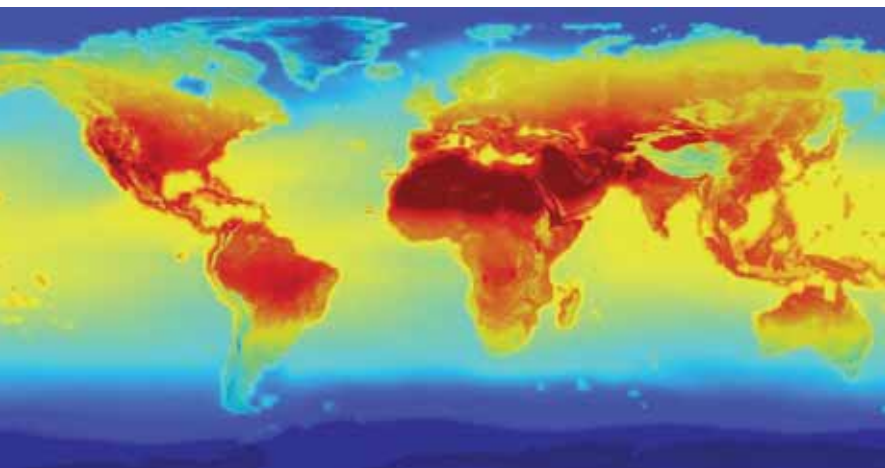




prof. dr  
Janusz Zalewski

6 V 2015 r. gościem Wydziału Matematyki, Informatyki i Architektury Krajobrazu był prof. dr Janusz Zalewski z Department of Software Engineering Florida Gulf Coast University w USA. Poniższy tekst przybliży tematykę jego wykładu „Green Computing, czyli zielona informatyka i jak ją rozumieć?”, wygłoszonego podczas seminarium dla studentów i pracowników

## Green Computing – zielona informatyka



Przewidywany wzrost temperatury  
(globalne ocieplenie)  
według obliczeń NASA  
(fot. [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov))

Idea tzw. zielonego uniwersytetu, powstała w drugiej połowie ubiegłego wieku w krajach rozwiniętych, rozprzestrzeniła się szybko na cały glob. Polega ona na realizowaniu dwóch podstawowych celów – praktykowaniu zrównoważonego rozwoju (ang. *sustainability*), tj. stosowaniu pryncypiów ochrony środowiska i podejmowaniu odpowiedzialności za skutki postępu technologicznego, a także kształceniu zapewniającemu zrozumienie tych zasad przez kolejne pokolenia studentów. Florida Gulf Coast University (FGCU), utworzony w 1991 r., realizuje takie właśnie założenia w ramach swojej misji.

O ile łatwo stosować te zasady w dyscyplinach bezpośrednio związanych ze środowiskiem (np. ekologia, inżynieria środowiska, sozologia), a także w naukach dostarczających wiedzy o zachowaniach środowiskowych (np. biologia, chemia), to nie jest całkowicie jasne, w jaki sposób powiązać praktykowanie zrównoważonego rozwoju z dyscyplinami, które przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska (np. technologia lub inżynieria). Z informatyką sytuacja jest nawet trudniejsza, bo jako dziedzina nie produkuje ona toksycznych substancji, ani nie czyni zniszczeń środowiskowych, ale oddziałuje na środowisko w sposób pośredni. W ostatnich latach do wzrostu negatywnych wpływów informatyki na środowisko można zaliczyć masowe zużycie energii, spowodowane, co najmniej, przez następujące czynniki:

- gwałtowny rozwój Internetu, co skutkuje przyspieszonym wzrostem wymagań związanych z rozwojem produkcji komputerów, jak też wszelkiego

rodzaju urządzeń dostępu, a zatem powoduje nieopohamowane zwielokrotnienie zużycia energii;

- bezprecedensowy wzrost gęstości zarówno upakowania tranzystorów na elektronicznym układzie scalonym, jak i samych układów scalonych na płytach, a także gęstości serwerów na metr kwadratowy, co drastycznie zwiększa koncentrację zużycia energii;
- zwiększone wymagania co do chłodzenia gęsto upakowanych elementów, przez co gwałtownie wzrasta nie tylko zużycie energii, lecz także używanych w technologii chłodzenia czynników chemicznych, które są toksyczne i nieojobiętne dla środowiska;
- ograniczenia zużycia energii w miastach, co skutkuje powstawaniem centrów komputerowych w rejonach podmiejskich lub bardziej odległych od miast, a to znacznie zwiększa koszty przesyłania energii.

Mając na celu znalezienie rozwiązania problemu niekorzystnego oddziaływania technologii na środowisko, należy odpowiedzieć przynajmniej na trzy pytania: czy można zminimalizować negatywny wpływ środowiskowy praktyk i technologii stosowanych



Autor we wnętrzu superkomputera Pleiades w centrum NASA w Kalifornii (fot. ze zbiorów Janusza Zalewskiego)

w danej dyscyplinie?, jak używać metod i zasobów danej dyscypliny, aby przyczynić się do podtrzymania zrównoważonego rozwoju?, jak wzbogacić, rozszerzyć i przeorganizować programy nauczania, aby uwzględniły podstawowe zasady zrównoważonego rozwoju?

Odpowiedź na pierwsze pytanie wiąże się z wprowadzeniem w 1972 r. przez amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (EPA) dobrowolnego programu Energy Star, który polegał na oszczędnościowym zużyciu energii przez stosowanie w urządzeniach elektronicznych tzw. trybu uśpienia, a więc samoczynnego wyłączenia ich w trakcie nieużywania, co nie było do tego czasu dostatecznie upowszechnione. Większość producentów urządzeń włączyła się do tego programu, a największe firmy informatyczne (Hewlett-Packard, IBM, Microsoft, Apple i Google) świadomie i systematycznie zaczęły wprowadzać zasady oszczędnościowej gospodarki energią, papierem, odczynnikami, ale także recykling i konsolidację usług, aby je skoncentrować na mniejszej liczbie serwerów w celu skompensowania nadmiernie negatywnego wpływ rozwoju technologicznego na środowisko.

Z drugiej strony technologie komputerowe same w sobie mają pozytywne znaczenie dla podtrzymania zrównoważonego rozwoju, do czego można zaliczyć skuteczne zastosowania komputerów w ochronie środowiska, z których warto wymienić prognozowanie pogody, a szczególnie przewidywanie ekstremalnych warunków pogodowych, od formowania się huraganów do długoterminowych zmian klimatycznych (fot. 1). Superkomputer Pleiades, wykonujący te obliczenia, zainstalowany w NASA Ames Research Center w Kalifornii, składa się z ponad 200 000 procesorów, połączonych w węzły, umieszczone w 162 stojakach, komunikujące się przez specjalnie dostosowaną sieć transmisyjną InfiniBand (fot. 2). Moc obliczeniowa tego monstrum jest niewyobrażalna, waha się od trzech (średnio) do ponad pięciu petaflopów na sekundę, gdzie flop oznacza liczbę operacji zmiennoprzecinkowych (np. mnożeń), a przedrostek „peta” – 10 do potęgi piętnastej. Oczywiście, do zasilania i chłodzenia tego superkomputera potrzeba energii równoważnej ogrzewaniu małego miasteczka, ale to niewiele w porównaniu z ilością energii zużywanej przez serwery eBay lub Google.

Z pozytywnych konsekwencji zastosowań komputerów warto wymienić jeszcze dwie bardzo ważne. Pierwsza to coraz popularniejsze przetwarzanie „w chmurze” (ang. *cloud computing*), czyli w zespołach programów komputerowych i baz danych rezydujących na zdalnie dostępnych serwerach kontrolowanych i udostępnianych za opłatą przez firmy usługowe. Dzięki temu redukuje się znacznie liczbę indywidualnych serwerów zainstalowanych u użytkowników (np. skład tego artykułu może być dokonany na laptopie u użytkownika w biurze lub w domu albo na serwerze gdzieś „w chmurze”). Drugą pozytywną konsekwencją jest nauczanie online, będące dominującym czynnikiem oszczędności energetycznych na poziomie uniwersyteckim, przyczyniające się jednak do znacznej emisji dwutlenku węgla. Według raportu opublikowanego przez Uniwersytet Columbia w Nowym

**Florida Gulf Coast University**, położony w środowiskowo wrażliwym punkcie, bo na obrzeżu obszaru leśnego, lecz bezkonfliktowo wkomponowany w otaczające środowisko naturalne, ma zapisane w swojej misji „stosowanie i popieranie zrównoważonego rozwoju” i praktykuje te zasady jako członek stowarzyszenia *Karty Ziemi* ([www.earthcharterinaction.org](http://www.earthcharterinaction.org)), zarówno w badaniach naukowych, jak i w programach nauczania. Na uwagę zasługuje działalność studencka, m.in. Food Garden, czyli ogród botaniczny z cennymi roślinami odgrywającymi rolę w łańcuchu pokarmowym – <http://fgcufoodforest.weebly.com>, czy strona internetowa umożliwiająca dostęp do danych zbieranych z elektrowni słonecznej zainstalowanej na terenie uniwersytetu – <http://solar.fgcu.edu>.

Jorku w 2013 r. na terenie kampusu doliczono się 30 000 komputerów, które pochłaniają 3500 megawatów rocznie, co jest równoznaczne z wydzieleniem do atmosfery kilku tysięcy ton dwutlenku węgla, a jest to tylko jedna uczelnia. Przy tej skali zjawisk nawet minimalna redukcja którejkolwiek ze składowych ma kolosalne konsekwencje dla całego środowiska. Przykładowo, jak wykazują dane zebrane przez autora, w programie inżynierii oprogramowania na FGCU, zastępując elektronicznymi wersjami 400-stronicowe podręczniki drukowane, używane do nauczania 26 przedmiotów rocznie, ze średnią liczbą 32 studentów na przedmiot, jak również odpowiadające im notatki i testy, można zredukować wydzielanie CO<sub>2</sub> do atmosfery o 100 ton rocznie. Jest to konsekwencją zmniejszenia zużycia papieru i energii elektrycznej na druk.

Tak zwana zielona informatyka jest pojęciem dość skomplikowanym, bo obejmuje zarówno siły szkodliwe dla środowiska, jak również metody przeciwdziałania im i równoważenia ich, a jej znaczenie polega głównie na uświadomianiu otoczenia, że nieodwracalny postęp w stosowaniu komputerów niesie ze sobą wiele negatywnych konsekwencji, które powinniśmy zredukować lub minimalizować – dla wspólnego dobra.

Fragment kampusu uniwersyteckiego Florida Gulf Coast University (fot. ze zbiorów FGCU)

