różnica ciśnień bez wystąpienia kawitacji

$$\Delta p_{dysp \max kaw} = \Delta p_{r dopkaw} + \Delta p_{zas} + \Delta p_{pow} + \Delta p_m + \Delta p_{stab}$$

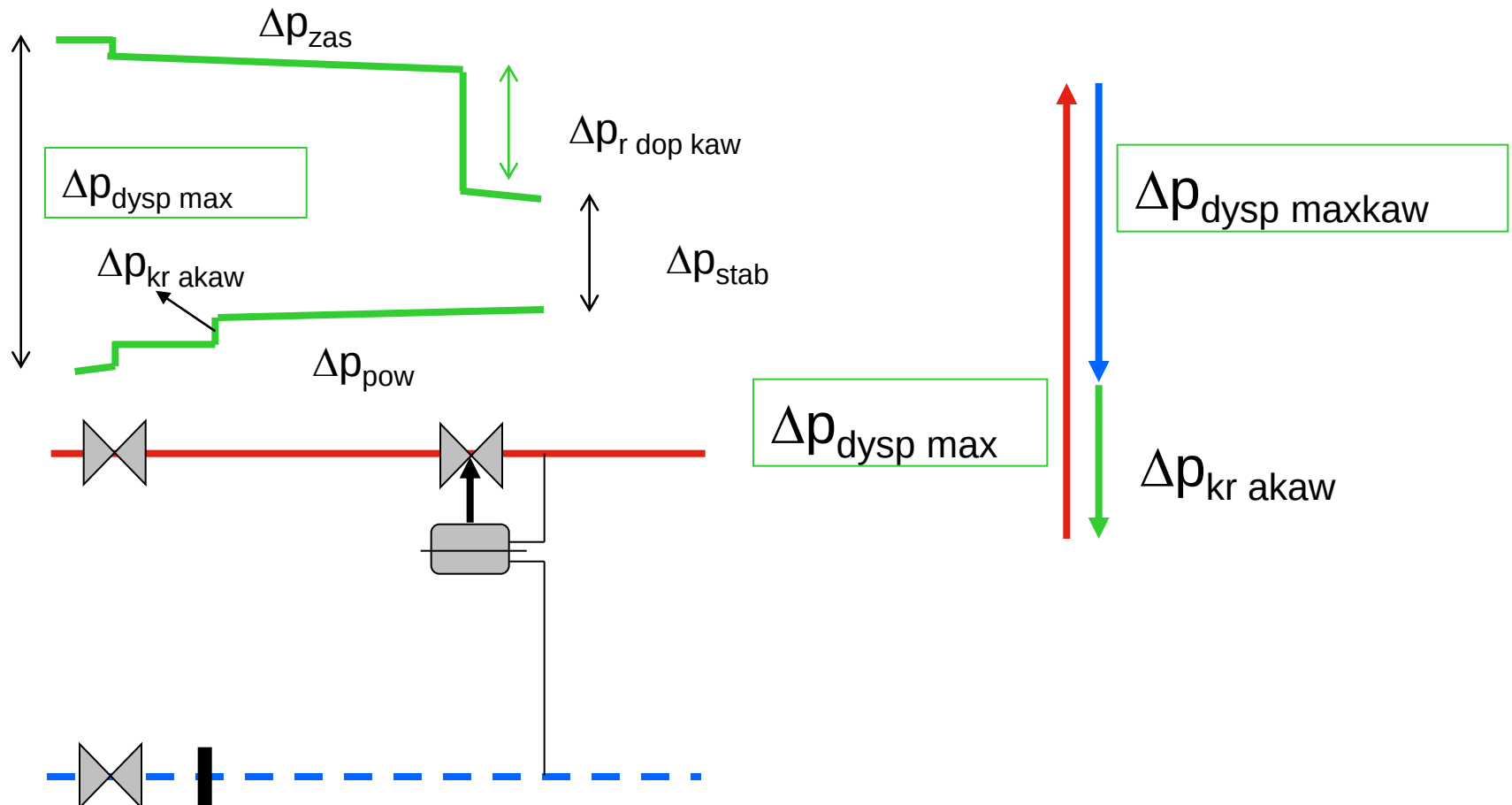
Dop. Spadek ciśnienia na zaworze reg.

Spadek ciśnienia na zasilaniu i powrocie węzła

Mierniczy spadek ciś.

Stabilizowana różnica ciśnienia dla węzła

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

5. Sprawdzamy czy max ciśnienie dyspozycyjne dla węzła jest większe od max ciśnienia dyspozycyjnego bez kawitacji – jeżeli tak, dobieramy kryzę antykawitacyjną na różnicę tych ciśnień

$$\Delta p_{krakaw} = \Delta p_{dysp max} - \Delta p_{dysp max kaw}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

6. Sprawdzamy czy nie jest wymagane skryzowanie węzła ciepłowniczego w taki sposób aby zagwarantować min dopuszczalne otwarcie zaworu regulacyjnego $\Delta p/V$ (min 30%)
- Spadek ciśnienia na zaworze regulatora $\Delta p/V$ przy 30% otwarciu obliczamy

$$\Delta p_{r\ 30\%} = \left(\frac{V}{0,3 * Kvs} \right)^2$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Obliczamy max dyspozycyjną różnicę ciśnień przy 30% otwarciu zaworu

$$\Delta p_{dysp \max 30\%} = \Delta p_{r \ 30\%} + \Delta p_{zas} + \Delta p_{pow} + \Delta p_m + \Delta p_{stab}$$

- Sprawdzamy czy:

$$\Delta p_{kr \ 30\%} = \Delta p_{dysp \max} - \Delta p_{dysp \max 30\%}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Stosujemy jedną kryzę dławiącą, wynikającą z warunku na minimalny stopień otwarcia zaworu regulacyjnego lub z warunku na kawitację (obowiązuje warunek ostrzejszy).

Kryzę montujemy na przewodzie powrotnym.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

7. Sprawdzamy, czy zawór regulacyjny nie jest przewymiarowany

Kryterium

$$\Delta p_{dysp \max 30\%} > \Delta p_{dysp \min}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

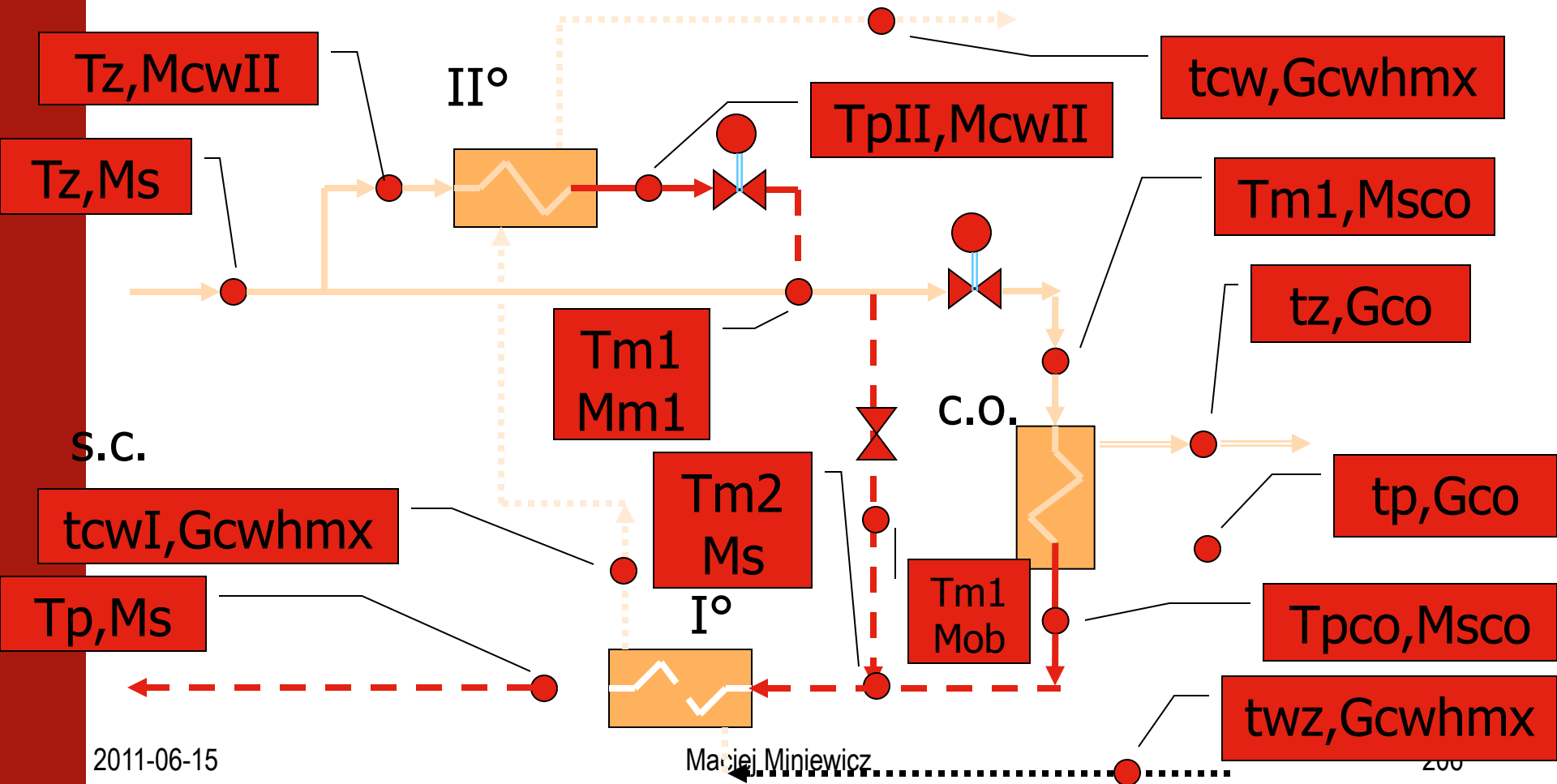
- Inny sposób doboru zaworów automatycznej regulacji.
 1. Zakładamy minimalny spadek ciśnienia na zaworach regulacyjnych $> 20 \text{ kPa}$.
 2. Dobieramy zawory po obliczeniu k_v
 3. Obliczamy stabilizowaną różnicę ciśnień dla węzła i dalej jak wyżej.



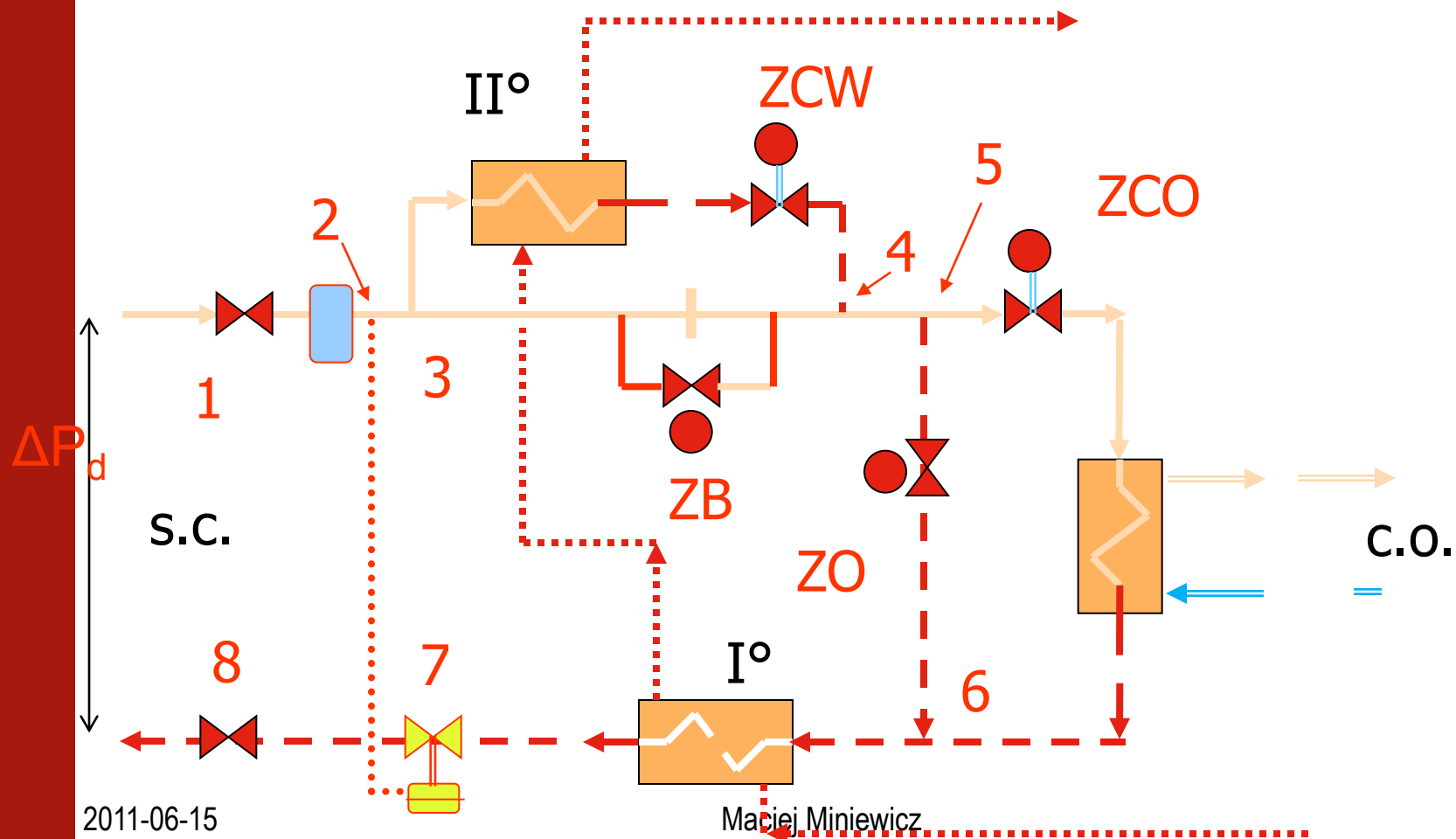
Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Węzeł szeregowo-szeregowy dwufunkcyjny
dwustopniowy

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Spadek ciśnienia na zaworach regulacyjnych ciepłej wody i C.O.

$$\Delta P = \Delta P_d - \Delta P_{1-2} - \Delta P_{2-3} - \Delta P_{6-8} - \Delta P_{3-WII-4} - \Delta P_{4-5-CO}$$

$$\Delta P_{ZCW} = \Delta P_{ZCO} = 1/2 \cdot \Delta P$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Dobór zaworów regulacyjnych dla węzła pełnoszeregowego rozpoczynamy dla przepływów obliczeniowych wody sieciowej przy temperaturze zewnętrznej obliczeniowej.
 - Od ciśnienia dyspozycyjnego dla węzła ΔP_d odejmujemy opory przepływu przez wymiennik ciepłej wody I°, filtr, ciepłomierz i tp., a otrzymany wynik dzielimy przez dwa.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Zawór regulacyjny dobieramy na współczynnik przepływu k_v [m³/h].

$$k_v = \frac{V_{co(teo)}}{\sqrt{\Delta P_{zco}}}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Zawór regulacyjny c.w. dobiera się na większy z przepływów występujących w temperaturach punktu załamania wykresu regulacyjnego, $t_e = +12\text{ °C}$ lub $t_e = +20\text{ °C}$ (okres letni).

Procedura doboru zaworu regulacyjnego c.w. jest podobna jak w przypadku doboru zaworu regulacyjnego c.o.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Od ciśnienia dyspozycyjnego dla węzła odejmujemy straty ciśnienia na elementach instalacji węzła, a otrzymany wynik dzielimy na dwa.
- Spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym c.w. stanowi różnica pomiędzy otrzymanym powyżej wynikiem a oporami gałęzi równoległej c.w. z wymiennikiem cw II°.
- Dysponując przepływem wody sieciowej przez gałąź c.w. można obliczyć współczynnik k_v i dobrać zawór.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Zawór regulacyjny na obejściu letnim dobieramy dla przepływu wody sieciowej w okresie letnim. Spadek ciśnienia na zaworze określamy jako różnicę pomiędzy ciśnieniem dyspozycyjnym dla węzła a oporami przepływu przez węzeł (bez spadku ciśnienia na zaworze regulacyjny na obejściu letnim).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Kryzę na obejściu wymiennika c.w. II° dobieramy przy większym z przepływów wyznaczonych dla temperatur zewnętrznych punktu załamania wykresu regulacyjnego i $t_e = 12^\circ\text{C}$. Spadek ciśnienia na kryzie powinien być równy spadkowi ciśnienia na gałęzi równoległej z wymiennikiem cw II°.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Po dobraniu kryzy należy dokonać sprawdzenia na podstawie nomogramu, jaki strumień wody sieciowej może przepływać przez kryzę w warunkach obliczeniowych tj. przy temperaturze zewnętrznej obliczeniowej dla $t_e = t_{eo}$. W przypadku, gdy jest on mniejszy od obliczonego strumienia wody sieciowej, należy zaprojektować obejście kryzy z zaworem regulacyjnym, przez który będzie przepływać różnica strumieni pomiędzy obliczeniowym i przez kryzę. Spadek ciśnienia na zaworze odpowiada spadkowi ciśnienia na kryzie.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Centralne przygotowanie ciepłej wody w węzłach ciepłowniczych.

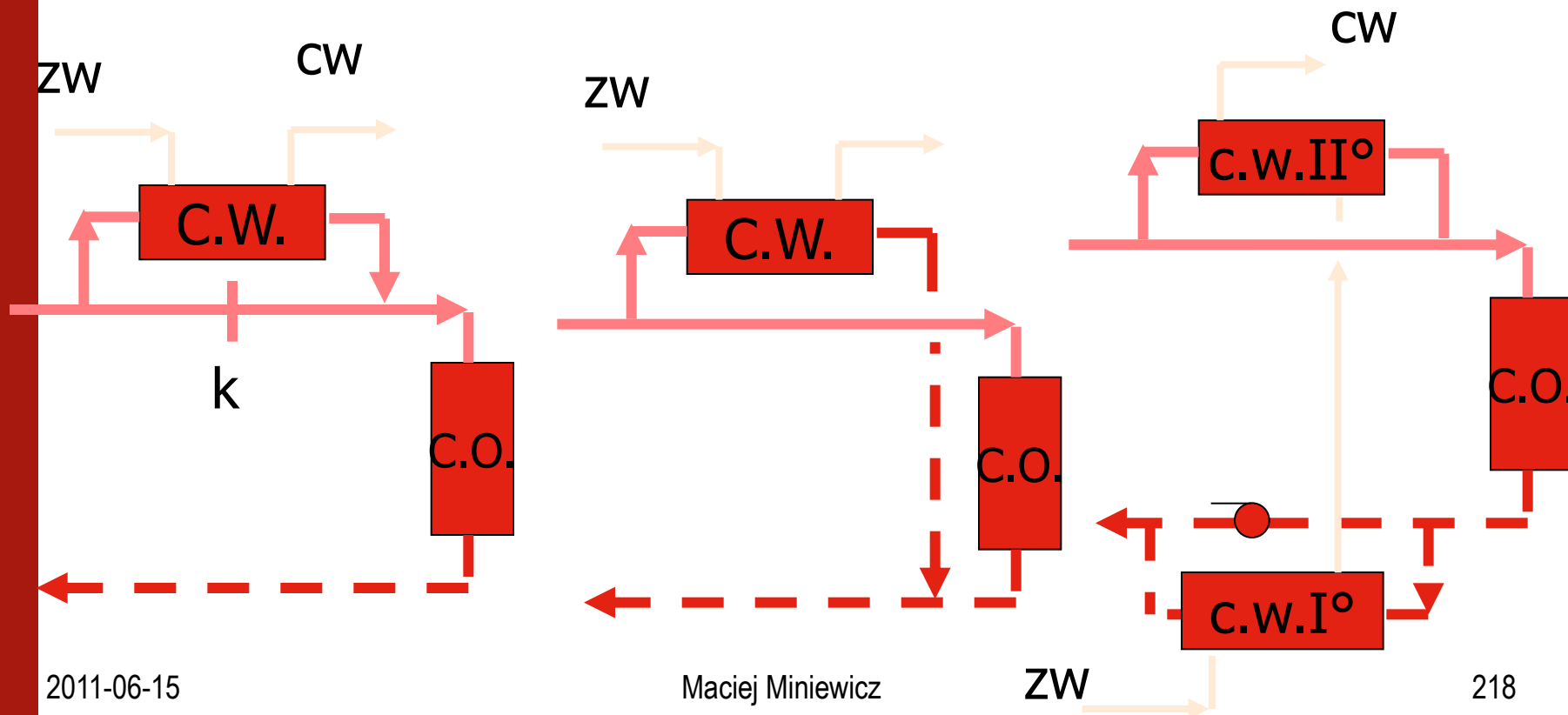
Węzły ciepłownicze z zasobnikami ciepła.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Węzły ciepłej wody:
 - Jedno- lub dwustopniowe
 - Z zasobnikiem lub bez
 - Z podgrzewaczem pojemnościowym lub w układzie przepływowym.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Centralne przygotowanie ciepłej wody użytkowej zawsze odbywa się poprzez wymienniki ciepła.



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- **Zapotrzebowanie ciepła do przygotowania ciepłej wody.**
- Norma **PN-92/B-01706** Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu.
- Przedmiot normy dotyczy wymagań w projektowaniu instalacji zimnej i ciepłej wody.
- Centralne przygotowanie ciepłej wody - wspólne podgrzanie wody i doprowadzenie jej do punktów czerpalnych w obrębie obiektu budowlanego zaopatrywanego w energię ciepłą.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Temperatura wody ciepłej w punkcie czerpalcym nie powinna być niższa niż $t_{wc}=45\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**wg Dz.U. Nr 75 – 55 $^{\circ}\text{C}$**).
- Centralne przygotowanie ciepłej wody dla budynku realizuje się w połączeniu z systemem centralnego ogrzewania. Rozwiązanie sposobu przygotowania ciepłej wody powinno wynikać ze sposobu dostawy energii cieplnej do budynku lub grupy budynków (zasilanie z sieci ciepłowniczej lub kotłowni lokalnej).

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Wielkość węzła centralnego przygotowania ciepłej wody w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych nie powinna przekraczać dostawy wody dla **1200** mieszkańców, natomiast w innych rodzajach budownictwa maksymalna wielkość węzła powinna wynikać z analizy techniczno-ekonomicznej.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Temperatury obliczeniowe ciepłej wody na wlocie do instalacji nie powinny przekraczać **$t_c=60\text{ }^{\circ}\text{C}$** (patrz niżej).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002r. Dz.U.Nr 75 poz. 690 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- §120.2. Instalacja ciepłej wody powinna zapewnić uzyskanie w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 55 °C i nie wyższej niż 60 °C, przy czym instalacja ta powinna umożliwiać przeprowadzenie jej okresowej dezynfekcji termicznej przy temperaturach wody nie niższej od 70°C

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Obliczeniowe temperatury wody zimnej dopływające do węzła centralnego przygotowania ciepłej wody przyjmuje się: dla wody wodociągowej pobieranej z ujęć powierzchniowych $t_z=5\text{ }^{\circ}\text{C}$, dla ujęć wód podziemnych $t_z=10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ciepłownictwo 2: węzły ciepłownicze

Centralne przygotowanie ciepłej wody

- Przepływy obliczeniowe do wymiarowania węzła ciepłej wody należy obliczać z następujących zależności:

$$q_{dśr} = U \cdot q_c$$

U - liczba użytkowników zaopatrywanych z węzła ciepłej wody, jednostki naturalne (j.n.)

q_c - jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę dla użytkownika

$$q_{hśr} = \frac{q_{dśr}}{\tau}$$

τ - liczba godzin użytkowania instalacji w ciągu doby, h/d

N_h - współczynnik godzinowej nierównomierności rozbioru wody.

$$q_{hmax} = q_{hśr} \cdot N_h$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Dla budynków mieszkalnych należy przyjmować:
- 1 użytkownik = 1 mieszkaniec
- **$q_c = 110$ do $130 \text{ dm}^3/\text{d j.n.}$**
- czas użytkowania instalacji ciepłej wody
 $\tau = 18 \text{ h/d}$ w godzinach od 6 do 24

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Współczynnik nierównomierności rozbioru ciepłej wody

$$N_h = 9,32 \cdot U^{-0,244}$$

$$K_h = 7,732 \cdot n^{-0,167}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Obliczeniową moc cieplną wymiennika Φ , kW należy obliczać wg zależności:

$$\Phi = q \cdot c_w \cdot \rho \cdot (t_c - t_z)$$

$$c_w = 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

q = odpowiednio $q_{d\acute{s}r}$, $q_{h\acute{s}r}$, q_{hmax}

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Jednostkowe zapotrzebowanie ciepła dla 1 osoby w budownictwie mieszkalnym przyjmuje się:
- przy opłatach ryczałtowych za ciepłą wodę $q_j = 130 \text{ dm}^3/\text{M}$ dobę
- przy licznikowaniu poboru ciepłej wody $q_j = 80$
- $90 \text{ dm}^3/\text{M}$ dobę
- temperatura wody zimnej $t_{wz} = 5 - 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- temperatura wody ciepłej $t_{cw} = 55 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Średnio dobowy strumień ciepłej wody wynosi odpowiednio
 - $m_{sr}^{cw} = 5,4 * n$ kg/h dla opłat zryczałtowanych
 - $m_{sr}^{cw} = 3,75 * n$ kg/h przy licznikowaniu cw

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Odpowiadający tym wartością średni strumień ciepła na 1 mieszkańca wynosi

$$q_{\text{śr}}^{\text{CW}} = 4,19 * m_{\text{śr}}^{\text{CW}} * (t_{\text{CW}} - t_{\text{ZW}})$$

- $q_{\text{śr}}^{\text{CW}} = 0,314 \text{ kW/M}$

- $q_{\text{śr}}^{\text{CW}} = 0,210 \text{ kW/M}$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Współczynnik nierównomierności poboru ciepłej wody

$$N_h = \frac{G_{\max}^{cw}}{G_{\acute{s}r}^{cw}}$$

$$k_h = \frac{G_{\max}^{cw}}{G_{\acute{s}r}^{cw}}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- dla $n = 50 - 6000$
 $k_h = 2 + 49.5 \cdot n^{-0,75}$ wg prof Wasilewskiego
- lub wg PN-B-1706:1992 dla budynków mieszkalnych
 $N_h = 9,32 \cdot n^{-0,244}$
- W przypadku innych obiektów współczynnik godzinowy nierównomierności rozbioru ciepłej wody powinien zostać wyznaczony w oparciu o dobowy harmonogram zużycia ustalony na drodze pomiarów.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

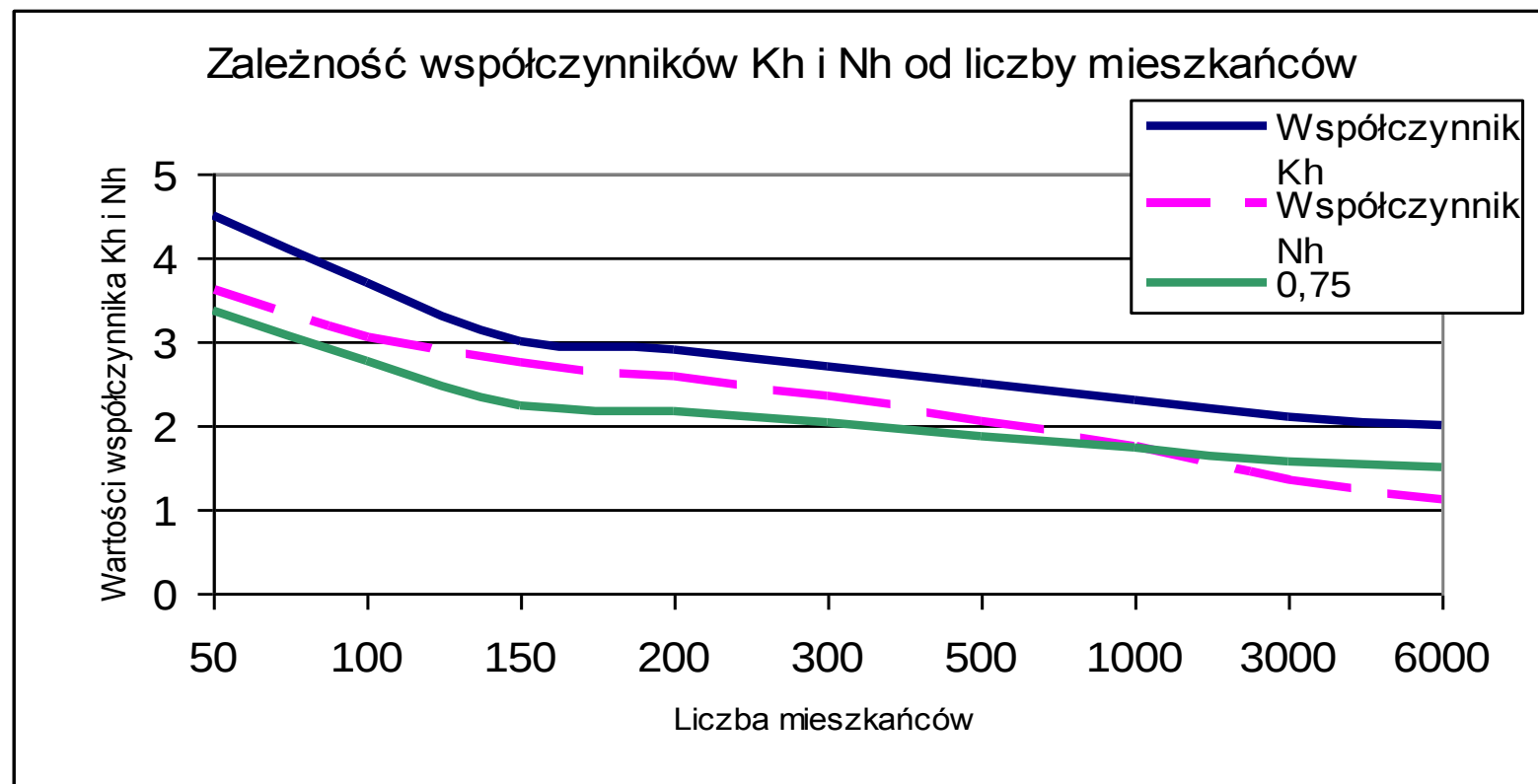
Wartości wg PN-92/B-01706						Wartości realne			
U (n)	Nh (Kh)	Gdobowe	Gsr	Qsr	Qmax	Czas rozb.	Gsr	Qsr	Qmax
osoby	-	l/dobę	l/h	kW	kW	h	l/h	kW	kW
1	9,32	110	6,1	0,4	3,3	3	36,7	2,1	19,9
		130	7,2	0,4	3,9				
2	7,87	110	12,2	0,7	5,6	3,5	62,9	3,7	28,8
		130	14,4	0,8	6,6				
3	7,13	110	18,3	1,1	7,6	4	82,5	4,8	34,2
		130	21,7	1,3	9,0				
4	6,65	110	24,4	1,4	9,5	4,5	97,8	5,7	37,8
		130	28,9	1,7	11,2				
5	6,29	110	30,6	1,8	11,2	5	110,0	6,4	40,3
		130	36,1	2,1	13,2				
6	6,02	110	36,7	2,1	12,8	5,5	120,0	7,0	42,0
		130	43,3	2,5	15,2				



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wartości wg PN-92/B-01706						Wartości realne			
U (n)	Nh (Kh)	Gdobowe	Gsr	Qsr	Qmax	Czas rozb.	Gsr	Qsr	Qmax
osoby	-	l/dobę	l/h	kW	kW	h	l/h	kW	kW
1	9,32	110	6,1	0,4	3,3	3	36,7	2,1	19,9
		130	7,2	0,4	3,9				
2	7,87	110	12,2	0,7	5,6	3,5	62,9	3,7	28,8
		130	14,4	0,8	6,6				
3	7,13	110	18,3	1,1	7,6	4	82,5	4,8	34,2
		130	21,7	1,3	9,0				
4	6,65	110	24,4	1,4	9,5	4,5	97,8	5,7	37,8
		130	28,9	1,7	11,2				
5	6,29	110	30,6	1,8	11,2	5	110,0	6,4	40,3
		130	36,1	2,1	13,2				
6	6,02	110	36,7	2,1	12,8	5,5	120,0	7,0	42,0
		130	43,3	2,5	15,2				
7	5,80	110	42,8	2,5	14,4	6	128,3	7,5	43,3
		130	50,6	2,9	17,1				
8	5,61	110	48,9	2,8	16,0	6,5	135,4	7,9	44,2
		130	57,8	3,4	18,9				
9	5,45	110	55,0	3,2	17,5	7	141,4	8,2	44,9
		130	65,0	3,8	20,6				
10	5,31	110	61,1	3,6	18,9	7,5	146,7	8,5	45,4
		130	72,2	4,2	22,3				
15	4,81	110	91,7	5,3	25,7	8	206,3	12,0	57,8
		130	108,3	6,3	30,4				
20	4,49	110	122,2	7,1	31,9	10	220,0	12,8	57,5
		130	144,4	8,4	37,7				
30	4,06	110	183,3	10,7	43,4	12	275,0	16,0	65,1
		130	216,7	12,6	51,3				
40	3,79	110	244,4	14,2	53,9	14	314,3	18,3	69,3
		130	288,9	16,8	63,7				
50	3,59	110	305,6	17,8	63,8	16	343,8	20,0	71,8
		130	361,1	21,0	75,4				

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

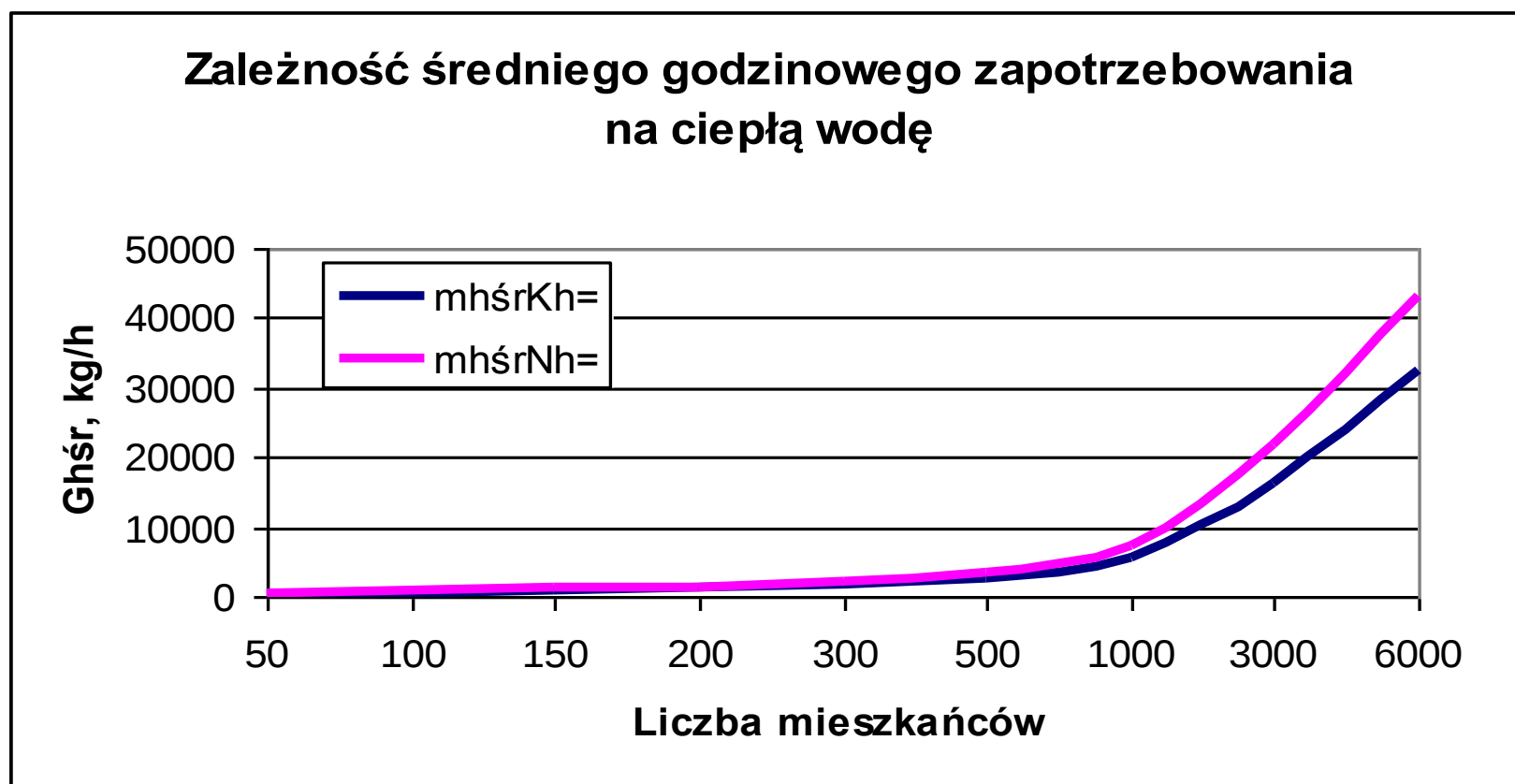


Projektowanie węzłów ciepłowniczych

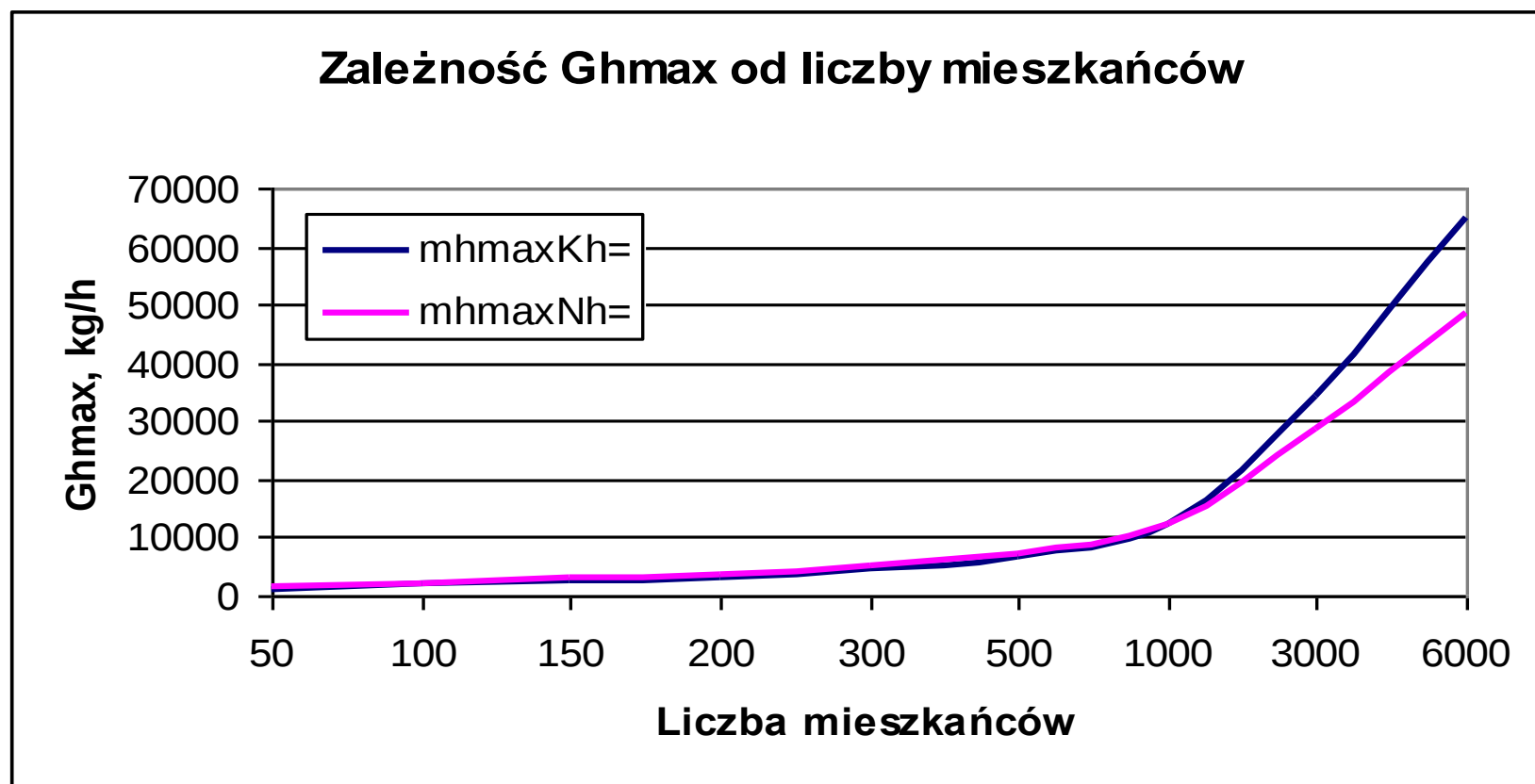
- Moc maksymalna na podgrzanie ciepłej wody wynosi
-

$$Q_{\max}^{\text{cw}} = N_h \cdot m_{\text{śr}}^{\text{cw}} \cdot (t_{\text{cw}} - t_{\text{zw}}) \cdot c$$

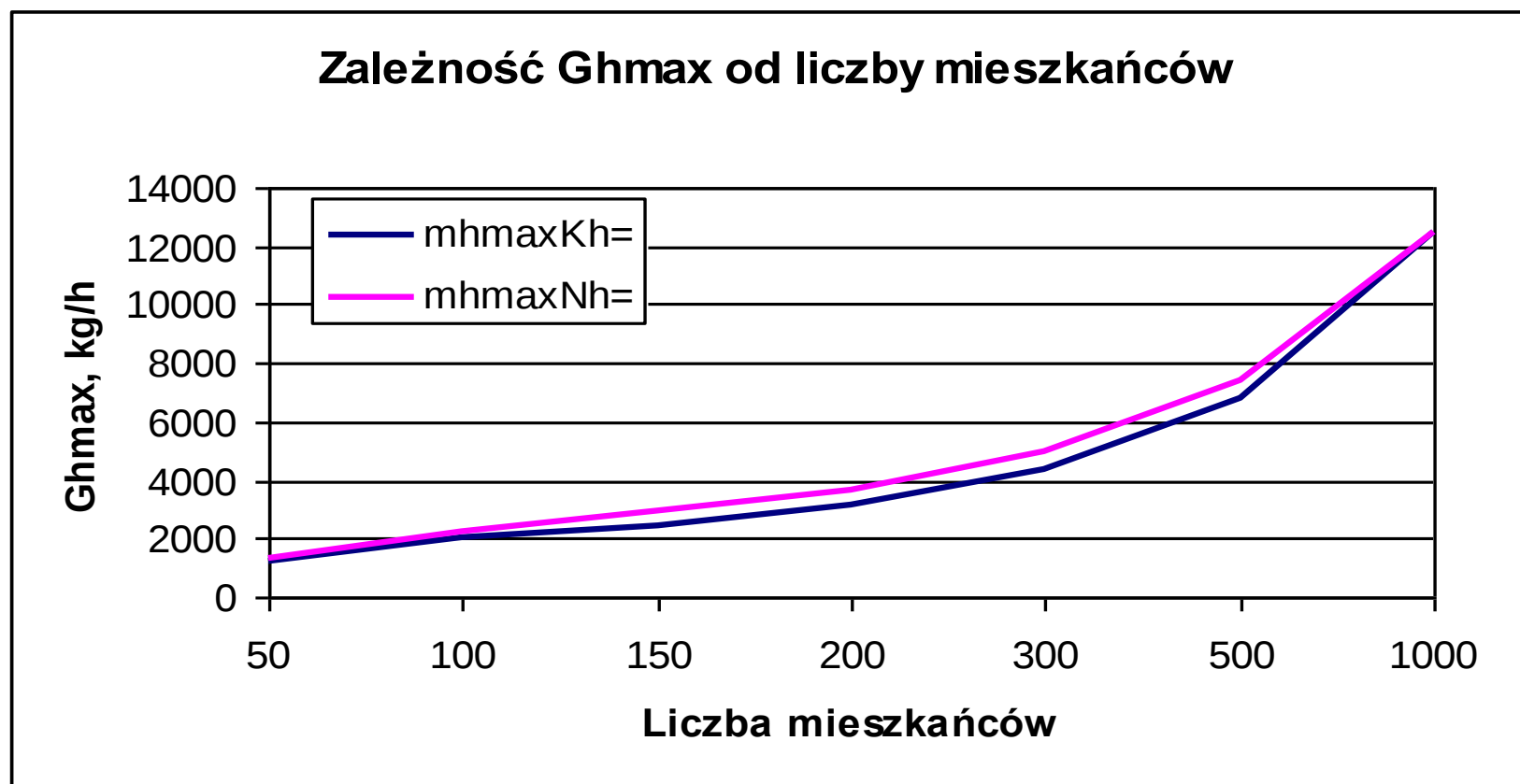
Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

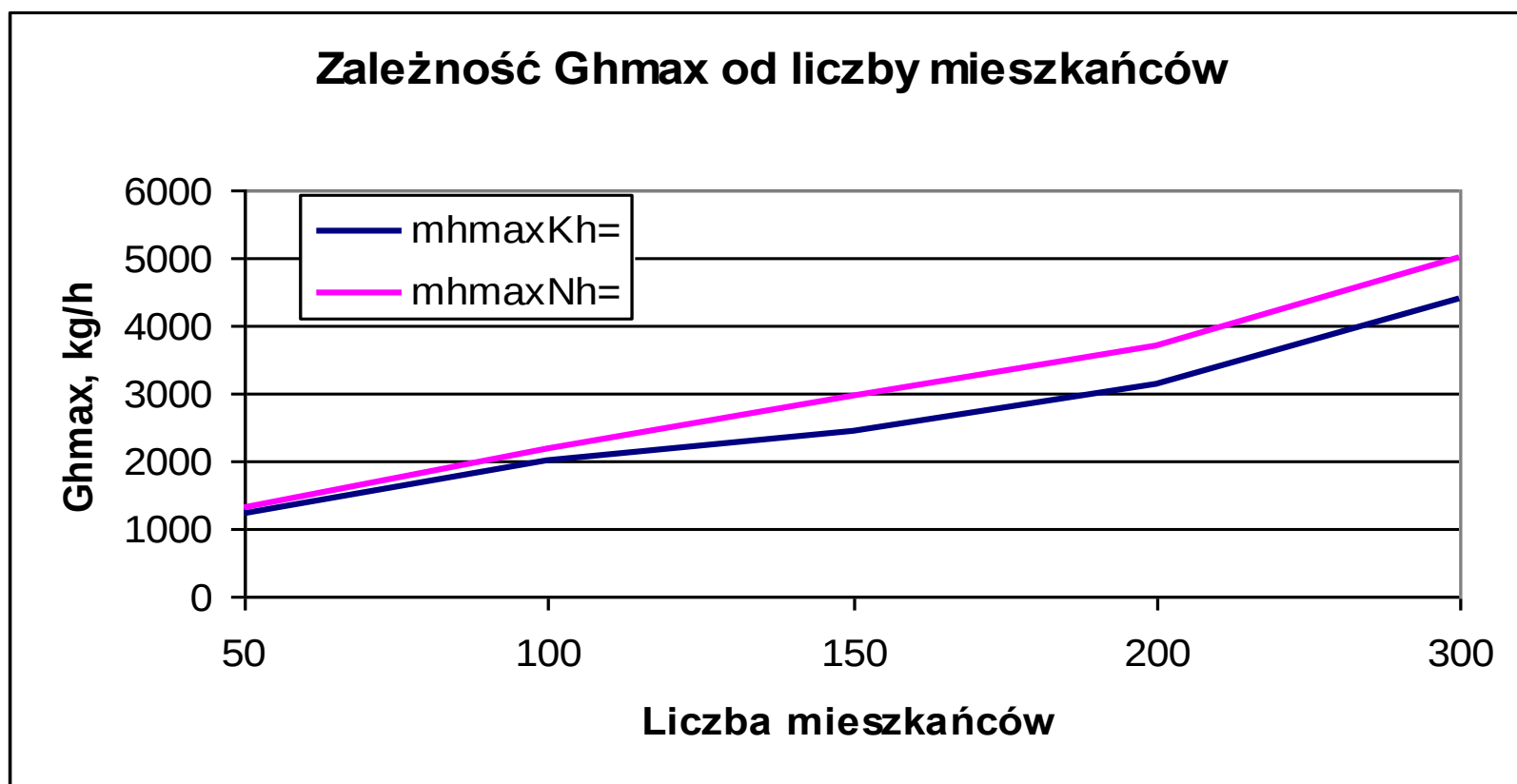


Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Ciepłownictwo 2: węzły ciepłownicze

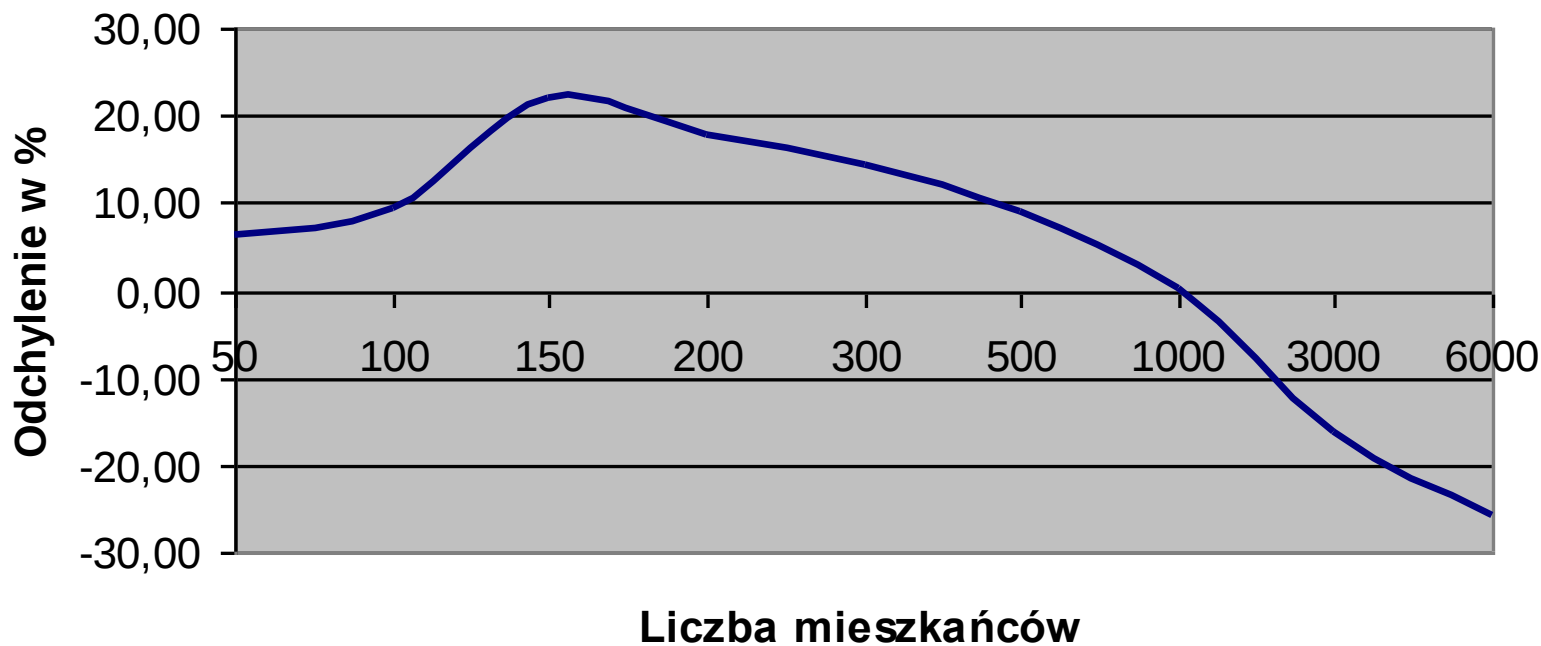
Centralne przygotowanie ciepłej wody



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Odchylenie w % wartości $G_{hmax} N_h$ od $G_{hmax} K_h$

$$O\% = (G_{hmax} N_h - G_{hmax} K_h) * 100 / G_{hmax} K_h$$



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Maksymalne zużycie wody sieciowej na potrzeby ciepłej wody, występujące przy temperaturach załamania wykresu regulacyjnego $T_{zx} = T_{z \min}$

$$M_{\max}^{\text{cw}} = \frac{\beta \cdot Q_{\max}^{\text{cw}}}{(T_{z \min} - T_{p \min}) \cdot c}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Współczynnik redukcji mocy wymiennika ciepła

$$\beta = \frac{1}{k_h} + \left(1 - \frac{1}{k_h}\right) \cdot \left(1 - \sqrt[4]{\frac{V_z}{12,5 \cdot k_h}}\right)$$

V_z – pojemność zasobnika w m^3

Dla węzłów bez zasobnikowych $\beta=1$.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- W instalacji ciepłej wody oprócz maksymalnych godzinowych rozbiorów występują krótkotrwałe **chwilowe rozbiory ciepłej wody, ok. 2 do 3 razy większe od max godzinowych** (można je określić na podstawie cytowanej wyżej normy).
- **Wymienniki ciepłej wody nie są wymiarowane na rozbiory chwilowe.**

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

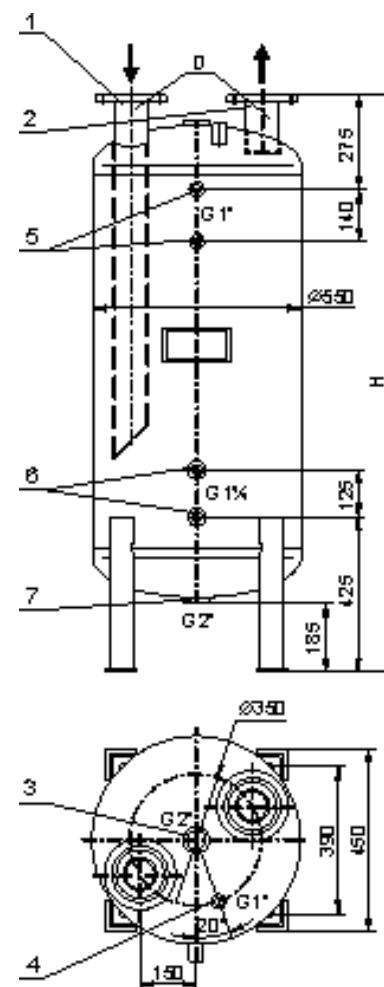
- W tej sytuacji godzimy się na krótkotrwałe obniżenie temperatury ciepłej wody.
- Sytuację mogą poprawić wymienniki ciepła o małej pojemności ciepła, względnie stabilizatory lub zasobniki ciepłej wody.
- **Stabilizator** jest zbiornikiem zamkniętym umieszczonym za wymiennikiem ciepłej wody. Jego pojemność ok. **300 dm³** pozwala na trwające kilka do kilkunastu minut obniżenie temperatury ciepłej wody przy przepływach większych niż te na które zwymiarowano wymiennik ciepłej wody, bez wyraźnych skutków obniżenia komfortu dostawy ciepłej wody. Zgromadzony zapas ciepłej wody na ogół wystarcza do utrzymania w krótkim czasie temperatury ciepłej wody na poziomie 45°C.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Stabilizator c.w.

Dane techniczne

Typ	Pojemność dm ³	Temperatura nominalna °C	Ciśnienie nominalne bar	Masa netto kg	H	Króciec D**
SCWA 100	100	110	6	45	775	DN40-80 PN16
SCWA 200	203			58	1175	
SCWA 250	251			70	1405	
SCWA 286*	286			79	1575	DN40-80 PN6
SCWA 350	350			95	1885	DN40-150 PN16
SCWA 400	403			105	2075	
SCWA 500	510			150	2600	
SCWA 600	601			190	3000	



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Przy stosowaniu stabilizatora ciepłej wody, moc wymiennika dla układu jednostopniowego wynosi

$$Q_w = G_{\max h}^{cw} \cdot c \cdot (t_{cw} - t_{zw})$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Dla układu dwustopniowego moce wymienników wynoszą

$$Q_{wI} = G_{\max h}^{cw} \cdot c \cdot (t_{cwI} - t_{zw})$$

$$a_{wI} = \frac{(t_{cwI} - t_{zw})}{(t_{cw} - t_{zw})}$$

$$Q_{wII} = G_{\max h}^{cw} \cdot c \cdot (t_{cw} - t_{cwI})$$

$$a_{wII} = (1 - a_{wI})$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Dla węzłów szeregowo - szeregowych udział wymiennika I° przyjmuje się w wysokości $a_{wl}=0,5$, natomiast dla węzłów szeregowo - równoległych z uwagi na wyższą temperaturę wody sieciowej przed wymiennikiem I° przyjmuje się odpowiednio $a_{wl}=0,55 - 0,6$.

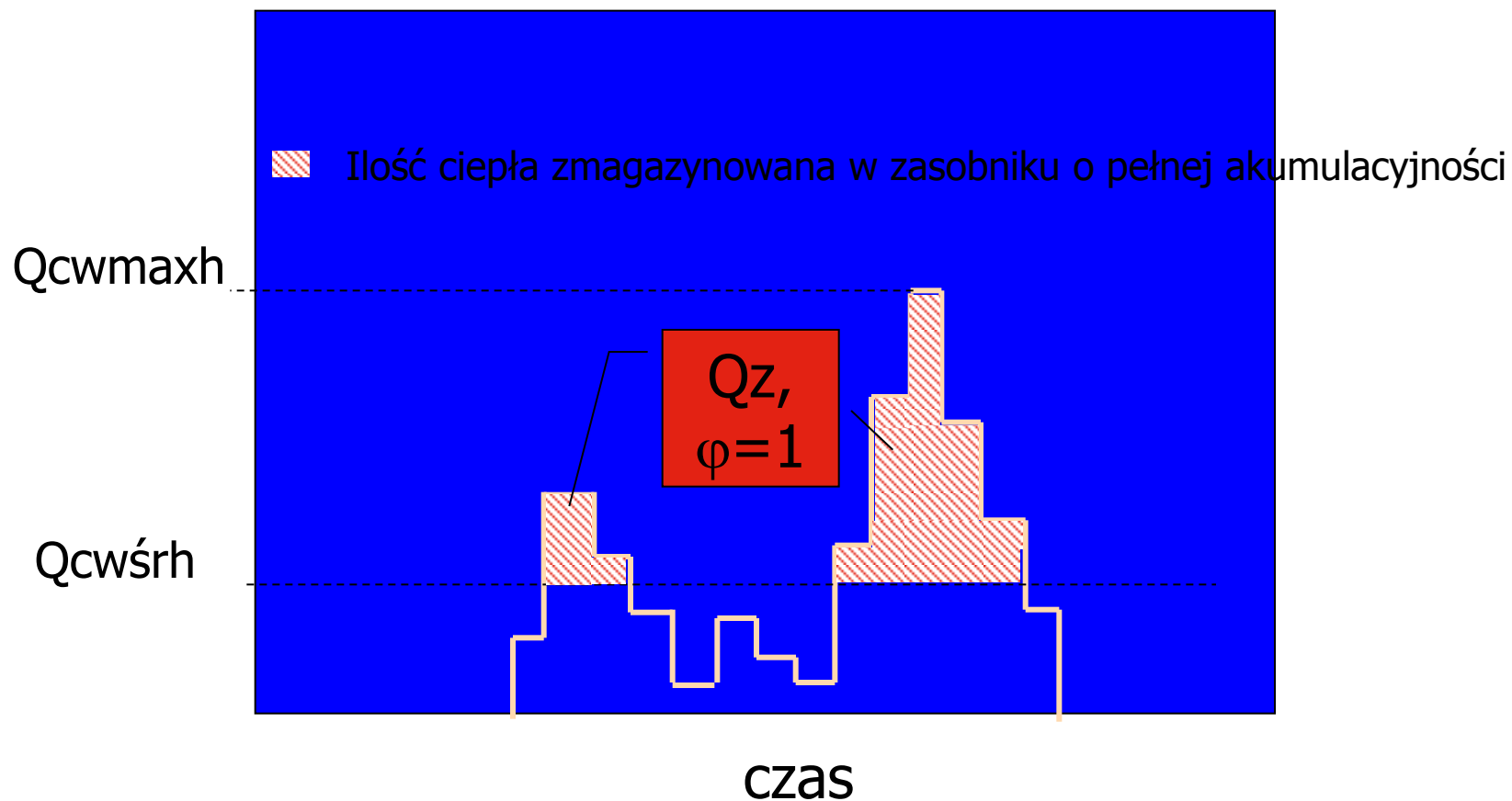
Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- **Zasobniki** mają za zadanie gromadzenie ciepłej wody w okresach mniejszego poboru od średnio dobowego, i pokrywanie zwiększonego zapotrzebowania na ciepłą wodę w przypadku poborów wyższych od średnio dobowych. Zastosowanie zasobników pozwala na wymiarowanie wymienników ciepłej wody na przepływy mniejsze od maksymalnych godzinowych.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Zasobnik o pojemności pozwalającej na zaspokojenie potrzeb instalacji przygotowania ciepłej wody przy zaprojektowaniu wymiennika ciepła o mocy wynikającej ze średniego godzinowego zapotrzebowania ciepłej wody, miałby tzw. pełną akumulacyjność.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Moc cieplną źródła na potrzeby ciepłej wody wymiarujemy:

$$Q_{cw}^w = Q_{cw}^{srh} \Leftrightarrow Vz = Vz_0$$

$$Q_{cw}^w = Q_{cw}^{\max h} \Leftrightarrow Vz = 0$$

$$Q_{cw}^{srh} < Q_{cw}^w < Q_{cw}^{\max h} \Leftrightarrow 0 < Vz < Vz_0$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Pojemność tę dla budynków mieszkalnych można wyznaczyć z zależności:

-

$$V_{100} = 90 \cdot n \cdot \log(k_h) \text{ dm}^3$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Dla obiektów o innym przeznaczeniu można przyjąć zasadę, że pojemność zasobnika przy pełnej akumulacyjności odpowiada liczbowo w przeciętnych warunkach 2 - 3 krotnej wielkości maksymalnego godzinowego zapotrzebowania ciepłej wody wyrażonego w kg/h.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Stosunek rzeczywistej pojemności zasobnika V_z do pojemności przy pełnej akumulacyjności V_{zo} określany jest mianem współczynnika akumulacyjności

$$\varphi = \frac{V_z}{V_{zo}}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Stąd pojemność zasobnika możemy określić z równania

• $V_z = 90 \cdot \varphi \cdot n \cdot \log(k_h)$ ości zasobników, dlatego zaleca się przyjmować wartości bliskie $\varphi=0,1-0,3$.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Stosunek mocy cieplnej wymiennika ciepła w układzie z zasobnikiem do mocy cieplnej wymiennika w układzie bez zasobnika określa się mianem współczynnika redukcji β .
 - dla zakresu wartości $\varphi \leq 0,25$.

$$\beta = \frac{Q_{cw}^w}{Q_{\max h}}$$

$$\beta = 1 - \left(1 - \frac{1}{k_h} \right) \cdot \varphi^{0,25}$$

$$\varphi = 1$$

$$k_h = 2,51$$

$$\beta = 0,574$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

$$\beta = \frac{1}{k_h} + \left(1 - \frac{1}{k_h}\right) \cdot \left(1 - \sqrt[4]{\frac{V_Z}{V_{ZO}}}\right)$$

$$V_{ZO} = 12,5 \cdot k_h$$

$$V_Z = 90 \cdot \varphi \cdot n \cdot \lg(k_h)$$

$$\varphi = 1$$

$$k_h = 2,51$$

$$\beta = 0,632$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Współczynnik akumulacji ciepła dla węzłów należy przyjmować w zakresie

$$0,1 \leq \varphi \leq 0,3$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

$$Q_{cw}^w = \Psi \cdot Q_{cw}^{\max h}$$

$$\varphi = 1$$

$$k_h = 2,51$$

$$\Psi = 0,662 \cdot \frac{1}{\eta}$$

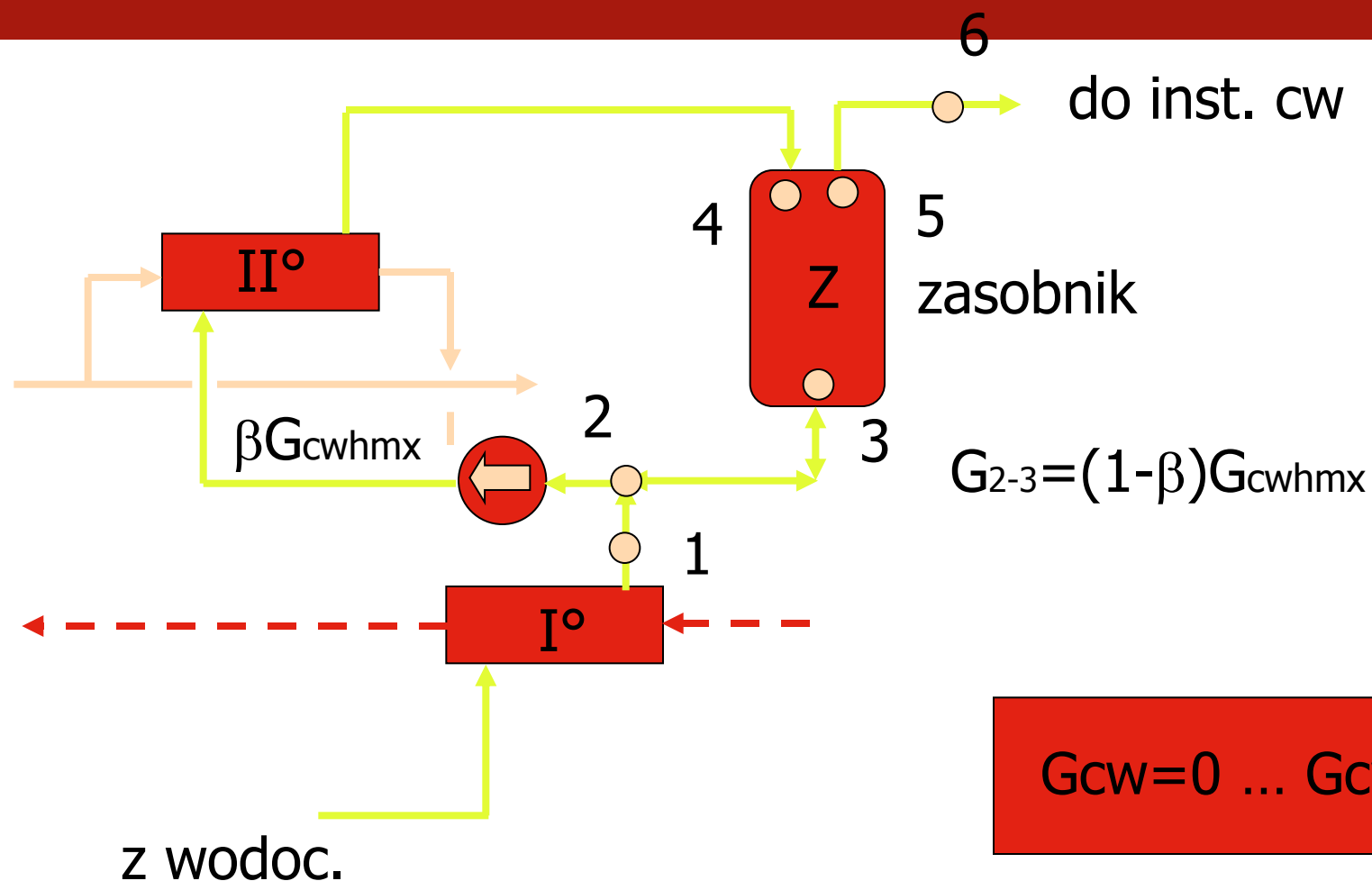
$$\Psi = \frac{1}{(k_h - 1) \cdot \varphi + 1} \cdot \frac{1}{\eta}$$

η - sprawność cieplna węzła i wewnętrznej instalacji C.W.

$\eta=0,95$ dla indywidualnych węzłów cieplnych

$\eta=0,9$ dla węzłów grupowych, w których nie uwzględniono strat ciepła w sieci osiedlowej.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Jeżeli straty ciśnienia na odcinku 2-3 będą nieduże w porównaniu do strat ciśnienia na odcinku przez Wymiennik ciepła II°

$$\Delta p_{2-3} \ll \Delta p_{2-II^{\circ}-4}$$

To przez odcinek 2-II°-4 będzie cyrkulować w przybliżeniu zawsze stały strumień wody ciepłej, odpowiadający Wydajności pompy ładującej G_t

$$G_t = \beta \cdot G_{cwhmx}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Rozróżniamy trzy zasadnicze fazy pracy układu zasobnik – wymiennik ciepła II°
 - 1. Ładowanie zasobnika
 - 2. Stan obojętny
 - 3. Stan rozładowywania zasobnika

$$G_{CW} < G_t$$

$$G_{CW} = G_t$$

$$G_{CW} > G_t$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dobór pompy ładującej zasobnik ciepłej wody

$$V_{pl} = \frac{G_l}{\rho} = \frac{\beta \cdot G_{cwhmx}}{\rho}$$

Analiza pracy pompy ładującej

Przypadek 1. Przepływ przez odcinek 2-3 w kierunku
zasobnika $P_2 > P_3$ i $P_3 \sim P_4$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

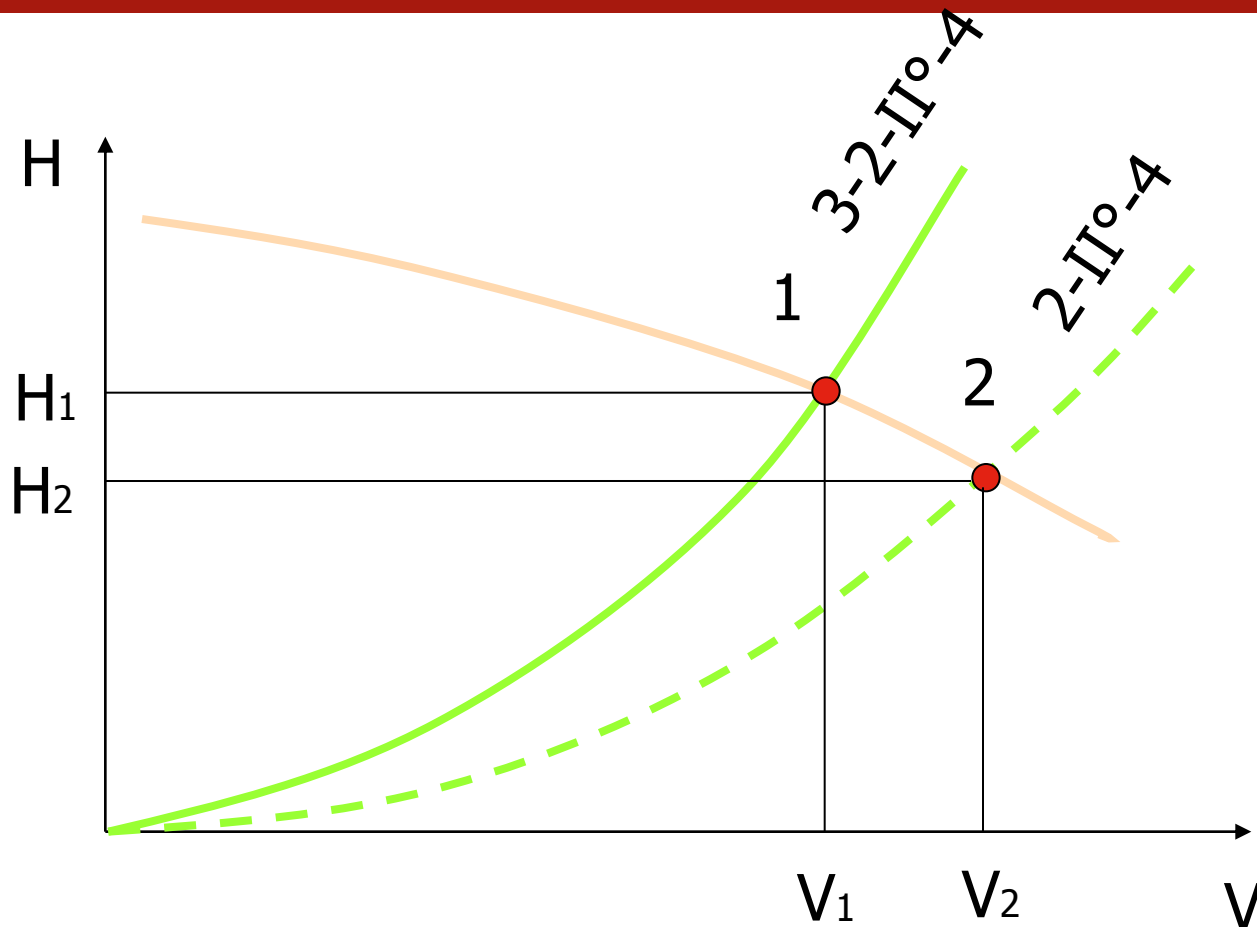
Opory w obiegu zasobnik- wymiennik ulegają zmniejszeniu o wartość ΔP_{2-3} , co spowoduje obniżenie charakterystyki Hydraulicznej obiegu.

Przypadek 2: Ładowanie zasobnika - przepływ w kierunku od zasobnika do pkt 2.

Punkt pracy pompy ładującej określa się dla przypadku ładowania zasobnika.

$$H_{pt} = \frac{\Delta P_{3-2} + \Delta P_{2-II^{\circ}-4}}{\rho \cdot g}$$

Projektowanie węzłów ciepłowniczych



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Zasobniki stosowano gdy:

$$\mu^{\max} = \frac{Q_{cw}^{\max h}}{Q_{co}} > 0,75$$

$$\varphi = 0,1 \quad \text{gdy} \quad \mu^{\max} = 0,8$$

$$\varphi = 0,2 \quad \text{gdy} \quad \mu^{\max} = 0,9$$

$$\varphi = 0,3 \quad \text{gdy} \quad \mu^{\max} = 1,05$$

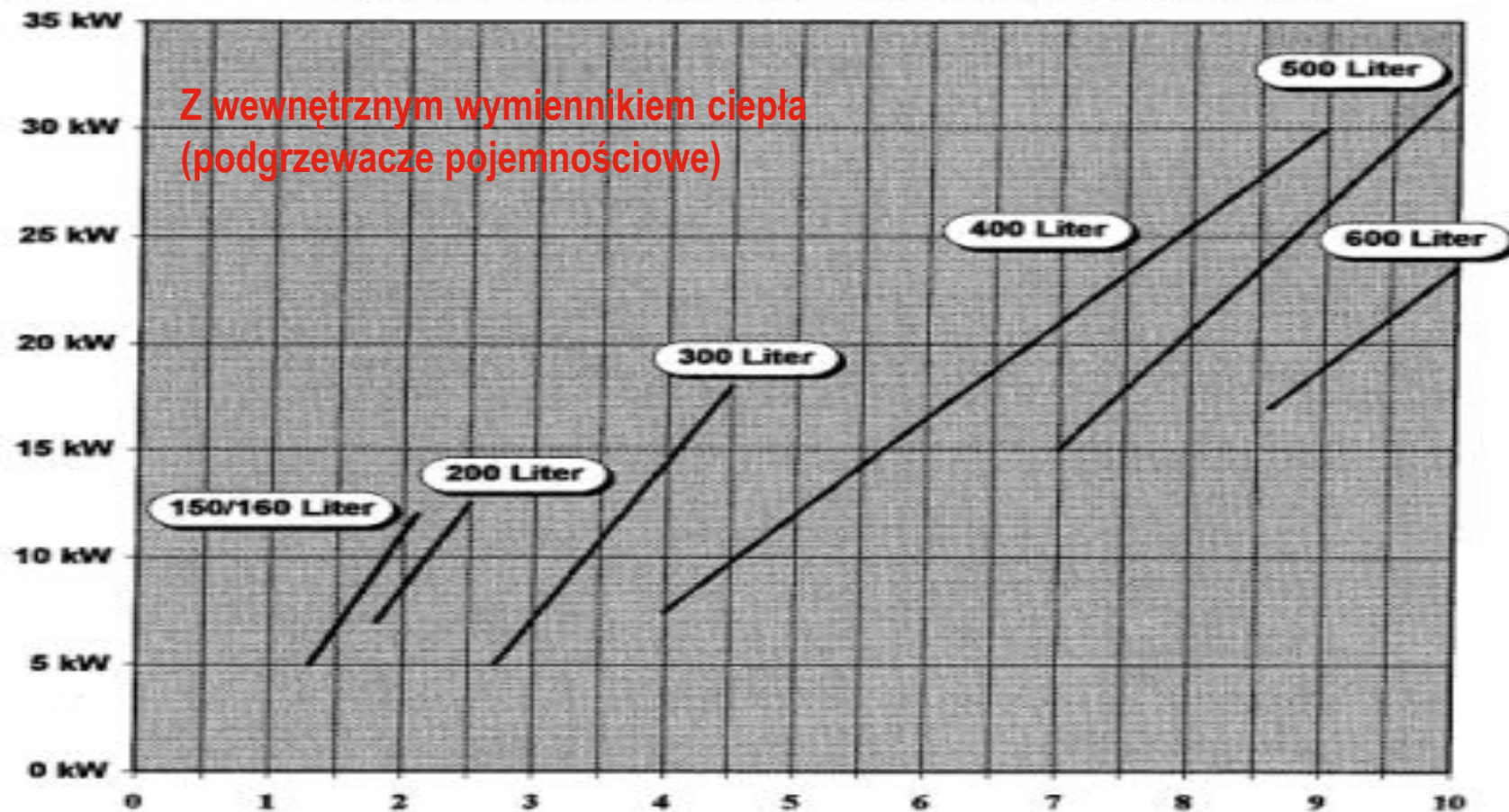
Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dobór wielkości zasobników ciepła w zależności od ilości ciepła i sposobu jej ogrzewania (nomogramy) wg wytycznych EuroHeat&Power 2008

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Figure 3a

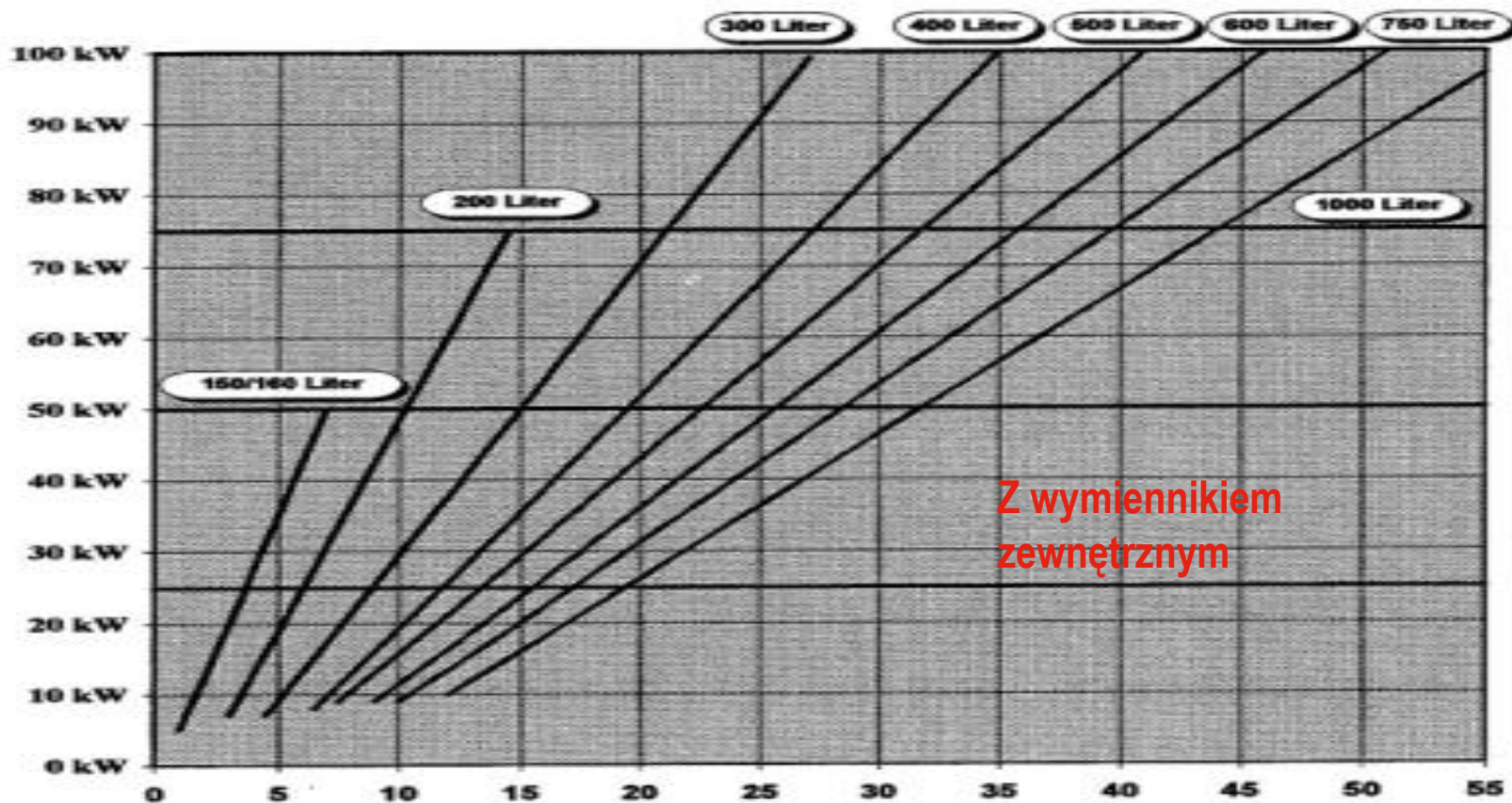
Diagram for storage tanks with internal heat exchanger



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Figure 3b

Diagram for storage tanks combined with external heat exchangers



Z wymiennikiem
zewnątrznym

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Wielkość zasobnika ciepłej wody powinna gwarantować jego całkowite opróżnienie w trakcie trwania maksymalnego dziennego zużycia.
- Zaleca się stosowanie systemu składającego się z płytowego wymiennika ciepła i zasobnika ciepłej wody (system przepływowo-akumulacyjny) w celu uzyskania możliwie najniższej temperatury powrotnej z węzła cieplnego z zasobnikiem.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Zasobnik powinien posiadać izolację termiczną gwarantującą utrzymanie stałej temperatury wody, co jest niezbędne do efektywnej pracy pompy ładującej.
- Ładowanie zasobnika ciepłej wody w znaczeniu pracy pompy ładującej nie powinno trwać dłużej niż **dwie** godziny.
- Konstrukcja zasobnika powinna być pionowa smukła, z wykorzystaniem maksymalnej objętości użytkowej i **minimalną strefą martwą**.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Systemy regulacji ciepłej wody

- System regulacji powinien zapewnić stałą temperaturę ciepłej wody przez cały rok.
- Ciepła woda powinna mieć priorytet w stosunku do ogrzewania, kiedy zakłada się ograniczenie maksymalnej wydajności węzła ciepłowniczego.
- Jedna z funkcji w regulatorze powinna ustalać priorytet ciepłej wody w stosunku do ogrzewania.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Warunkiem zagwarantowania dobrej jakości regulacji ciepłej wody (utrzymanie stałej temperatury ciepłej wody) jest zastosowanie szybkich systemów regulacji.
- Następujące aspekty powinny być brane pod uwagę przy wyborze urządzeń regulacyjnych:
 - Zmiany ciśnienia i temperatury w systemie ciepłowniczym

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- prawidłowe zaprojektowanie i wyregulowanie rozdziału ciepłej wody i cyrkulacji, zapewniające cyrkulację we wszystkich częściach systemu ciepłej wody
- układ cyrkulacyjny (w przypadkach oddzielnych budynków, systemu mieszkań w budynku – budynki wielorodzinne)
- rodzaj wymiennika ciepła
- częstotliwość zapotrzebowania na ciepłą wodę

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Zawory regulacyjne sterowane elektronicznie albo regulatory temperatury lub przepływu.
- W celu zapewnienia najlepszego funkcjonowania systemu ciepłej wody (zgodnego z zapotrzebowaniem), układ regulacji powinien reagować zarówno na wpływający strumień wody zimnej do wymiennika ciepła jak i na temperaturę ciepłej wody opuszczającej wymiennik.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Materiał wymienników stosowany w instalacjach ciepłej wody:
 - Miedź
 - Stal nierdzewna 1.4301,(AISI304), 1.4401(AISI316), 1.4404 (AISI 314L) lub Alloy 20/18/6
 - Mosiądz
 - Tytan
 - polimery

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Wymienniki ciepła, wymiarowanie (dobór), temperatury, ciśnienie i różnica ciśnień

- Wymiennik ciepłej wody powinien być tak zaprojektowany, aby zapewnić następującą charakterystykę temperaturową i ciśnieniową, rekomendowaną przez Euroheat & Power (tab 3):

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Table 3

	Primary side (DH)	Secondary side (DWW)
Differential Pressure (max.)	25 kPa	50 kPa
Calculating Temperature	65°C	10°C
Calculating Temperature for LTS	60°C	10°C
Return Temperature, multi family houses	<22°C	Supply temperature 55°C
Return Temperature, single family houses	<25°C	Supply temperature 50°C

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

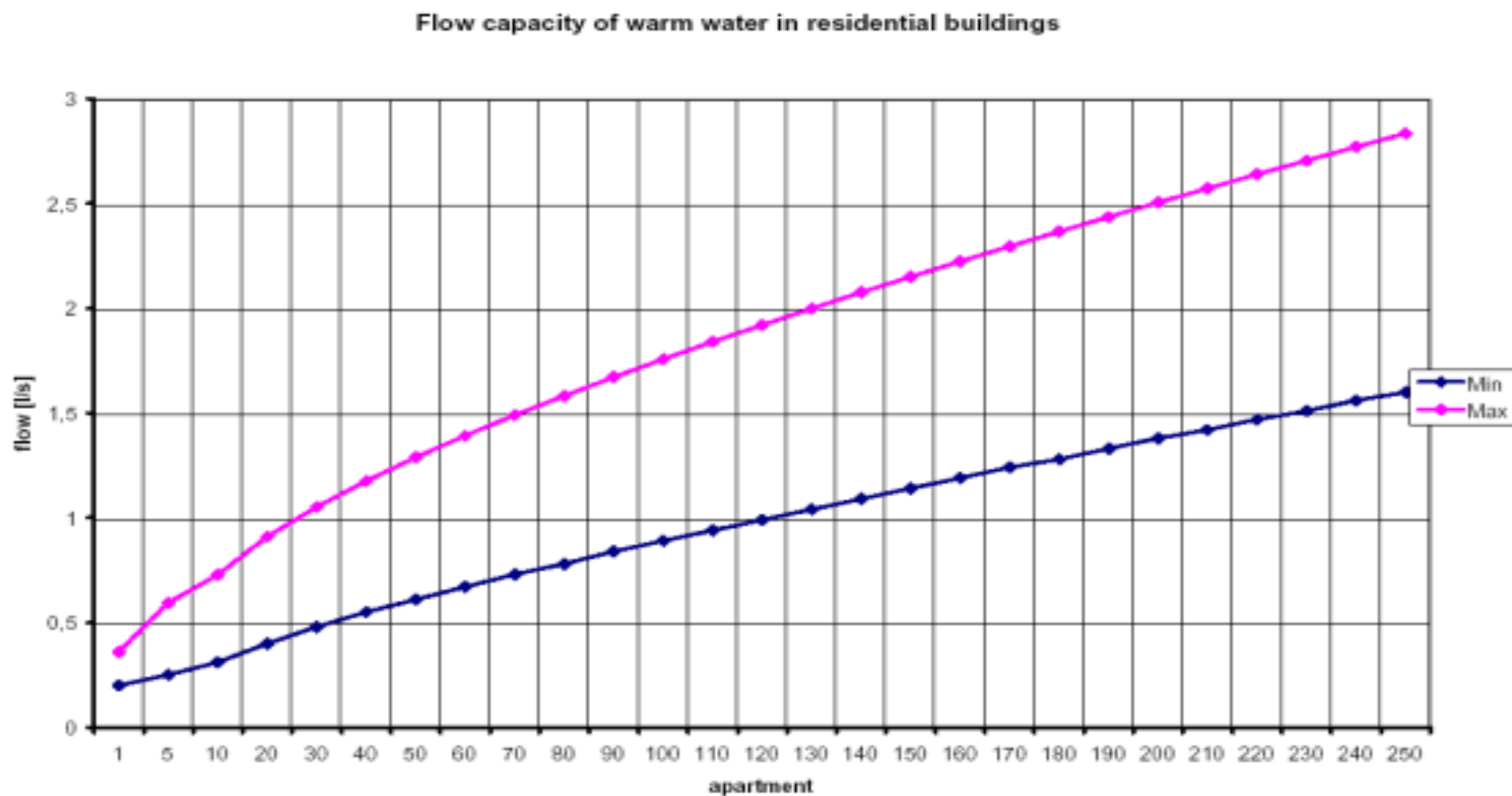
Dobór i wydajność instalacji c.w.

Określenie strumienia ciepłej wody

- Wzór podany poniżej jest zalecany prawie we wszystkich istniejących budynkach mieszkalnych w Europie. Zalecane jest określenie przepływu c.w. na podstawie krzywych przedstawionych poniżej.
- Wybór właściwej wielkości wymiennika ciepła i możliwie najmniejszego zaworu regulacyjnego sprzyja poprawie efektywności energetycznej.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Figure 4 Flow capacity for Domestic Warm Water for residential buildings



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dwie krzywe przedstawiają górny i dolny zakres strumienia ciepłej wody które są obecnie używane w Europie zachodniej i północnej do wymiarowania zapotrzebowania na strumień ciepłej wody w budynkach mieszkalnych.

- Wymiarując wg krzywej dolnej uzyskuje się lepsze rezultaty ekonomiczne i eksploatacyjne w węzłach, sieci i źródle ciepła.

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

- Przepływ może być obliczony z oryginalnego równania:

$$q = q_m + O(n \cdot Q_m - q_m) + A \cdot \sqrt{O \cdot q_m} \cdot \sqrt{n \cdot Q_m - q_m}$$

- q – projektowany strumień wody dla n , mieszkań [dm³/s]
- $q_m=0,15$ $Q_m=0,2$ $O=0,015$ $A=2,1$ do $3,1$
- q_m – sumaryczny przepływ na mieszkanie
- Q_m – całkowity max przepływ na mieszkanie
- O – prawdopodobieństwo przekroczenia przepływu q_m
- A – prawdopodobieństwo przekroczenia q

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

$$q = q_m + O(n \cdot Q_m - q_m) + A \cdot \sqrt{O \cdot q_m} \cdot \sqrt{n \cdot Q_m - q_m}$$

Liczba mieszkań	n	30	
Sumaryczny przepływ na mieszkanie	q _m	0,15	dm ³ /s
Całkowity maksymalny przepływ na mieszkanie	Q _m	0,2	dm ³ /s
Prawdopodobieństwo przekroczenia przepływu q _m	O	0,015	
Prawdopodobieństwo przekroczenia przepływu q	A	2,1	
Obliczeniowy strumień ciepłej wody	q (A=2,1)	0,48	dm ³ /s
Obliczeniowy strumień ciepłej wody	q (A=3,1)	0,59	dm ³ /s

Liczba mieszkańców	N	100	
Jednostkowe zapotrzebowanie	q _j	110	dm ³ /Md
Współczynnik niejednoczesności rozbioru	N _h	3,03	
Max godzinowy rozbiór c.w	G _{hmax}	0,514	dm ³ /s

Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Table 4

Number of apartments	Domestic warm water, l/s	Number of apartments	Domestic warm water, l/s	Number of apartments	Domestic warm water, l/s
1	0,20 - 0,36	80	0,78 - 1,58	170	1,24 - 2,30
5	0,25 - 0,60	90	0,84 - 1,67	180	1,28 - 2,37
10	0,31 - 0,73	100	0,89 - 1,76	190	1,33 - 2,44
20	0,40 - 0,91	110	0,94 - 1,84	200	1,38 - 2,51
30	0,48 - 1,05	120	0,99 - 1,92	210	1,42 - 2,57
40	0,55 - 1,18	130	1,04 - 2,00	220	1,47 - 2,64
50	0,61 - 1,29	140	1,09 - 2,08	230	1,51 - 2,71
60	0,67 - 1,39	150	1,14 - 2,15	240	1,56 - 2,77
70	0,73 - 1,49	160	1,19 - 2,22	250	1,60 - 2,84



Projektowanie węzłów ciepłowniczych

Dziękuję za uwagę