



Poznan University of Technology



Michał Nowak

Politechnika Poznańska, Instytut Mechaniki Stosowanej, Zakład Inżynierii Wirtualnej

Badania z obszaru biomechaniki jako podstawa współpracy z przemysłem

(na przykładzie realizowanego w Politechnice Poznańskiej projektu NCBiR dotyczącego przemysłowego wdrożenia biomimetycznej metody optymalizacji strukturalnej)

Zebranie Sekcji Biomechaniki KM PAN

22.03.2022



PROJEKT NCBiR 2021-2024

DECYZJA Nr DWP/TECHMATSTRATEG-III/136/2020

Dyrektora Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
w sprawie przyznania środków finansowych

Bioniczne, lekkie węzły strukturalne wytwarzane przyrostowo dla przemysłu motoryzacyjnego

w ramach III konkursu Strategicznego Programu Badań Naukowych
i Prac Rozwojowych „Nowoczesne technologie materiałowe” TECHMATSTRATEG

przyznają środki finansowe w wysokości **5 740 854,94 PLN**

(słownie: pięć milionów siedemset czterdzieści tysięcy osiemset pięćdziesiąt cztery złote i 94/100)

Wnioskodawcy w składzie:

Politechnika Wrocławska

Politechnika Poznańska

EDAG ENGINEERING POLSKA sp. z o.o.

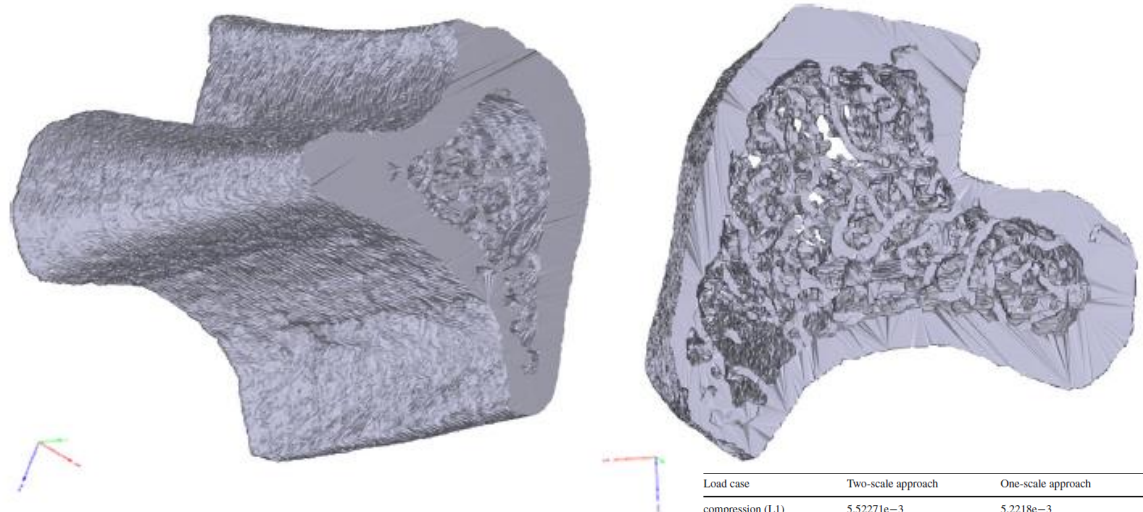
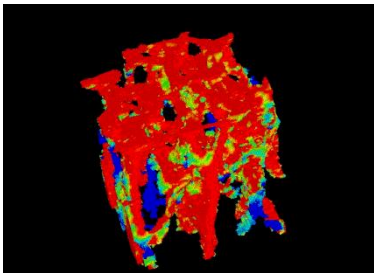


Geneza biomimetycznej metody optymalizacji strukturalnej



Projekty związane z biomimetyczną metodą optymalizacji strukturalnej

- Zastosowanie optymalizacji strukturalnej według wzorca biologicznego w procesie projektowania wspomaganego komputerowo, N501 046 32/3310, 2007-2009,
- Opracowanie algorytmu generacji siatek elementów skończonych dla obliczeń biomechanicznych w środowisku równoległym, projekt wewnętrzny Politechniki Poznańskiej BW 52-085 – 2011 – Michał Nowak - kierownik zespołu
- Projekt badawczy własny MNiSW, konkurs 35, N518 328835, Tytuł: Wieloskalowa analiza przebudowy adaptacyjnej kości pod wpływem stymulacji mechanicznej, 2008-2011 – Michał Nowak - kierownik zespołu



| Load case | Two-scale approach | One-scale approach | Error (%) |
|------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| compression (L1) | 5.52271e-3 | 5.2218e-3 | 5.7 |
| shear (L2) | 2.67052e-2 | 2.5564e-2 | 4.7 |

The geometrical model of a piece of rat bone (data from European Union grant QLRT-1999-02024, MIAB)

Geneza biomimetycznej metody optymalizacji strukturalnej



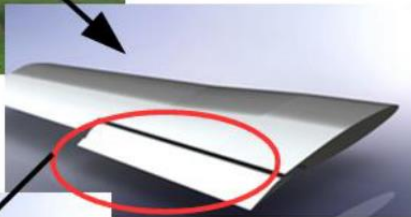
Projekty związane z biomimetyczną metodą optymalizacji strukturalnej

– Projekt rozwojowy „Opracowanie metody szybkiej estymacji właściwości aerosprężystych samolotu w czasie prób flatterowych w locie” realizowany jest przez Instytut Lotnictwa w Warszawie oraz Politechnikę Poznańską w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007 – 2013, Priorytet 1 „Badania i rozwój nowoczesnych technologii”, Działanie 1.3 „Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe”, Poddziałanie 1.3.1 „Projekty rozwojowe”

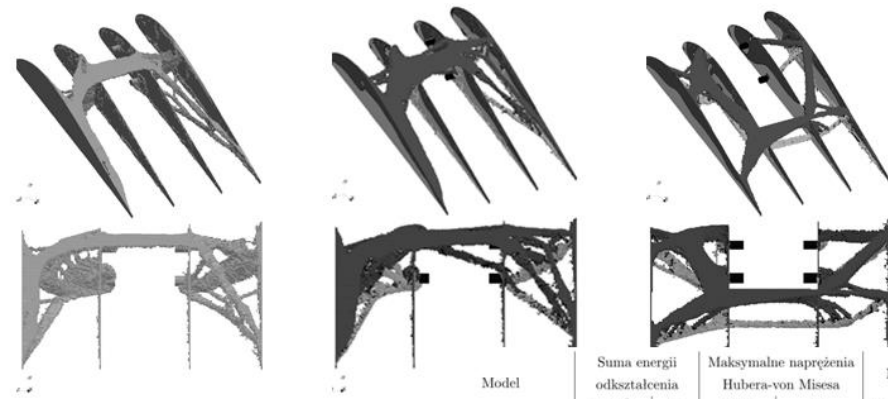
– Projekt badawczy „Multidyscyplinarne modelowanie aerosprężystości z optymalizacją strukturalną”, 2011-2014, finansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki – DEC-2011/01/B/ST8/06925 – Michał Nowak - kierownik zespołu



Umiejscowienie klapy Fowlera samolotu IRYDA I22 M-93.



Struktura wewnętrzna klapy Fowlera samolotu IRYDA I22 M-93.



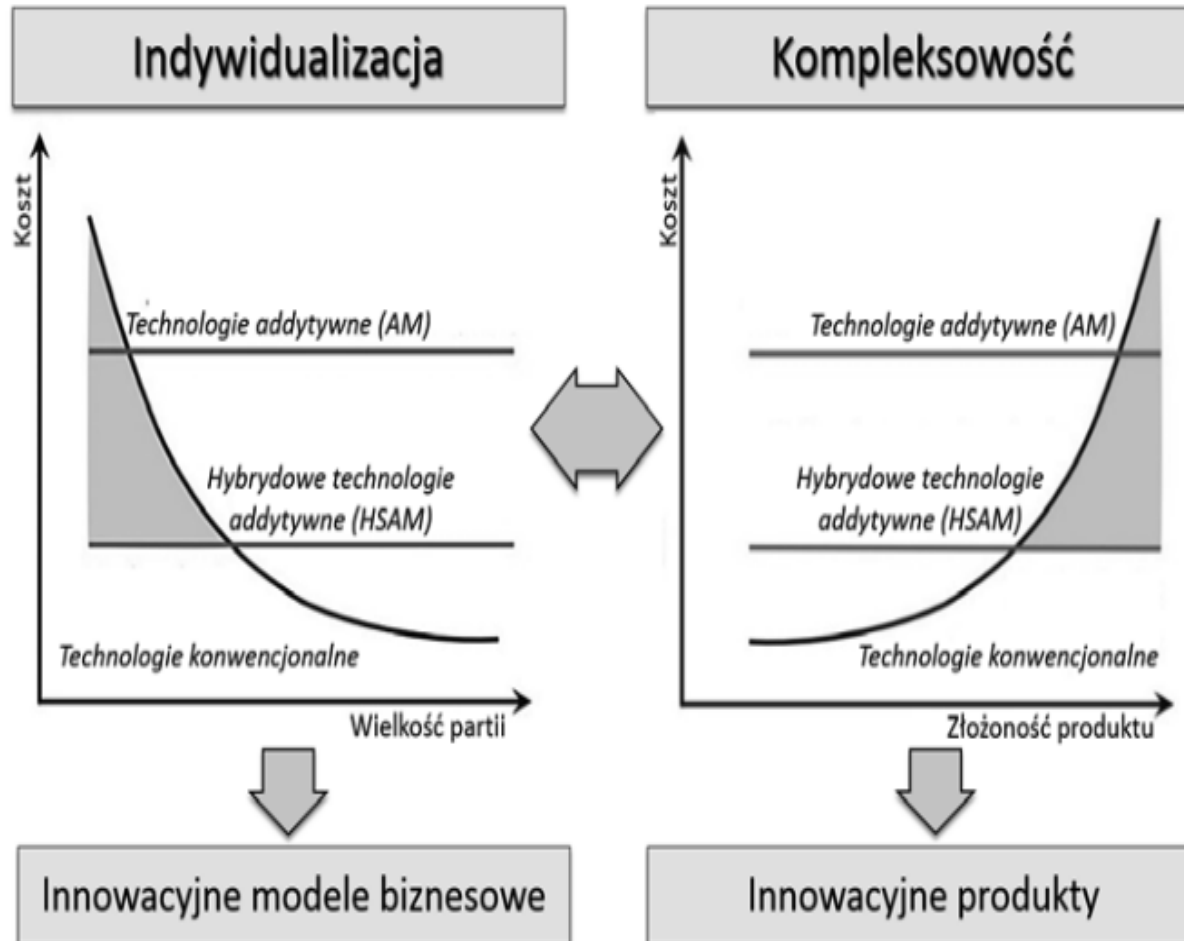
| Model | Suma energii odkształcenia | | Maksymalne naprężenia Hubera-von Misesa | | Masa | |
|-----------------------|----------------------------|----------|---|----------|--------|----------|
| | $[J/m^3]$ | Δ | $[Pa]$ | Δ | $[kg]$ | Δ |
| referencyjny | 1,26E+13 | | 4,30E+08 | | 2,57 | |
| 1 materiał | 5,43E+12 | -57% | 8,15E+07 | -81% | 2,58 | 0% |
| 2 materiały | 5,71E+12 | -55% | 7,02E+07 | -84% | 2,64 | 3% |
| + ograniczenie konst. | 6,34E+12 | -50% | 1,78E+08 | -59% | 2,66 | 3% |



CAMT

Centrum Zaawansowanych
Systemów Produkcyjnych

Technologie addytywne



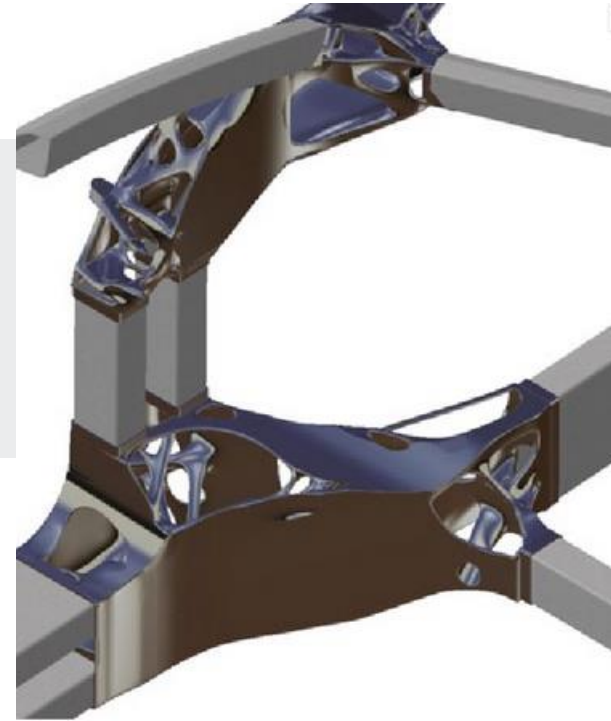
Technologie addytywne

DOI: 10.1007/S38311-015-0060-7 • Corpus ID: 112742563

Function Integrated, Bionic Optimised Vehicle Lightweight Structure in Flexible Production

J. Ohlsen, F. Herzog, +1 author C. Emmelmann • Published 2 October 2015 • Business • ATZ worldwide

Jörg Ohlsen is CEO of the Edag Engineering GmbH in Wiesbaden (Germany). Frank Herzog is President & CEO of Concept Laser in Lichtenfels (Germany). Sergio Raso is Strategic Marketing Director Laser Products of the BLM Group in Levico (Italy). Prof. Dr.-Ing. Claus Emmelmann is CEO of the Laser Zentrum Nord, University Professor and Director of the Institute of Laser and System Technologies (ILAS) in Hamburg (Germany). © Edag



Spaceframe in the A-pillar area (© Edag)

Tak, jak wskazuje Johannes Barckmann z EDAG, największym wyzwaniem w rozwoju podejścia bionicznego jest teraz brak oprogramowania. Nie ma oprogramowania bo jest to zupełna nowość w rozumieniu klasycznego środowiska CAD.

Nie ma już wielu ograniczeń produkcyjnych, ale klasyczne oprogramowanie nie może tych nowych możliwości wykorzystać.

<https://www.edag-engineering.de> - **There is no Software** - A further challenge - and this might be hard to believe - is the software. "Due to the fact that it has so far never been necessary to apply Nature's structures to a classic CAD environment, and that the production processes previously used were also incapable of handling this kind of data, there is no software that can be used for bionic development. Although models can be made, it is not yet possible to reproduce load cases. However, I am sure that this is just a question of time."



Badanie podstaw teoretycznych

www.czasopisma.pan.pl



www.journals.pan.pl

BULLETIN OF THE POLISH ACADEMY OF SCIENCES
TECHNICAL SCIENCES, Vol. 69(4), 2021, Article number: e137732
DOI: 10.24425/bpasts.2021.137732

THERMODYNAMICS, MECHANICAL,
AERONAUTICAL ENGINEERING AND ROBOTICS

Topology optimization without volume constraint – the new paradigm for lightweight design

Michał NOWAK* and Aron BOGUSZEWSKI

Poznan University of Technology, Division of Virtual Engineering, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań, Poland

Struct Multidisc Optim (2018) 57:721–734
DOI 10.1007/s00158-017-1780-7



RESEARCH PAPER

Justification of a certain algorithm for shape optimization in 3D elasticity

Michał Nowak¹ · Jan Sokołowski² · Antoni Żochowski³

Received: 7 September 2016 / Revised: 11 July 2017 / Accepted: 27 July 2017 / Published online: 14 August 2017
© The Author(s) 2017. This article is an open access publication

Journal of Optimization Theory and Applications
<https://doi.org/10.1007/s10957-019-01502-1>

Biomimetic Approach to Compliance Optimization and Multiple Load Cases

Michał Nowak¹ · Jan Sokołowski^{2,3,4} · Antoni Żochowski³

Received: 5 July 2018 / Accepted: 7 March 2019
© The Author(s) 2019



[Developments and Novel Approaches in Biomechanics and Metamaterials](#) pp 97-105 | [Cite as](#)

New Aspects of the Trabecular Bone Remodeling Regulatory Model—Two Postulates Based on Shape Optimization Studies

Authors [Authors and affiliations](#)

Michał Nowak

Chapter
First Online: 07 July 2020

387
Downloads

The Structural Stiffness Maximization



$$\int_{\Gamma_v} [\lambda - \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{u}) : \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u})] \mathbf{V} \cdot \mathbf{n} \, ds = 0$$

$$\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{u}) : \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u}) = \lambda = \text{const.}$$

Nowak M., Sokołowski J. & Żochowski A., Justification of a certain algorithm for shape optimization in 3D elasticity, *Struct Multidiscipl Optim*, 57, pp. 721–734, <https://doi.org/10.1007/s00158-017-1780-7>, 2018

To maximize the structural stiffness, the strain energy density on the structural surface should be constant.

The value of λ is not known. The assumed value of the strain energy density on the part of the boundary subject to modification could be related to the material properties.

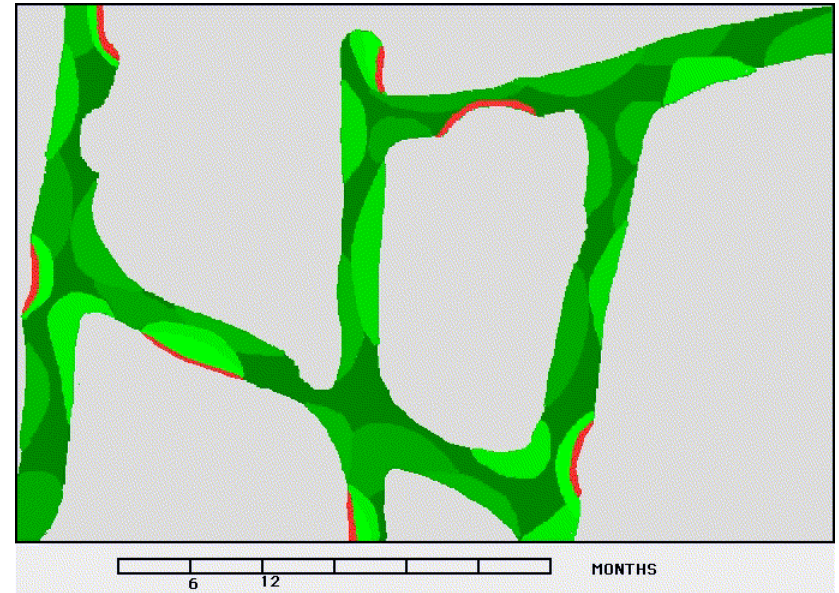
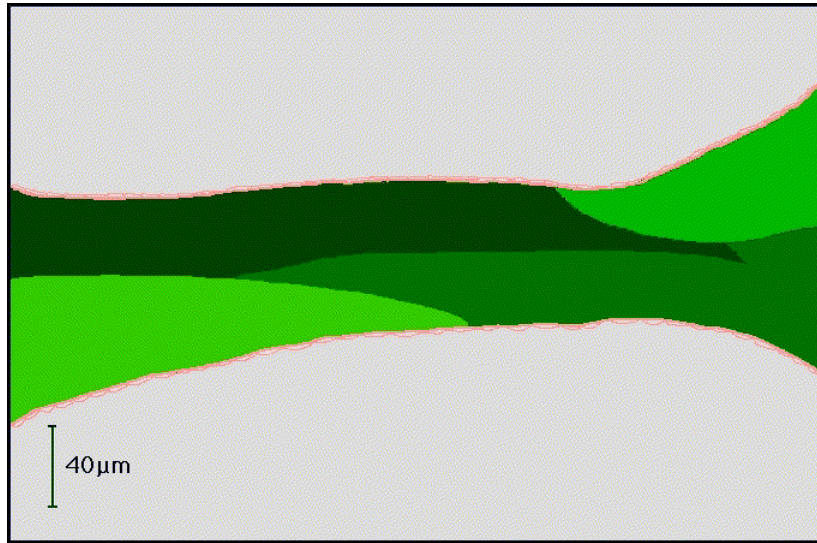
Change in the assumed value of the strain energy density results in change of the structural form – topology and volume.

In this way, the final structural volume results from the optimization procedure.

Instead of imposing volume constraint it is possible to parameterize shapes by the assumed energy density on the structural surface, which may be quite accurately predicted from the yield criteria.

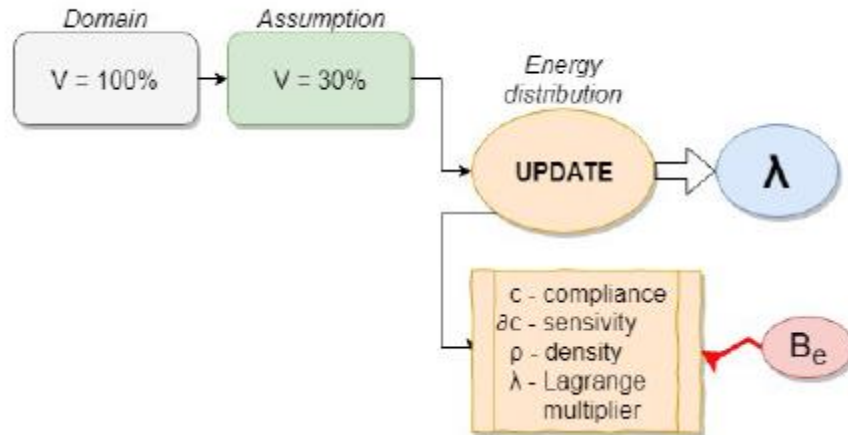
But how to realize it in practice? → Biomimetics ...

Trabecular Bone Remodeling Phenomenon (through an Engineer's Eyes)



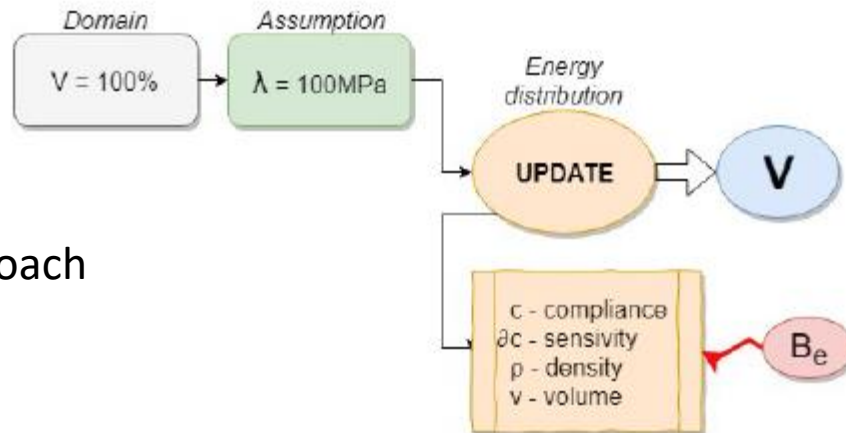
<http://courses.washington.edu/bonephys/>

The comparison of the standard and modified approach



The standard SIMP approach

The modified approach





PROJEKT NCBiR 2021-2024

DECYZJA Nr DWP/TECHMATSTRATEG-III/136/2020
Dyrektora Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
w sprawie przyznania środków finansowych

Bioniczne, lekkie węzły strukturalne wytwarzane przyrostowo dla przemysłu motoryzacyjnego

w ramach III konkursu Strategicznego Programu Badań Naukowych i Prac Rozwojowych „Nowoczesne technologie materiałowe” TECHMATSTRATEG

przyznając środki finansowe w wysokości **5 740 854,94 PLN**
(słownie: pięć milionów siedemset czterdzieści tysięcy osiemset pięćdziesiąt cztery złote i 94/100)

Wnioskodawcy w składzie:
Politechnika Wroclawska
Politechnika Poznańska
EDAG ENGINEERING POLSKA sp. z o.o.

Tak, jak wskazuje Johannes Barckmann z EDAG, największym wyzwaniem w rozwoju podejścia bionicznego jest teraz brak oprogramowania. Nie ma oprogramowania bo jest to zupełna nowość w rozumieniu klasycznego środowiska CAD.

Nie ma już wielu ograniczeń produkcyjnych, ale klasyczne oprogramowanie nie może tych nowych możliwości wykorzystać.

<https://www.edag-engineering.de> - **There is no Software** - A further challenge - and this might be hard to believe - is the software. "Due to the fact that it has so far never been necessary to apply Nature's structures to a classic CAD environment, and that the production processes previously used were also incapable of handling this kind of data, there is no software that can be used for bionic development. Although models can be made, it is not yet possible to reproduce load cases. However, I am sure that this is just a question of time."

- **Nowy paradygmat optymalizacji strukturalnej**
- **Różne konfiguracje dla różnych materiałów**
- **Strefa odroczenia – rozwiązanie problemu wielu przypadków obciążenia**

Ewaluacja: 50-35-15.

Kolejne ewaluacje: waga kryterium I (publikacje) - niższa niż 50%

