

Modelowanie matematyczne w nauce i technice

LAB 07

Wstęp

W trakcie dzisiejszych zajęć rozwiążecie Państwo zagadnienie wymiany ciepła (stacjonarnego rozkładu temperatury), dla przypadków modelujących problemy napotymane w praktyce, kiedy pojawiają się źródła ciepła. Uwzględnienie tych przypadków wymagać będzie modyfikacji i rekompilacji kodu źródłowego oraz modyfikacji plików konfiguracyjnych. Jako plik siatki używany będzie plik z poprzedniego laboratorium, dla obszaru A.

- *Podobnie jak w poprzednich laboratoriach najwygodniej jest pracować z wieloma otwartymi terminalami, mając w każdym połączenie z serwerem i pracując w różnych katalogach. W przypadku dzisiejszego laboratorium przydatne są co najmniej trzy terminale w katalogach: **lab_07** i jego podkatalogach (do modyfikacji plików konfiguracyjnych i uruchamiania programu oraz zapisu plików wizualizacji wyników), **src/pdd_heat/weak_formulation** (do edycji plików źródłowych), **bin_cmake/....._nomp_i_none_gcc_g++** (do rekompilacji),*

1 Zadanie 1 (obowiązkowe) - modelowanie rozkładu temperatury w przypadku objętościowego źródła ciepła w obszarach 2D:

- 1.1 Utworzenie katalogu roboczego *lab_07*
- 1.2 W katalogu roboczym utworzenie podkatalogu o nadanej przez siebie nazwie (wskazującej na użycie objętościowego źródła ciepła)
- 1.3 Skopiowanie do podkatalogu plików konfiguracyjnych ***problem_heat.dat***, ***bc_heat.dat*** i pliku siatki z katalogu roboczego poprzedniego laboratorium
- 1.4 Modyfikacja plików konfiguracyjnych:
 - 1.4.1 w pliku ***problem_heat.dat*** nadanie wybranej przez siebie nazwy dla problemu (innej niż w poprzednich ćwiczeniach), pozostałe dane powinny pozostać bez zmian
 - 1.4.2 w pliku ***bc_heat.dat*** nadanie dowolnych poprawnych warunków brzegowych dla wszystkich ścian bocznych oraz **warunku zerowania strumienia ciepła (izolacji) dla ścian górnej i dolnej**
 - 1.4.2.1 **dla lepszego odróżnienia obszaru z zadanym źródłem ciepła można zadać na wszystkich brzegach bocznych warunków Dirichleta ze stałą temperaturą, np. 300.0** (można także pozostawić warunki z poprzedniego laboratorium lub nadać np. bardziej realistyczne warunki radiacji-konwekcji ze współczynnikiem **alfa** w zakresie 10-1000)

1.4.2.2 warunek radiacji-konwekcji może być użyty jako uniwersalny warunek, który może w granicy pełnić rolę warunku Dirichleta:

```
radconv:{t_inf=400.0; alfa=1.0e7; eps = 0.0;};  
//(radconv:{T_out=400.0; alfa=1.0e7; eps = 0.0;};)
```

lub izolacji (symetrii):

```
radconv:{alfa=0.0; eps = 0.0;};
```

1.4.3 w pliku siatki przyjęcie modelowania zadania 2D – jedna warstwa o grubości małej w stosunku do pozostałych wymiarów obszaru (np. 0.01)

1.4.3.1 warunek brzegowy izolacji ścian górnej i dolnej jest warunkiem symetrii rozwiązania względem osi z, co oznacza, że w modelu nie będą zachodziły zmiany rozwiązania w tym kierunku – w praktyce może to dotyczyć obszarów (ciał) o małej grubości, dla których zmiany wzdłuż grubości są nieistotne

1.5 W katalogu `src/pdd_heat/weak_formulation` należy otworzyć w edytorze plik `pds_heat_weakform.c` i znaleźć miejsce nadawania wartości wyrażeniom ze sformułowania słabego, w funkcji `pdr_heat_el_coeff`. Funkcja ta jest wywoływana podczas całkowania numerycznego (całkowanie zwraca macierz elementową, która jest następnie agregowana do macierzy globalnej) i zwraca wartości współczynników dla konkretnych całek (np. całki z iloczynem pochodnych funkcji kształtu związanych z funkcją niewiadomą i z funkcją testującą – współczynniki A_{xx} , A_{xy} , A_{xz} , A_{yx} , A_{yy} , A_{yz} , A_{zx} , A_{zy} , A_{zz} dla różnych kombinacji pochodnych (w przypadku jednorodnej dyfuzji niezerowe są tylko A_{xx} , A_{yy} i A_{zz} – wszystkie powiązane z współczynnikiem przewodnictwa cieplnego), całki z iloczynem funkcji kształtu związanych z funkcją niewiadomą i z funkcją testującą (współczynnik S_{val} związany z procesami reakcji, np. chemicznych, produkujących ciepło), całki z iloczynem pochodnej funkcji kształtu związanej z funkcją niewiadomą i funkcji kształtu związanej z funkcją testującą (występujące w zagadnieniach konwekcji, czyli unoszenia, itd.). **Współczynnik S_{val} odpowiada wyrazowi ze sformułowania słabego modelującemu funkcję źródła ciepła w każdym punkcie obszaru (czyli źródła objętościowego), a więc całce z iloczynu funkcji źródła ciepła i funkcji kształtu związanej z funkcją testującą. Zadaniem Państwa jest jawne zmodyfikowanie tego współczynnika w celu zadania źródła ciepła o określonym zasięgu i sile.**

1.6 W linii bezpośrednio przed końcem funkcji (ok. linii 590) należy umieścić zmodyfikowany przez siebie, następujący fragment (można także odkomentować i zmodyfikować istniejący kod):

```
double value = 0.0; // o ile nie zadeklarowane wcześniej
```

```

char problem_name[300];
pdr_problem_name(Problem_id, problem_name);

// poniżej w miejsce kropek należy wstawić własną nadaną nazwę problemu!
if( strcmp(problem_name, "...") == 0 ){

// poniżej zadawany jest obszar, w którym działa źródło ciepła
    if(Xcoor[0]>.... && Xcoor[0]<.... && Xcoor[1]>.... && Xcoor[1]<...){

// poniżej zadawana jest wartość intensywności źródła ciepła
// (dla danych w jednostkach MKS wartość musi być odpowiednio duża)
    value = ...*1.0e3;

// fragment kodu poniżej steruje tym kiedy drukowana będzie informacja
// o zadawanym źródle ciepła
// (zmienna statyczna powoduje, że wydruk pojawia się tylko raz)
    static int source_setting = 0;
    if(source_setting==0){
        printf("\nProblem ID: %d, problem_name: \"%s\" - setting source
term\n", Problem_id, problem_name);
    }
    source_setting++;

// wydruk poniżej będzie pojawiał się zawsze przy zadawaniu źródła
// (po sprawdzeniu poprawności działania kodu należy go zakomentować)
    printf("specified source term data at point %lf, %lf, %lf : %lf\n",
Xcoor[0], Xcoor[1], Xcoor[2], value);

    }

// zadanie wartości intensywności źródła ciepła (w punkcie Gaussa
// całkowania numerycznego całki ze sformułowania słabego)
    Sval[0] += value;

}

```

1.7 Nazwa problemu ma odpowiadać nadanej nazwie z pliku **problem_heat.dat**, a wartości współrzędnych w warunku ograniczającym obszar działania źródła ciepła powinny znajdować się wewnątrz obszaru obliczeniowego (obszaru A).

1.7.1 dla ułatwienia znalezienia zasięgu obszaru można w widoku obszaru w Paraview włączyć opcje widoczności siatki (należy zaznaczyć krzyżyk w okienku obok napisu będącego wersją kombinacji określeń [Cube][Edit] [Axes] [Grid] lub [Data] [Axes] [Grid] - w lewym panelu Properties - różne wersje w zależności od wersji Paraview)

1.7.2 alternatywą dla skokowej zmiany źródła ciepła może być zastosowanie źródła ciepła o charakterze powierzchni dzwonowej:

$a_0 * \exp(-((x-x_0)*(x-x_0)+(y-y_0)*(y-y_0))/a_1)$;
gdzie punkt (x_0, y_0) będzie miał wartość źródła a_0 , a szybkość zmierzania do zera w miarę oddalania się od punktu będzie sterowana parametrem a_1 (wartość a_0 musi być odpowiednio duża, żeby efekt działania źródła był wyraźnie zaznaczony w rozwiązaniu zadania)

2 Zadanie 1a (obowiązkowe). Uruchomienie programu ModFEM

2.1 Po dokonaniu modyfikacji kodu źródłowego należy dokonać rekompilacji programu

2.2 Do wykonania zadania najlepiej użyć programu do symulacji zagadnienia rozchodzenia się ciepła w 2D :

```
MOD_FEM_heat_prism2d_std
```

2.3 Powyższy plik wykonywalny uzyskiwany jest przez wykonanie rekompilacji za pomocą polecenia **make** w katalogu:

`~/ModFEM/bin_cmake/imie_nazwisko_nompi_none_gcc_g++`

- warunkiem utworzenia wskazanego pliku binarnego jest włączenie w pliku **imie_nazwisko.cmake** opcji:
`set(CREATE_MOD_FEM_HEAT_PRISM2D_STD TRUE)`
(najprawdopodobniej opcja ta jest już włączona (w lab 1), co można sprawdzić przez wykonanie **ls** i potwierdzenie, że stara wersja **MOD_FEM_heat_prism2d_std** znajduje się w katalogu, zmian w **imie_nazwisko.cmake** należy dokonywać tylko jeśli takiego pliku nie ma wśród plików binarnych)

2.4 Uruchomienie skompilowanego programu jak zwykle następuje w katalogu problemowym poprzez wywołanie pełnej ścieżki

```
~/ModFEM/bin_cmake/imie_nazwisko_nompi_none_gcc_g++/MOD_FEM_heat_prism2d_std
```

2.5 Po uruchomieniu programu należy sprawdzić poprawność wczytania plików konfiguracyjnych – powyżej menu głównego pojawia się wydruk z dużą liczbą parametrów kontrolnych

2.5.1 W sprawozdaniu należy umieścić zrzuty ekranu z wartościami parametrów ustalonych w pliku **problem_heat.dat** (CONTROL PARAMETERS na wydruku), z wydrukiem zadanych warunków brzegowych oraz z podsumowaniem wczytanych parametrów siatki - podobnie jak w poprzednim laboratorium 6)

2.6 W menu głównym należy trzykrotnie wybrać opcję '**m**' – co spowoduje podział elementów, zmniejszenie ich rozmiarów i zwiększenie dokładności aproksymacji. W sprawozdaniu należy zamieścić zrzut ekranu po ostatnim podziale siatki informujący o liczbie elementów, boków itd.

2.6.1 W przypadku informacji ze strony programu o braku miejsca w pamięci należy zmodyfikować pierwszą linię w pliku siatki

...jk - np. zwiększając dziesięciokrotnie każdą z wartości, przykładowa linijka:

100000 400000 500000 200000

(Uwaga: **nie należy przekraczać wartości 100 000 dla pierwszego parametru - liczby wierzchołków siatki**)

2.7 Następnie należy wybrać opcję rozwiązania pojedynczego zadania stacjonarnego 's'

2.7.1 W trakcie rozwiązywania na ekranie pojawiają się wydruki z funkcji pdr_heat_el_coeff w momencie nadawania wartości value (wydruk "specified source term data at point ...") - brak tego wydruku oznacza, że wartości nie są nadawane)

2.8 Po rozwiązaniu zadania należy wygenerować pliki Paraview - opcja 'v' (wyjście z programu opcja 'q'). Po rozwiązaniu zadania powinny się pojawić pliki:

```
|— heat_0000.pvd  
|— heat_000000.partmesh  
|— heat_000000.vtu  
|— heat_000000_BC.vtu
```

Numer 00000 potwierdza rozwiązanie zadania stacjonarnego.

3 Zadanie 1b (obowiązkowe): Praca z programem PARAVIEW.

3.1 Proszę wyświetlić rozwiązanie (pole temperatury) i wykonać rzuty ekranu do umieszczenia w sprawozdaniu

- Najlepiej wyłączyć wyświetlanie groupID - można to zrobić od razu po wczytaniu pliku, przed naciśnięciem pierwszego Apply
- Można dobrać własną paletę kolorów

3.2 Jako wyniki kontrolne można dodatkowo zbadać zmienność rozkładu temperatury wzdłuż wybranych linii w obszarze obliczeniowym (*plot-over-line*)

4 Zadanie 2 (4.0) - modelowanie rozkładu temperatury w przypadku powierzchniowego źródła ciepła:

4.1 W katalogu roboczym utworzenie podkatalogu o nadanej przez siebie nazwie (wskazującej na użycie powierzchniowego źródła ciepła)

4.2 Skopiowanie do podkatalogu plików konfiguracyjnych **problem_heat.dat**, **bc_heat.dat** i pliku siatki z katalogu zadania ze źródłem objętościowym

4.3 Modyfikacja plików problemowych:

4.3.1 w pliku **problem_heat.dat** nadanie wybranej przez siebie nazwy dla problemu (innej niż w punkcie 2.4.1), pozostałe dane powinny pozostać bez zmian

4.3.2 w pliku **bc_heat.dat** nadanie dla ściany górnej lub dolnej warunku radiacji-konwekcji (druga ze ścian może pozostać ścianą z izolacją)

- 4.3.3 w pliku siatki przyjęcie modelowania zadania 3D – grubość obszaru z zakresu 1-10 i kilka (poniżej 10) warstw
- 4.4 W katalogu **src/pdd_heat/weak_formulation** należy otworzyć w edytorze plik **pds_heat_weakform.c** i znaleźć miejsce zadawania warunków brzegowych w funkcji **pdr_heat_comp_fa_stiff_mat**. Funkcja ta oblicza wyrazy elementowych: macierzy sztywności i wektora prawej strony, związane z warunkami brzegowymi. Zadaniem Państwa jest jawne zmodyfikowanie sposobu obliczania warunku radiacji-konwekcji w celu zadania powierzchniowego źródła ciepła o określonym zasięgu i sile.
- 4.5 Dla warunku radiacji-konwekcji funkcja **pdr_heat_comp_fa_stiff_mat** przeprowadza całkowanie numeryczne po brzegu elementu, obliczając wyrazy macierzy sztywności (macierzy układu równań) i wektora prawej strony związane z warunkami brzegowymi. W przypadku warunku Robina (III rodzaju) są to wyrazy macierzy sztywności związane z funkcją niewiadomą (temperaturą na brzegu obszaru) i wyrazy wektora prawej strony dla zadanej temperatury zewnętrznej (zadanej jawnie w pliku **bc_heat.dat** jako T_{inf} lub T_{out} , ewentualnie w przypadku braku jawnie zadanej temperatury na brzegu w pliku **bc_heat.dat** przyjętej jako temperatura otoczenia (*ambient temperature*) z pliku problemowego **problem_heat.dat**). Modyfikacja będąca realizacją zadania polega na jawnym zadaniu temperatury zewnętrznej dla problemu o nazwie określonej w p. 5.3.1
- 4.6 Bezpośrednio po nadaniu wartości zmiennej **temp_out** (linia ok. 1400 lub więcej zależnie od dotychczasowych modyfikacji pliku) **double temp_out = bc_radconv->t_inf;** **if(temp_out<=1.e-9){temp_out = ctrls->ambient_temperature;}** należy umieścić zmodyfikowany przez siebie, następujący fragment (można także odkomentować i zmodyfikować istniejący kod):

```
char problem_name[300];
pdr_problem_name(Problem_id, problem_name);
```

```
if(strcmp(problem_name, "...") == 0 ){
```

```
// poniżej określenie czy zadane źródło będzie działać na górnej
// czy dolnej powierzchni obszaru
```

```
if(xcoor[2]>... && xcoor[2]<...){ // to restrict to one side
```

```
if(xcoor[0]>... && xcoor[0]<... && xcoor[1]>... && xcoor[1]<..)
```

```
{
```

```
temp_out = ...; // or +=
```

```
static int external_temp_setting = 0;
```

```

        if(external_temp_setting==0){
            printf("\nProblem ID: %d, problem_name: \"%s\" - setting
source term\n", Problem_id, problem_name);
        }
        //if(external_temp_setting==0){
            printf("specified external temp for surface heating at
point %lf, %lf, %lf : %lf\n", xcoor[0], xcoor[1], xcoor[2], temp_out);
        //}
        external_temp_setting++;
    }
}
}
}

```

4.7 Nazwa problemu ma odpowiadać nadanej nazwie z pliku **problem_heat.dat**, a wartości współrzędnych w warunku ograniczającym obszar działania źródła ciepła powinny znajdować się wewnątrz górnej lub dolnej powierzchni obszaru obliczeniowego (obszaru A) – warunek na współrzędna z ogranicza modyfikacje warunku brzegowego tylko do jednej powierzchni.

4.7.1 alternatywą może być zastosowanie źródła ciepła o charakterze powierzchni dzwonowej:

$$a_0 * \exp(-((x-x_0)*(x-x_0)+(y-y_0)*(y-y_0))/a_1);$$

gdzie punkt (x_0, y_0) będzie miał wartość temperatury a_0 , a szybkość zmiernia do zera w miarę oddalania się od punktu będzie sterowana parametrem a_1 (wartość a_0 musi być odpowiednio duża, żeby efekt działania źródła był wyraźne zaznaczony w rozwiązaniu zadania)

5 Zadanie 2a. (4.0) Uruchomienie programu ModFEM

5.1 Do wykonania zadania najlepiej użyć programu do symulacji zagadnienia rozchodzenia się ciepła w 3D **MOD_FEM_heat_prism_std**

5.2 Po modyfikacji pliku **pds_heat_weakform.c** konieczna jest jego rekompilacja i ponowne linkowanie kodu – realizowane jest to przez polecenie **make** w katalogu

~/ModFEM/bin_cmake/imie_nazwisko_nompi_none_gcc_g++

5.3 Uruchomienie jak zwykle następuje w katalogu problemowym poprzez wywołanie pełnej ścieżki

```
~/ModFEM/bin_cmake/imie_nazwisko_nompi_none_gcc_g++/MOD_FEM_heat_prism_std
```

5.4 Po uruchomieniu należy sprawdzić poprawność wczytania plików konfiguracyjnych – powyżej menu głównego pojawia się wydruk z dużą liczbą parametrów kontrolnych

5.4.1 W sprawozdaniu należy umieścić zrzuty ekranu z wartościami parametrów ustalonych w pliku **problem_heat.dat** (CONTROL PARAMETERS na wydruku), z wydrukiem zadanych warunków brzegowych oraz z podsumowaniem wczytanych parametrów siatki.

5.5 W menu głównym należy trzykrotnie wybrać opcję 'm' – co spowoduje podział elementów, zmniejszenie ich rozmiarów i zwiększenie dokładności aproksymacji. W sprawozdaniu należy zamieścić zrzut ekranu po ostatnim podziale siatki informujący o liczbie elementów, boków itd.

5.5.1 W przypadku informacji ze strony programu o braku miejsca w pamięci należy zmodyfikować pierwszą linijkę w pliku siatki ...jk – np. zwiększając dziesięciokrotnie każdą z wartości, przykładowa linijka:

```
100000 400000 500000 200000
```

(Uwaga: **nie należy przekraczać wartości 100 000 dla pierwszego parametru - liczby wierzchołków siatki**)

5.6 Następnie należy wybrać opcję rozwiązania pojedynczego zadania stacjonarnego 's'

5.6.1 W trakcie rozwiązywania na ekranie pojawiają się wydruki z funkcji pdr_heat_comp_fa_stiff_mat w momencie nadawania wartości temp_out (wydruk "specified external temp for surface heating at point ..." - brak tego wydruku oznacza, że wartości nie są nadawane)

5.7 Po rozwiązaniu zadania należy wygenerować pliki Paraview – opcja 'v' (wyjście z programu opcja 'q'). Po rozwiązaniu zadania powinny się pojawić pliki:

```
|— heat_0000.pvd  
|— heat_000000.partmesh  
|— heat_000000.vtu  
|— heat_000000_BC.vtu
```

Numer 000000 potwierdza rozwiązanie zadania stacjonarnego.

6 Zadanie 2b (4.0): Praca z programem PARAVIEW.

6.1 Proszę wyświetlić rozwiązanie (pole temperatury) i wykonać zrzuty ekranu do umieszczenia w sprawozdaniu

- Najlepiej wyłączyć wyświetlanie groupID – można to zrobić od razu po wczytaniu pliku, przed naciśnięciem pierwszego Apply
- Można dobrać własną paletę kolorów

6.1.1 Należy dokonać przekroju obszaru pod powierzchniowym źródłem ciepła w celu zobrazowania rozkładu temperatury wewnątrz ciała

6.1.2 Jako wyniki kontrolne należy zbadać zmienność rozkładu temperatury wzdłuż wybranych linii w obszarze obliczeniowym (plot-over-line), spośród których co najmniej jedna powinna przechodzić przez środek źródła ciepła i być równoległa do osi z

7 Zadanie 3 (5.0) - modelowanie rozkładu temperatury w przypadku objętościowego źródła ciepła w obszarach 3D:

- 7.1 W katalogu roboczym utworzenie podkatalogu o nadanej przez siebie nazwie (wskazującej na użycie objętościowego źródła ciepła w 3D)
- 7.2 Skopiowanie do podkatalogu plików konfiguracyjnych:
problem_heat.dat, bc_heat.dat - z zadania 1 i pliku siatki z zadania 2
- 7.3 Nadanie nowej nazwy dla problemu
- 7.4 Modyfikacja pliku **pds_heat_weakform.c** dla obliczania współczynnika źródła objętościowego (w funkcji **pdr_heat_el_coeff**), tym razem, dla nowej nazwy zadania, z użyciem funkcji
 $a \cdot \exp(-((x-x_0)*(x-x_0)+(y-y_0)*(y-y_0)+(z-z_0)*(z-z_0))/b)$;
gdzie źródło ma środek w (x_0, y_0, z_0)
- 7.5 Rekompilacja pliku i ponowne linkowanie kodu

8 Zadanie 3a (5.0). Uruchomienie programu ModFEM

- 8.1 Do wykonania zadania najlepiej użyć programu do symulacji zagadnienia rozchodzenia się ciepła w 3D:

```
MOD_FEM_heat_prism_std
```

- 8.2 W menu głównym należy trzykrotnie wybrać opcję 'm' - co spowoduje podział elementów, zmniejszenie ich rozmiarów i zwiększenie dokładności aproksymacji.
- 8.3 Następnie należy wybrać opcję rozwiązania pojedynczego zadania stacjonarnego 's'
- 8.4 Po rozwiązaniu zadania należy wygenerować pliki Paraview - opcja 'v' (wyjście z programu opcja 'q'). Po rozwiązaniu zadania powinny się pojawić pliki:

```
|— heat_0000.pvd
|— heat_000000.partmesh
|— heat_000000.vtu
|— heat_000000_BC.vtu
```

Numer 000000 potwierdza rozwiązanie zadania stacjonarnego.

9 Zadanie 3b (5.0): Praca z programem PARAVIEW.

- 9.1 Proszę wyświetlić rozwiązanie (pole temperatury) i wykonać rzuty ekranu do umieszczenia w sprawozdaniu
 - Najlepiej wyłączyć wyświetlanie groupID - można to zrobić od razu po wczytaniu pliku, przed naciśnięciem pierwszego Apply
 - Można dobrać własną paletę kolorów
- 9.1.1 **Należy dokonać przekroju obszaru, tak aby przekrój zawierał obszar z objętościowym źródłem ciepła w celu zobrazowania rozkładu temperatury wewnątrz ciała**
- 9.1.2 Jako wyniki kontrolne należy zbadać zmienność rozkładu temperatury wzdłuż wybranych linii w obszarze obliczeniowym (*plot-over-line*), z których to linii co najmniej jedna powinna przechodzić przez środek źródła ciepła i być równoległa do osi z

10 Podsumowanie realizacji zadań (poniższa tabelka ma znaleźć się w sprawozdaniu bezpośrednio po wnioskach, a przed załącznikami - numeracja punktów realizacji kolejnych kroków laboratorium i załączników ma odpowiadać numeracji poniższych zadań)

Zadanie (skrótowy opis)	OCENA własna w % (0-100)	OCENA prowadzącego w % (0-100)
Zad. 1 Modyfikacja kodu źródłowego i rekompilacja kodu		
Zad. 1a Przygotowanie plików konfiguracyjnych i uruchomienie programu		
Zad. 1b Wizualizacja rozwiązania		
Zad. 2 Modyfikacja kodu źródłowego i rekompilacja kodu		
Zad. 2a Przygotowanie plików konfiguracyjnych i uruchomienie programu		
Zad. 2b Wizualizacja rozwiązania		
Zad. 3 Modyfikacja kodu źródłowego i rekompilacja kodu		
Zad. 3a Przygotowanie plików konfiguracyjnych i uruchomienie programu		
Zad. 3b Wizualizacja rozwiązania		
ŁĄCZNIE (900):		
OCENA KOŃCOWA:	----- -----	

Sprawozdanie powinno zawierać opis realizacji wszystkich zadań zawartych w temacie, wraz z omówieniem podstaw teoretycznych, odpowiedziami na pytania, wydrukami kodu i plików konfiguracyjnych oraz zamieszczonymi zrzutami ekranu. Opis realizacji każdego zadania może kończyć się wnioskami wynikającymi z przebiegu realizacji, całe sprawozdanie powinno kończyć się wnioskami dotyczącymi całości tematu.