

## WIRTUALNE MODELOWANIE W PROJEKTOWANIU<sup>1</sup>

Zbigniew KACPRZYK<sup>2</sup>

### STRESZCZENIE

Przedmiotem pracy jest analiza nauczania zastosowań informatyki na kierunku budownictwo. Oceniono program nauczania na kierunku w zakresie informatyki, porównano z programami nauczania na innych kierunkach technicznych. Krytycznie oceniono niezrozumienie roli komputerowego wspomaganie projektowania.

Słowa kluczowe: informatyka, CAD, dydaktyka, budownictwo.

### WPROWADZENIE

Przyzwyczajaliśmy się do nieustannych zmian w informatyce. Informatyka jest obecna w naszym życiu codziennym, w domu i w pracy. Komputerowe metody analizy konstrukcji w istotny sposób zmieniły rutynowe obliczenia konstruktorów. Przez lata obserwowaliśmy eliminację tradycyjnego kreślenia i powszechne wykorzystanie rysunku komputerowego. Komputerowe obliczanie wytrzymałościowe konstrukcji i komputerowe kreślenie zmieniło pracę projektantów i mocno obniżyło czasochłonność procesu projektowania. Obecnie znacznie szybciej wykonujemy obliczenia statyczne konstrukcji, często stosujemy bardziej złożone modele obliczeniowe. Też szybciej wykonujemy dokumentację techniczną, szybciej nanosimy zmiany i modyfikacje, szybciej przygotowujemy kosztorys przedsięwzięcia. Nie jest to koniec zmian bo wiele wskazuje, że prawdziwa rewolucja w projektowaniu dopiero się odbędzie, por. [1]

### 1. CZYM JEST PROJEKTOWANIE WSPOMAGANE KOMPUTEREM?

W klasycznym podejściu projektowany obiekt powstaje w wyobraźni projektanta a materialną formą projektu jest zbiór płaskich (dwuwymiarowych - 2D) rysunków technicznych. Rysunki definiujące projekt wykonywane są zgodnie z pewnymi

umownymi zasadami ułatwiającymi jednoznaczne wyobrażenie obiektu. Współczesne oprogramowanie dedykowane dla budownictwa, pozwala zbudować wirtualny projekt w przestrzeni trójwymiarowej. Powstaje wtedy pewien matematyczny zapis jednoznacznie opisujący geometrię projektu. Projekt wirtualny może być przetwarzany na wiele sposobów. Możemy łatwo i bezbłędnie tworzyć rzuty i przekroje, możemy wykonać fotografię obiektu, możemy też obiekt prezentować w sposób dynamiczny. Wirtualne projektowanie nie wymaga już tak precyzyjnej wyobraźni przestrzennej jaka była potrzebna w projektowaniu klasycznym. Wirtualny projekt jest czytelniejszy w odbiorze a matematyczny model pozwala na precyzyjny opis przestrzeni.

Czy z zaawansowanego oprogramowania wspomagającego projektowanie można korzystać bez przygotowania i odpowiedniej wiedzy z modelowania geometrycznego i grafiki komputerowej? Pytanie to można sformułować szerzej, czy inżynier może nieświadomie korzystać z programów wspomagających istotne elementy procesu projektowania? Czy konstruktor może korzystać z systemu metody elementów skończonych nie znając uwarunkowań stosowania tej metody? Pewnie może ale ryzyko popełnienia błędu jest wtedy bardzo duże.

Podobnie jest z programami, które umożliwiają wirtualne projektowanie przestrzenne. Historia wdrażania programów wspomagających projektowanie (CAD) w nauczaniu to niestety historia pełna nieporozumień i niepowodzeń. Po pierwsze programami CAD nazywano i niestety ciągle się nazywa programy wspomagające kreślenie. Ten błąd pojawia się nawet w projekcie standardu dla kierunku budownictwo z maja 2005 roku. W programie przedmiotu Rysunek Techniczny jest nauka korzystania z programów CAD (!) i nawet wskazany jest konkretny program komputerowy, por. [2].

Po drugie wdrażano programy modelowania przestrzennego bez podstaw odpowiednich podstaw teoretycznych np. z zakresu grafiki komputerowej. Użytkownik nie odróżniając pojęć z grafiki wektorowej i rastrowej gubił podstawowy sens modelowania wirtualnego – modelowanie precyzyjne. Naukę CADa utożsamia się często z nauką użytkownika wybranego programu komputerowego.

Po trzecie, zaawansowany program CAD stawał się dla studenta źródłem rozwiązań technicznych. Rozwiązania techniczne proponowane przez program muszą być weryfikowane przez dobrze wykształconego użytkownika. Jeśli użytkownik nie ma należytej wiedzy inżynierskiej to opracowane projekty są często błędne i doprowadzają do awarii.

Im bardziej złożony program CAD tym większa odpowiedzialność spoczywa na użytkowniku tego programu. Złożoność współczesnych programów CAD jest bardzo duża. Średnio zaawansowany program CAD ma kilka, kilkanaście tysięcy

poleceń, opcji, parametrów. Program wymaga od użytkownika dość dużej wiedzy z informatyki i grafiki komputerowej i podstawowej wiedzy z zakresu stosowanych rozwiązań inżynierskich. Użytkownik musi mieć świadomość ograniczeń rozwiązań technicznych. Często sens komputerowego wspomaganie projektowania mylony jest z automatyzacją projektowania.

Systemy CAD mają czterdziestoletnią tradycję i rzeczywiście wywodzą się z programów wspomagających kreślenie.

Ewolucja systemów CAD przebiegała w następujących etapach:

- kreślenie konturów 2D (rzuty, przekroje, e-papier)
- modele wyciągane 2D
- modele krawędziowe 3D
- modele powierzchniowe 3D
- modele bryłowe 3D

Dopiero pojawienie się systemów 3D umożliwiło projektowanie programów CADowskich zorientowanych na dany typ konstrukcji lub rozwiązań. Mamy obecnie zaawansowane systemy z zakresy projektowania konstrukcji stalowych, drewnianych, żelbetowych, mostowych. Systemy te umożliwiają wykonanie przestrzennego modelu wirtualnego z kompleksowym sprawdzeniem warunków wytrzymałościowych, warunków technicznych i technologicznych. Wykorzystanie tych systemów musi się jednak odbywać przy pełnej świadomości co do zastosowanych rozwiązań i obliczeń projektanta.

Warto wyjaśnić nieporozumienie związane ze skrótem CAD. Pierwotnie skrót ten określał komputerowe wspomaganie rysowania, kreślenia (ang. drafting, drawing).

Dopiero, gdy systemy wspomagające rysowanie rozwinęły się do poziomu modelowania przestrzennego literę D zaczęto rozwijać jako projektowanie (ang. design). Należy więc wyraźnie oddzielić systemy wspomagające rysunek (też techniczny) od systemów umożliwiających modelowanie przestrzenne obiektów. Na wydziałach mechanicznych CAD jest przedmiotem kierunkowym, są tam też specjalności związane z komputerowym wspomaganie projektowania. W standardach nauczania dla kierunku Budownictwo wyrażenie CAD pojawia się w przedmiocie Rysunek Techniczny. Autorzy standardów zatem mylnie rozszyfrowali skrót CAD, por. [3,4,5,6]. Dla autorów programu (standardów nauczania) CAD jest po prostu kreśleniem wspomaganym komputerowo, a dla wielu - nawet programem AutoCAD. Zajęcia z przedmiotu CAD najczęściej sprowadzają się więc do szkolenia z AutoCAD-a! To nieporozumienie - kursy użytkowania programów nie powinny być elementem kształcenia uniwersyteckiego.

## 2. JAK INFORMATYZOWAĆ KIERUNEK BUDOWNICTWO?

W projekcie standardów w sylwetce absolwenta zarówno dla studiów inżynierskich i magisterskich czytamy, że absolwenci „powinni posiadać umiejętności” między innymi z zakresu „stosowania technik komputerowych i nowoczesnych technologii w praktyce inżynierskiej”.

Oczywiście cel jest szczytny i godny poparcia ale czy ten cel znajduje odzwierciedlenie w standardach nauczania? Niestety nie. Kierunek budownictwo jako jedyny techniczny, nie ma informatyki w programie studiów. Warto też zauważyć, że pokrewne kierunki mechaniczne mają w standardach przedmiot typu Grafika inżynierska i podstawy projektowania.

Projekt standardów w zakresie informatyzacji ma zatem dużo niekonsekwencji. W programie przedmiotu Rysunek Techniczny utożsamia się komputerowe wspomaganie kreślenia z komputerowym wspomaganie projektowania. Wskazuje się nawet konkretny program komputerowy do nauczania!

Poniższa tabela porównuje standardy w zakresie informatyki i podstaw CAD. Porównywane są przedmioty: Informatyka i Grafiki Inżynierska dla różnych kierunków technicznych.

Tabela 1

Liczba godzin (punktów) wg standardów nauczania, studia I stopnia

Kierunek	Informatyka	Grafika
1 Górnictwo i geologia	30(3)	30(3)
4 Energetyka -	60(4)	
3 Fizyka techniczna	80(8)	30(3)
4 Inżynieria materiałowa	30(3)	60(6)
5 Inżynieria środowiska	30(3)	30(3)
6 Lotnictwo i kosmonautyka	60(6)	45(5)
7 Mechanika i budowa maszyn	-	60(4)
8 Metalurgia	30(3)	60(6)
9 Budownictwo	0	0

Warto zauważyć, że na wielu kierunkach technicznych znikł przedmiot Geometria wykreślna. Jest natomiast obligatoryjny przedmiot Grafika inżynierska i podstawy projektowania.

Kolejny więc projekt standardów dla kierunku budownictwo traktuje informatykę jak modne zdanie w sylwetce absolwenta a nie rzeczywiste narzędzie, które zrewolucjonizowało pracę inżyniera.

Jak powinno wyglądać informatyzacja nauczania. Przyjmijmy najpierw obraz optymalny - kierunek budownictwo jest w pełni z informatyzowany. Absolwent jest

obznajomiony z wiedzą, metodami i narzędziami informatycznymi. Umie te narzędzia stosować w czasie studiów i jest świetnie przygotowany do stosowania ich w pracy. Gdzie zatem przekazywać te informacje? Najpierw podstawy: czyli przedmioty Technologia informacyjna oraz Informatyka (której brakuje w standardach), potem przedmioty przygotowujące do stosowania informatyki w przedmiotach kierunkowych – np. Wstęp do komputerowego wspomaganie projektowanie, potem ta najważniejsza część informatyzacji, wykorzystanie informatyki w każdym (lub prawie każdym) przedmiocie kierunkowym.

Poniższe wyliczenie pokazuje orientacyjnie rozkład informatyzacji

- Technologia informacyjna 5%
- Informatyka 5%
- Zmodernizowana geometria wykreślna i rysunek 5%
- Komputerowe wspomaganie projektowania 10%
- Przedmioty kierunkowe i specjalistyczne 75%

Główne zadania w informatyzacji procesu kształcenia inżyniera budowlanego przydzielone są przedmiotom kierunkowym. To te przedmioty odpowiadają za realną informatyzację. Powyższy analiza pokazuje też wielką trudność informatyzacji budownictwa. Ta rzeczywista informatyzacja musi odbyć się na przedmiotach kierunkowych gdzie niechęć do stosowania komputerów bywa bardzo duża. Nie należy informatyzować kształcenia poprzez wprowadzanie sztucznych przedmiotów kierunkowych poświęconym tylko stosowaniu narzędzi i metod komputerowych.

Jest to też duża wada standardów, że zbyt dużą wagę przykładają się do nazwy przedmiotów a nie do jego treści. W standardach, w programach przedmiotów kierunkowych, nie ma informacji o obowiązku stosowania narzędzi informatycznych w przedmiotach kierunkowych.

### 3. PRZYKŁADOWY PROGRAM PRZEDMIOTU „PODSTAWY KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA”

Celem przedmiotu jest wyjaśnienie uwarunkowań informatyczno-matematycznych modelowania obiektów budowlanych, wykształcenie umiejętności posługiwania się standardowymi funkcjami systemów CADowskich, przyswojenie nawyków ciągłego poszukiwania nowych rozwiązań i nowych technologii informatycznych.

Program przedmiot obejmuje trzy obszary:

- podstawy teoretyczne z komputerowego modelowania geometrycznego,
- modelowanie precyzyjne,
- wykształcenie nawyku: najpierw wirtualny model przestrzenny obiektu potem

przekroje i rzuty 2D.

Warto zwrócić uwagę, że student najpierw zapoznawany jest z technikami precyzyjnego modelowania przestrzennego a dopiero potem z modelami 2D.

PROGRAM WYKŁADÓW (7 wykładów po 2 godziny), por. [7]

Wykład nr 1

Wstęp - tematyka przedmiotu. Przeznaczenie i zastosowanie systemów CAD. Przestrzenna idea projektowania: parametryczne projektowanie architektoniczne, wizualizacja, dokumentacja techniczna. Podstawowe pojęcia stosowane w systemach CAD. Organizacja rysunku komputerowego: rysunek prototypowy, warstwy, style tekstu, wymiarowania, bloki z atrybutami, odnośniki zewnętrzne. Zasady precyzyjnego modelowania komputerowego: siatka i skok, punkty charakterystyczne na obiektach, tryb ortogonalny, śledzenie. Typy elementów dwuwymiarowych. Typy elementów trójwymiarowych. Atrybuty elementów.

Wykład nr 2

Grafika komputerowa: grafika rastrowa, grafika wektorowa. Cechy grafiki rastrowej i wektorowej, zastosowania. Formaty zapisu grafiki wektorowej. Formaty zapisu grafiki rastrowej. Metody kompresji grafiki rastrowej.

Wykład nr 3

Barwy w grafice komputerowej. Percepcja i kolorymetria. Prawa Grassmana. Modele barw: RGB, CMYK, HSV, diagram CIE Lab, interpolacja w przestrzeni barw, zastosowanie modeli, trójkąt Maxwella. Zapis danych z paletą kolorów. Wybrane aspekty druku za pomocą nowoczesnych drukarek i ploterów. Dithering, aliasing, korekcja gamma. CMS - system zarządzania barwami.

Wykład nr 4

Podstawowe pojęcia modelowania trójwymiarowego, płaszczyzna robocza, układy współrzędnych, rzutnie. Modele krawędziowe, powierzchniowe, bryłowe. Schematy reprezentacji modeli. Podstawy teoretyczne modelowania powierzchniowego i bryłowego. Różnice, zalety i wady obu sposobów modelowania. Techniki tworzenia brył, prymitywy bryłowe, operacje Boole'a na bryłach. Powierzchnie oparte na krzywych Hermite'a, Bezierra, B-splajnach. Powierzchnie parametryczne. Parametryzacja modeli, modelowanie obiektowe, modelowanie parametryczne i obiektowe

Wykład nr 5

Wizualizacja - cele, założenia, techniki. Metody prezentacji obiektu: model krawędziowy; cieniowanie płaskie, Gouraud'a, Phonga; inne. Podstawy teoretyczne metod renderingu. Metoda śledzenia promieni i metoda energetyczna. Różnice w sposobach budowy obrazu i zastosowaniach. Operowanie światłem, kolorem, nakładanie tekstur, nierówności. Obróbka grafiki i

prezentacja renderingów.

Wykład nr 6

Programowanie dla aplikacji inżynierskich - Visual Basic. Programowanie obiektowe. Definicje obiektów w środowisku CAD. Przykłady podprogramów wykorzystujących obiekty.

Wykład nr 7

Budowa systemów CAD, jądra systemów. Biblioteki graficzne, OpenGL. Aspekty współpracy aplikacji CAD. Praca grupowa, współdzielenie plików, wykorzystanie Internetu. Rapid prototyping: rapid tooling i rapid modeling.

Analiza integracji systemów AEC. Rodzaje integracji. Typowe błędy przy wymianie danych rysunkowych. Systemy CAx, metodologia, historia, kierunki rozwoju.

PROGRAM ĆWICZEŃ (ćwiczenia odbywają się w laboratorium komputerowym, każdy student ma do dyspozycji komputer włączony do sieci komputerowej i Internetu)

Zajęcia nr 1

Organizacja i tematyka zajęć. Zasady zaliczenia ćwiczeń. Przypomnienie zasad pracy w sieci wydziałowej. Strona internetowa przedmiotu.

Interface programów CAD (na podstawie ArchiCAD'a) - menu rozwijalne, paski z ikonami narzędzi, linia poleceń, obszar graficzny, kursor, plik projektowy, szablon, przestrzeń projektowa, jednostki, skala rysunku, okna widokowe i kontrolki widoku.

Zasady precyzyjnego modelowania komputerowego, współrzędne względne i bezwzględne, siatka, tryb ortogonalny, lokalizowanie punktów charakterystycznych na obiektach, rodzaje tych punktów.

Wstępne ustawienia rysunkowe w ArchiCAD'zie.

Omówienie indywidualnego tematu pracy projektowej (model przestrzenny szczegółu budowlanego).

Zajęcia nr 2

Omówienie ćwiczenia nr 1. Elementy modelu architektonicznego. Ustawienia cech dla elementów modelu. Praca z widokami. Praca własna studentów. Praca z warstwami i kondygnacjami. Ustawienia cech elementów modelu. Precyzyjne wprowadzanie elementów ścian, słupów i stropów.

Zajęcia nr 3

Techniki edycji elementów. Praca z widokami, ustawienia perspektywy i aksonometrii. Biblioteki elementów parametrycznych. Precyzyjne wprowadzenie okien, drzwi, mebli. Wymodelowanie schodów.

Zajęcia nr 4

Modelowanie architektoniczne - kolejne elementy modelu: dach, teren, elementy krajobrazu.

Zajęcia nr 5

Wizualizacja modelu, elementy sceny. Techniki tworzenia zdjęć z wykonanej wizualizacji. Obróbka zdjęć. Prezentacja wykonanego projektu na stronie internetowej.

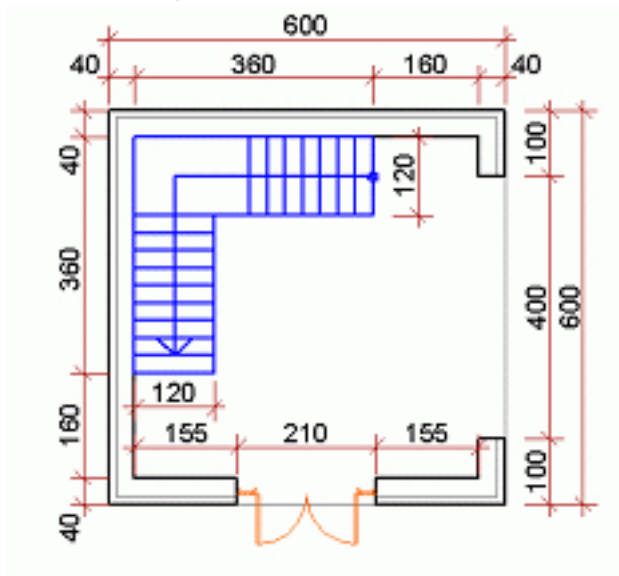
Zajęcia nr 6

Generowanie dokumentacji technicznej 2D z trójwymiarowego modelu. Korekta dokumentacji 2D w AutoCAD'zie, uzupełnienie rysunków o brakujące elementy zgodnie z PN-70/B-01025. Utworzenie obrazków (w zadanej rozdzielczości) z rzutem i przekrojem domku.

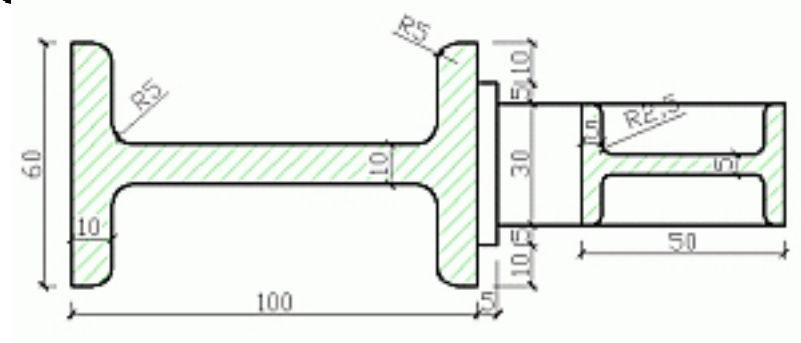
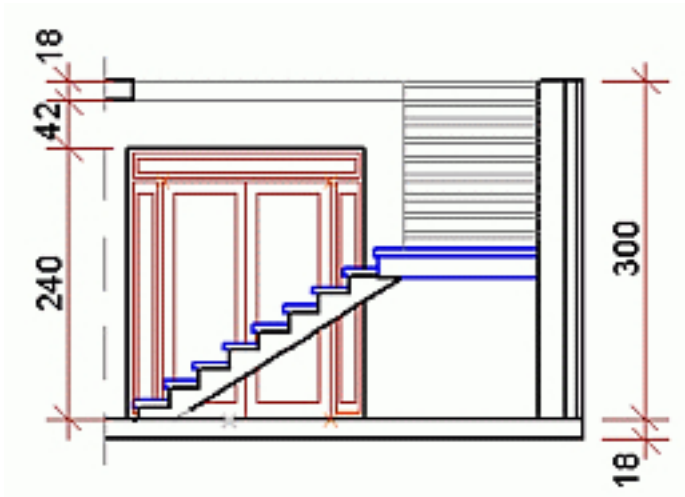
Zajęcia nr 7

Sprawdzian z modelowania architektonicznego.

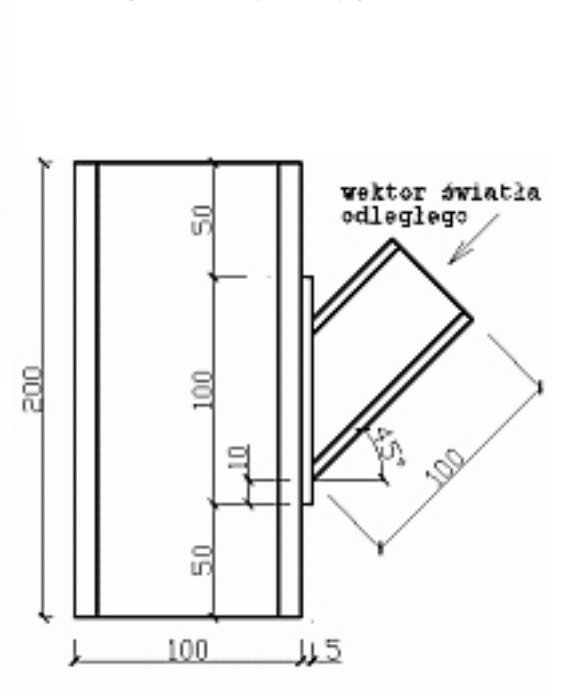
Przykładowy sprawdzian (czas sprawdzianu 30 minut). Zadaniem jest zbudowanie precyzyjnego modelu 3D fragmentu obiektu budowlanego, wykonanie jego wizualizacji.

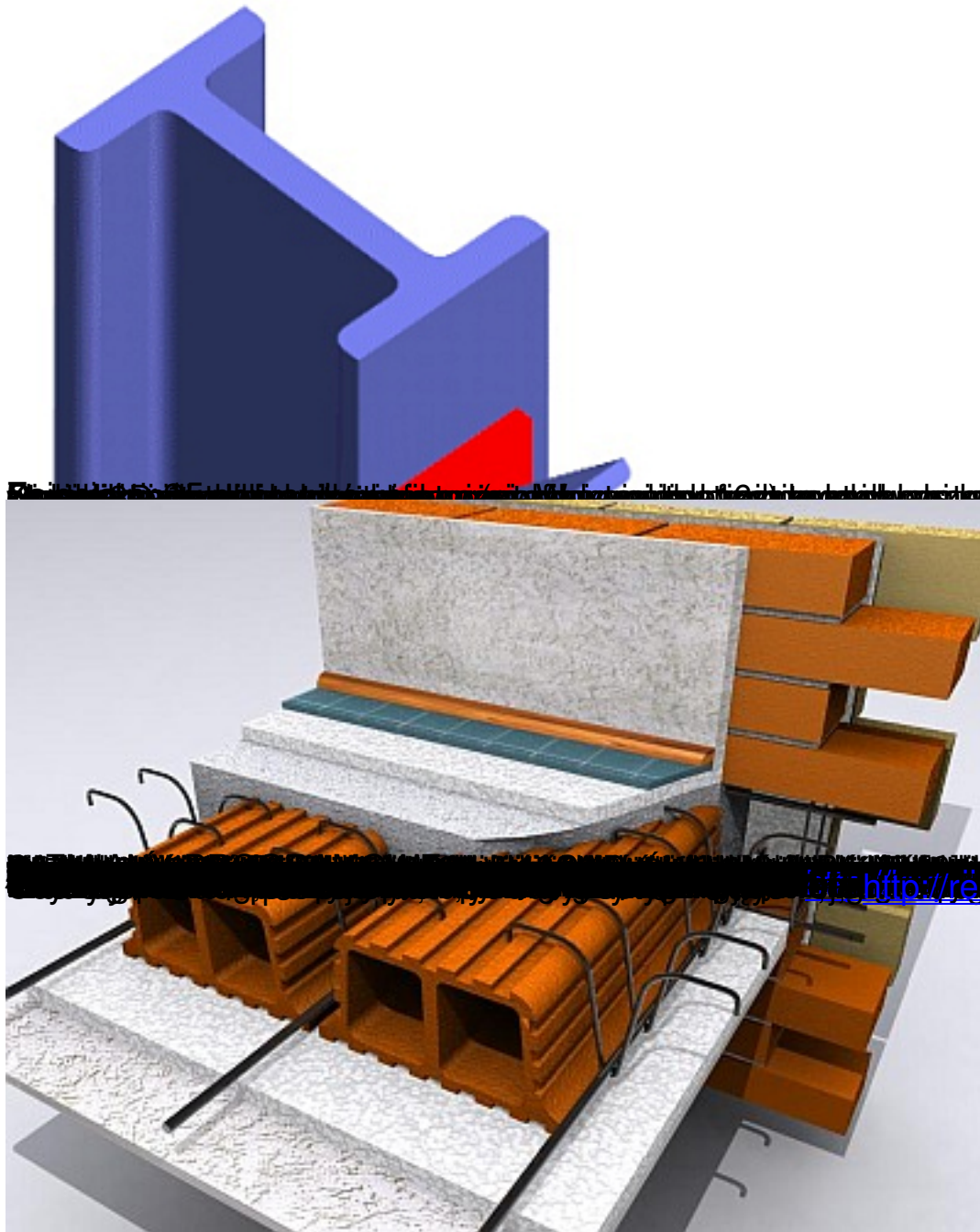






3D Modelowanie w projektowaniu





mailto:pietrago@pwr.edu.pl

<http://rep.zoi.pw.edu.pl>