

## **ТЕМА # 4:**

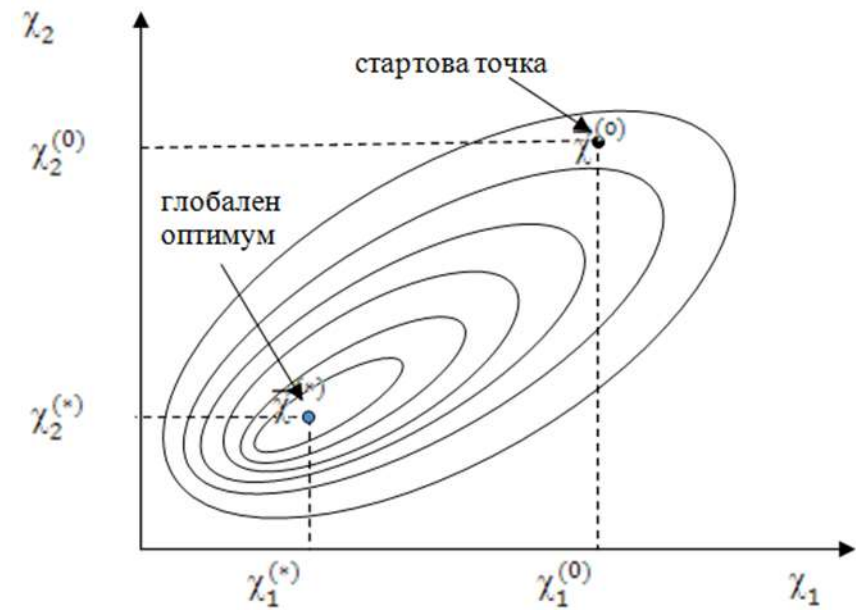
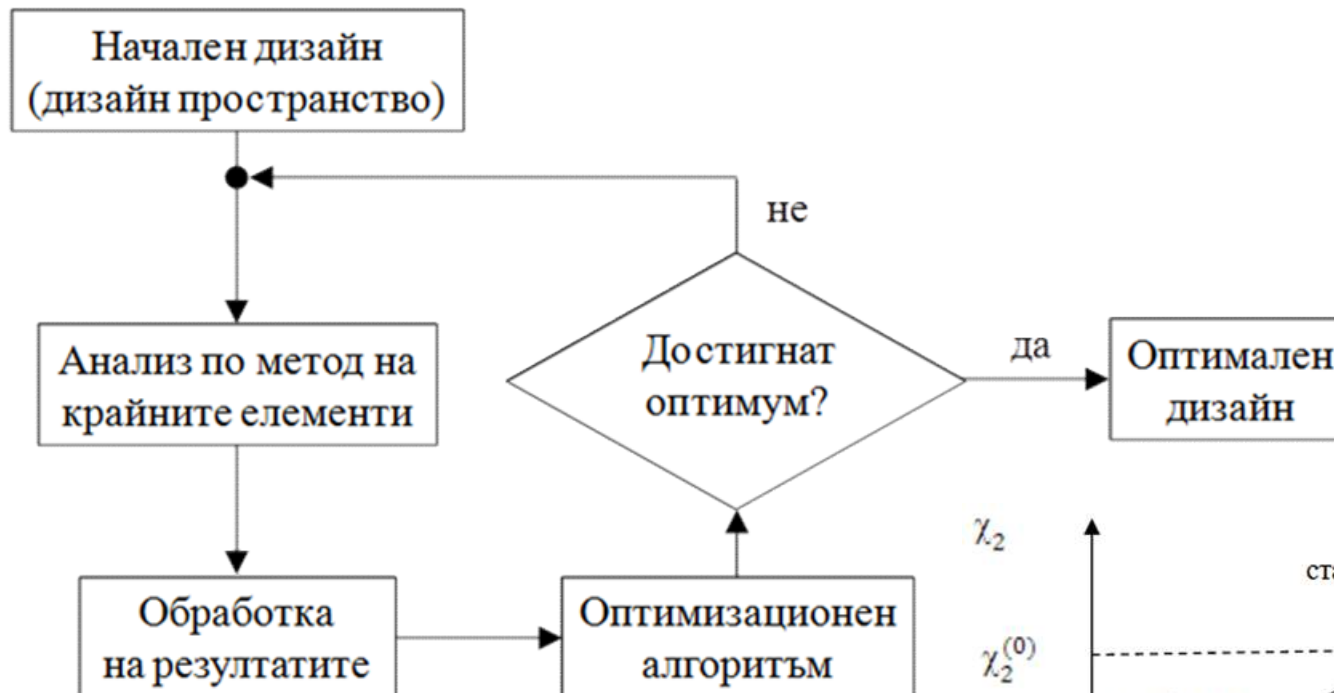
**ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОПТИМИЗАЦИЯ НА  
ПАРАМЕТРИ НА МЕМС.**

**ТОПОЛОГИЧНА И ПАРАМЕТРИЧНА  
ОПТИМИЗАЦИЯ. ИНТЕГРАЛНА  
ОПТИМИЗАЦИЯ**

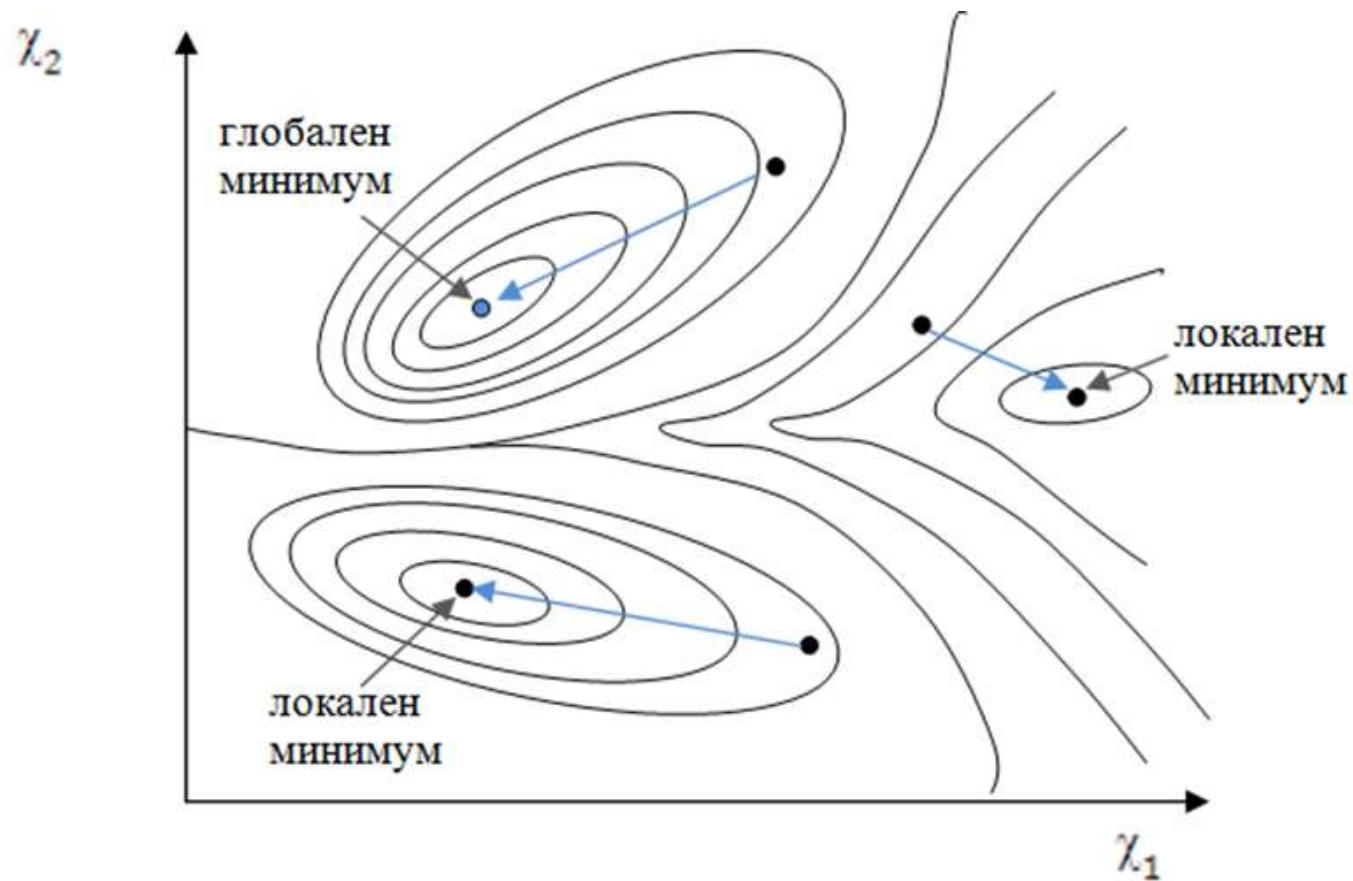
# Възможности за оптимизация. Цели

- МИНИМИЗИРАНЕ НА ИЗПОЛЗВАНИЯ МАТЕРИАЛ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИ ДОПУСТИМИ ПАРАМЕТРИ (НАПРЕЖЕНИЯ, ПРЕМЕСТВАНИЯ, ДРУГИ)
- ОПТИМИЗИРАНЕ НА ФОРМАТА ЧРЕЗ ПОСТИГАНЕ НА РАВНОНАПРЕГНАТА СТРУКТУРА ПРИ ОТЧИТАНЕ НА ВРЕМЕПРОМЕНЛИВИ ВХОДНИ ДАННИ (РАБОТНИ НАТОВАРВАНИЯ)
- ОПТИМИЗИРАНЕ С ОТЧИТАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ И ФУНКЦИОНАЛНИ ОГРАНИЧЕНИЯ ЗА ПОСТИГАНЕ НА НАЙ-НИСКА СЕБЕСТОЙНОСТ

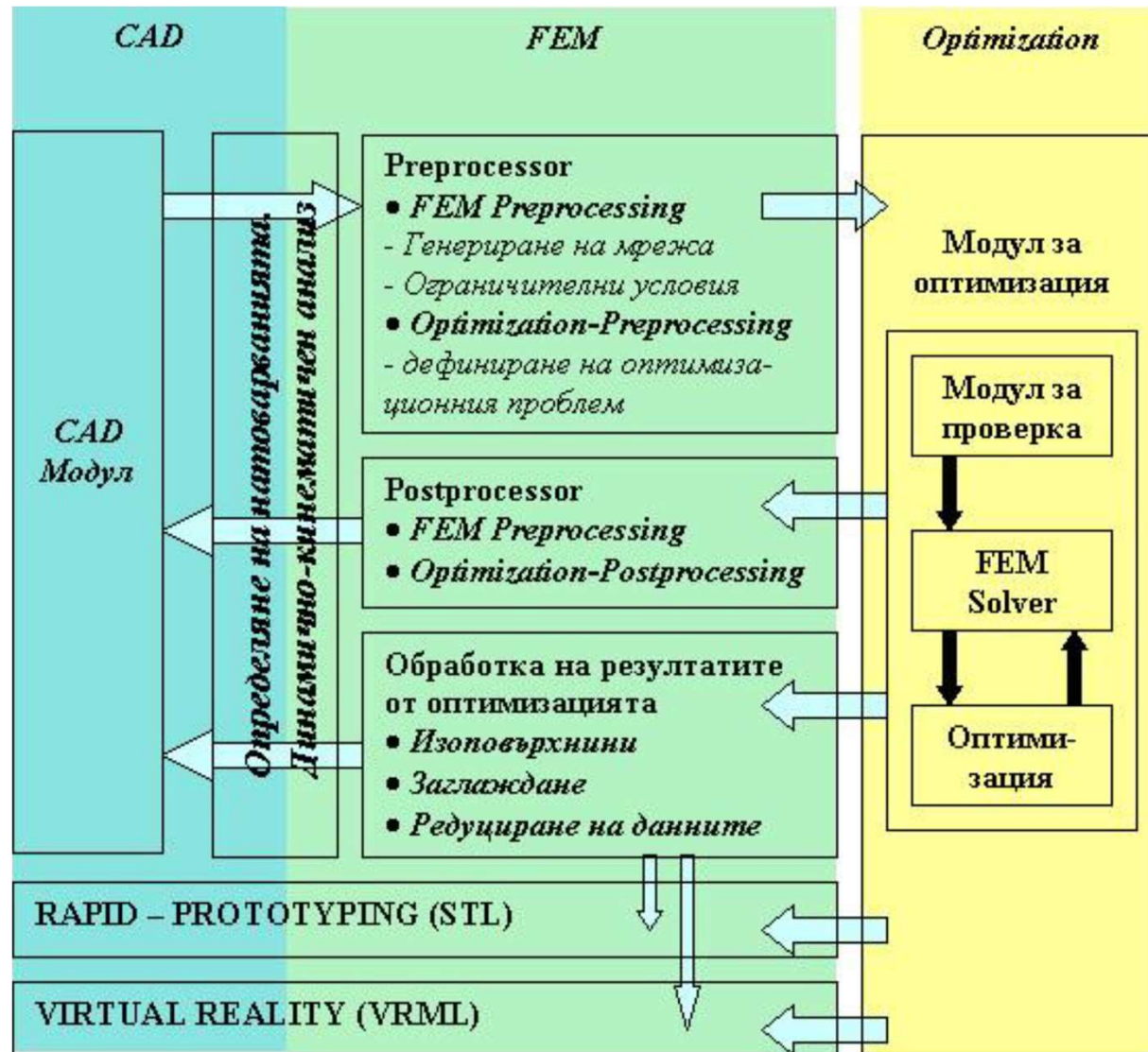
# Принципна схема при оптимизация



# Видове екстремуми

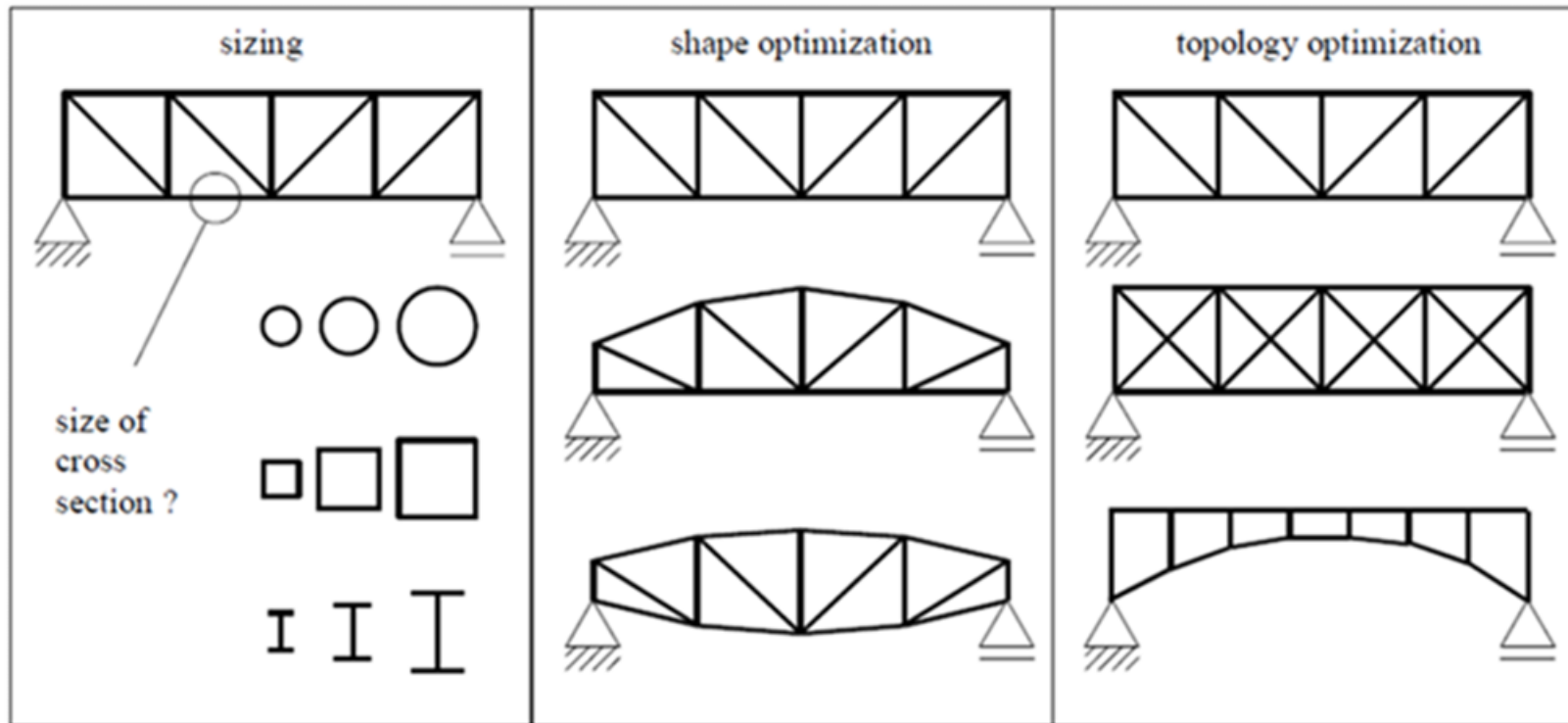


# Принципна схема при оптимизация

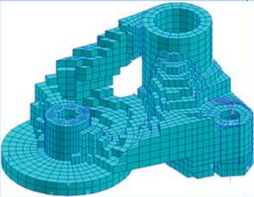

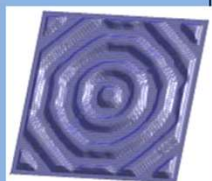
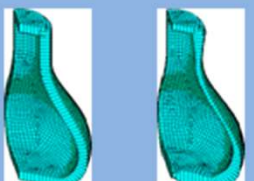

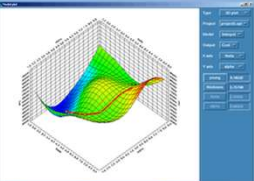


# Методи за оптимизация

- ПАРАМЕТРИЧНА
- ОПТИМИЗАЦИЯ НА ФОРМАТА
- ТОПОЛОГИЧНА



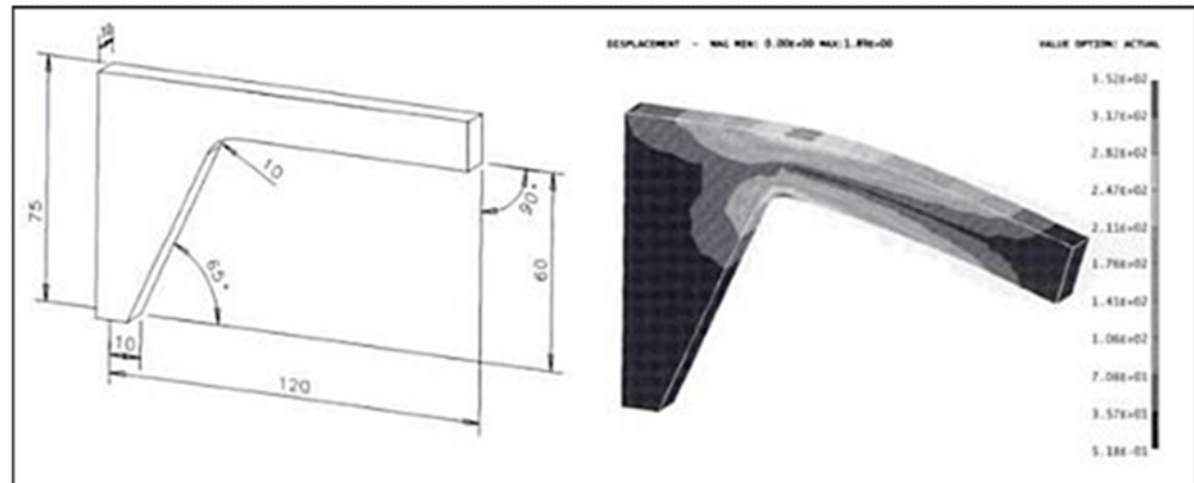
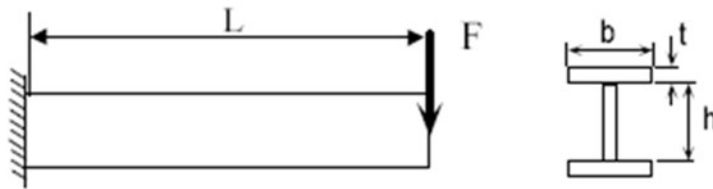
# Програмни инструменти за оптимизация

Непараметрична оптимизация			Параметрична оптимизация	Надеждностна оптимизация	DOE RSM
Топология	Форма	Ребра			
					
<b>TOSCA, Optistruct, Genesis</b>			<b>Optimus, Isight, OptiSlang</b>		



# Параметрична оптимизация

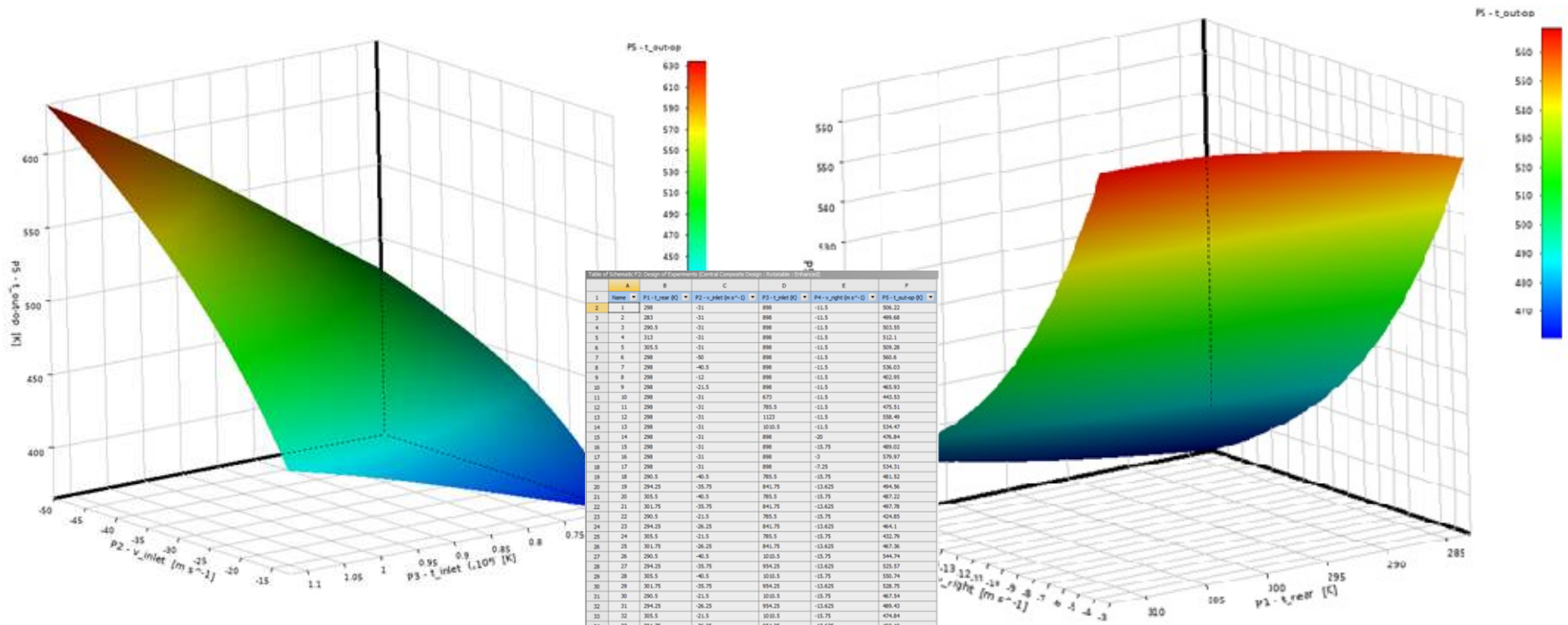
ПАРАМЕТРИЧНАТА ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗСЛЕДВА ВЛИЯНИЕТО НА ПРОМЕНЕТЕ В КОНСТРУКТИВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ДАДЕНА СТРУКТУРА ВЪРХУ ОПТИМУМА НА ЦЕЛЕВАТА ФУНКЦИЯ И РЕШЕНИЕТО НА ОПТИМИЗАЦИОННИЯ ПРОБЛЕМ. В СТРУКТУРНАТА МЕХАНИКА ТЕЗИ ПРОМЕНЛИВИ НАЙ-ЧЕСТО СА СВЪРЗАНИ С ГЕОМЕТРИЧНИ ПАРАМЕТРИ КАТО ДЕБЕЛИНА НА ПЛОСКОСТИ, ГЕОМЕТРИЧНИ РАЗМЕРИ, МАТЕРИАЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДР.





# Параметрична оптимизация

Прилагат се различни математически алгоритми, като широко разпространени са методите на приближение на реалния проблем. Изготвя се т.н. планиран експеримент (**DESIGN OF EXPERIMENTS**), при който най-напред чрез определен брой комбинации от различни стойности на дизайн-променливите се сканира цялото дизайн-пространство. После по метода на най-малките квадрати се изчисляват коефициентите на апроксимационната функция (**RESPONSE SURFACE**).



# Параметрична оптимизация

Полученият модел описва математическа зависимост на целевата функция от участващите в оптимизацията параметри и улеснява намирането на нейния оптимум.

$$var5 = a0 + a1 \cdot var1^{-1} + a2 \cdot var2^{(1/9)} + a3 \cdot (\ln(var3))^{a3} + a4 \cdot exp(var4)^{0.1}$$

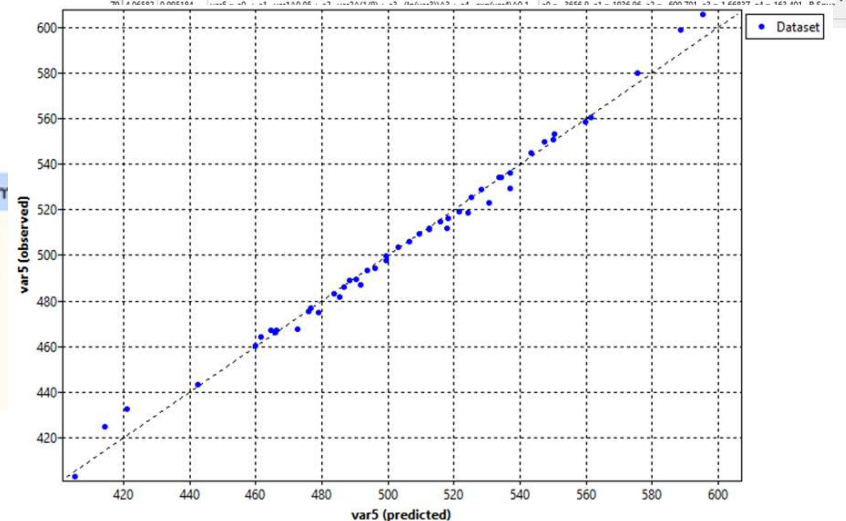
id: 72, observations:	49
R Square:	0.990392
Adj. R Square:	0.990389
Pearson's R:	0.995184
Multiple R:	0.995184
Standard Error SE:	4.06639

RMSE	4.06569
------	---------

ANOVA	df	SS	MS	F computed	p
Regression	4	2.48803E7	6.22006E6	376164	5.55112E-16
Errors	14597	241369	16.5355		
Total	14601	2.51216E7			

var5 =	Value of a	Std Error	t-Value	P >  t	95% Lower Limits	95% Upper Limits
a0	-952.864	2.21647	-429.901	0	-957.209	-948.519
a1 · var1 <sup>-1</sup>	-38350.6	508.952	-75.3521	0	-39348.2	-37353
a2 · var2 <sup>(1/9)</sup>	-690.709	0.807104	-855.787	0	-692.291	-689.127
a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup>	1.66838	0.00245889	678.508	0	1.66356	1.6732
a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	163.398	0.296171	551.703	0	162.818	163.979

id	RMSE	Pearson's R	Model	Description of the model
38	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-1</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -952.864, a1 = -38350.6, a2 = -690.709, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
73	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.9</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -938.554, a1 = -24107.2, a2 = -690.708, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
33	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.9</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -938.554, a1 = -24107.2, a2 = -690.708, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
33	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.9</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -938.554, a1 = -24107.2, a2 = -690.708, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
34	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-1</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -952.864, a1 = -38350.6, a2 = -690.709, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
33	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.9</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -938.554, a1 = -24107.2, a2 = -690.708, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
82	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-1</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -952.864, a1 = -38350.6, a2 = -690.709, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
29	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.9</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -938.554, a1 = -24107.2, a2 = -690.708, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
39	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.9</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -938.554, a1 = -24107.2, a2 = -690.708, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
63	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.9</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -938.554, a1 = -24107.2, a2 = -690.708, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
72	4.06569	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-1</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -952.864, a1 = -38350.6, a2 = -690.709, a3 = 1.66838, a4 = 163.398, R Sq
37	4.0657	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.7</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -897.669, a1 = -9920.07, a2 = -690.706, a3 = 1.66837, a4 = 163.399, R Sq
81	4.06571	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-1/2</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -824.083, a1 = -4444.82, a2 = -690.705, a3 = 1.66837, a4 = 163.4, R Squ
71	4.06571	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-1/2</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -824.083, a1 = -4444.82, a2 = -690.705, a3 = 1.66837, a4 = 163.4, R Squ
30	4.0658	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-1</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · var3 <sup>(1/3)</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1122.84, a1 = -38350.6, a2 = -690.696, a3 = 71.994, a4 = 163.403, R Squ
32	4.0658	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.9</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · var3 <sup>(1/3)</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1108.53, a1 = -24107.2, a2 = -690.695, a3 = 71.994, a4 = 163.404, R Squ
26	4.0658	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-1</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · var3 <sup>(1/3)</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1122.84, a1 = -38350.6, a2 = -690.696, a3 = 71.994, a4 = 163.403, R Squ
36	4.0658	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.7</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · var3 <sup>(1/3)</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1067.64, a1 = -9920.11, a2 = -690.693, a3 = 71.994, a4 = 163.404, R Squ
27	4.0658	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.8</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · var3 <sup>(1/3)</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1090.64, a1 = -15343.1, a2 = -690.694, a3 = 71.994, a4 = 163.404, R Squ
28	4.0658	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.8</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · var3 <sup>(1/3)</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1108.53, a1 = -24107.2, a2 = -690.695, a3 = 71.994, a4 = 163.404, R Squ
31	4.0658	0.995184	var5 = a0 + a1 · var1 <sup>-0.8</sup> + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · var3 <sup>(1/3)</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1090.64, a1 = -15343.1, a2 = -690.694, a3 = 71.994, a4 = 163.404, R Squ
70	4.06581	0.995184	var5 = a0 + a1 · ln(var1) + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1815.16, a1 = 128.765, a2 = -690.701, a3 = 1.66837, a4 = 163.401, R Squ
25	4.06581	0.995184	var5 = a0 + a1 · ln(var1) + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · var3 <sup>(1/3)</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1036.98, a1 = -6547.43, a2 = -690.693, a3 = 71.9939, a4 = 163.404, R Squ
80	4.06581	0.995184	var5 = a0 + a1 · ln(var1) + a2 · var2 <sup>(1/9)</sup> + a3 · (ln(var3)) <sup>a3</sup> + a4 · exp(var4) <sup>0.1</sup>	a0 = -1815.16, a1 = 128.765, a2 = -690.701, a3 = 1.66837, a4 = 163.401, R Squ



# Параметрична оптимизация

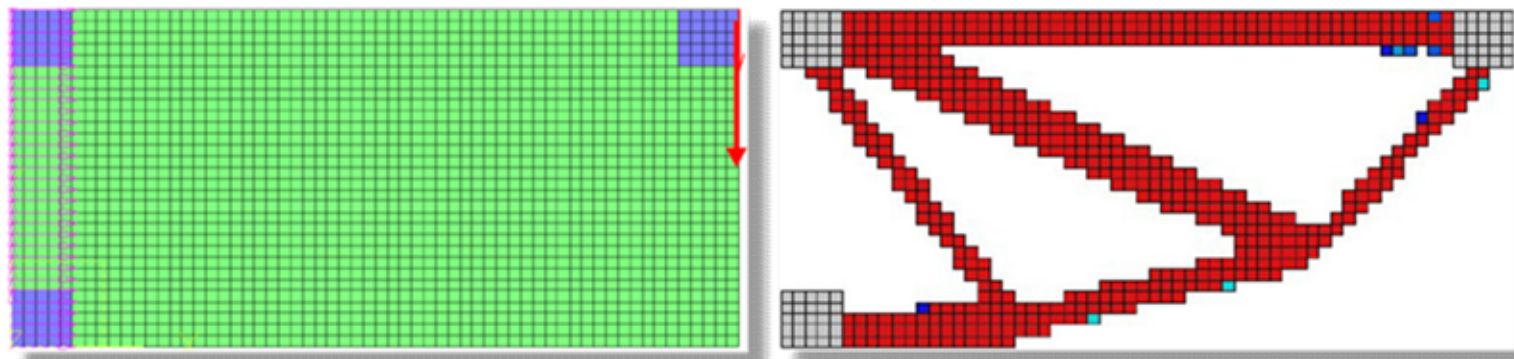
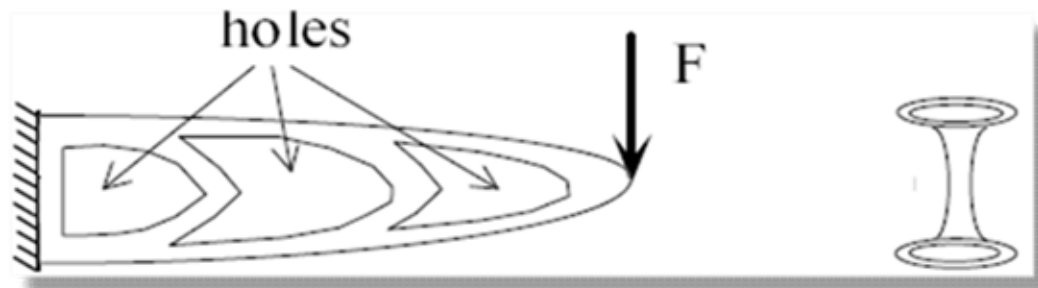
При сложни оптимизационни задачи, включващи сложни зависимости между параметрите и целевата функция се изисква значително разширяване на плана на експерименти, с цел постигането на много по-точно приближение и минимизиране на евентуалната грешка и избягване на локални екстремуми на целевата функция. В този случай се прибегва до използването на по-развити стохастични алгоритми като:

- SIMULATED ANNEALING;
- GENETIC ALGORITHMS;
- MONTE CARLO;
- QUASI MONTE CARLO;
- TABU SEARCH.

Те са особено ефикасни в случаите на търсене на глобален минимум при наличието на множество локални минимуми на целевата функция.

# Топологична оптимизация

Цел на топологичната оптимизация е постигане на **най-добро използване на материала на базата на обективни критерии** (напрежения, собствени честоти или др. измерими критерии) при съответни ограничения. Дефиниция: Оптимизирането на топологията е генеративно оптимизирано проектиране в дадено проектно пространство за всички зададени натоварвания и гранични условия.

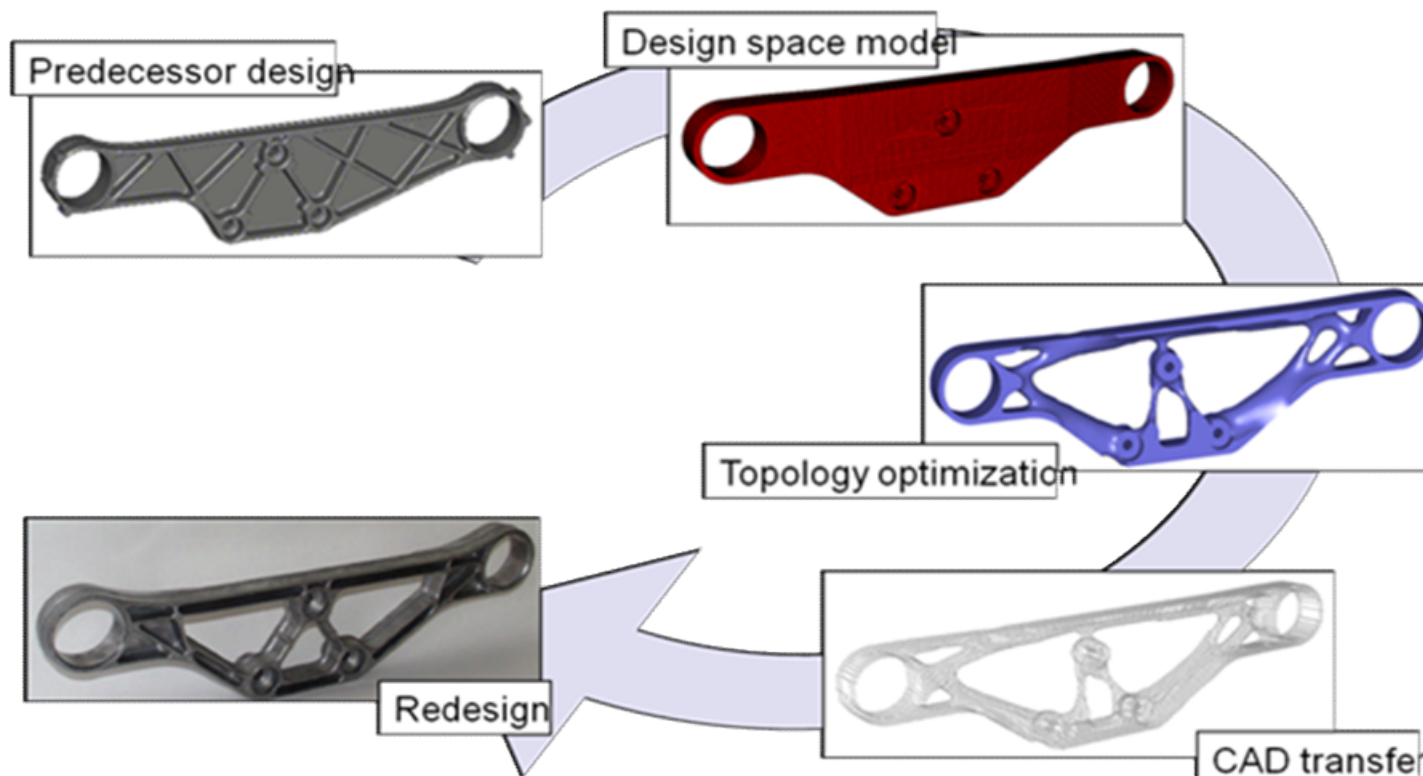


# Топологична оптимизация

ПРЕДИМСТВА:

- ЗНАЧИТЕЛНО ПО-КРАТКО ВРЕМЕ ЗА РАЗРАБОТКА
- ПРОЦЕСЪТ НА ПРОЕКТИРАНЕ ЗАПОЧВА С МНОГО ДОБРО ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА ДИЗАЙН
- ПРЕДПОСТАВКА ЗА ОКОНЧАТЕЛЕН ДИЗАЙН С ВИСОКО КАЧЕСТВА

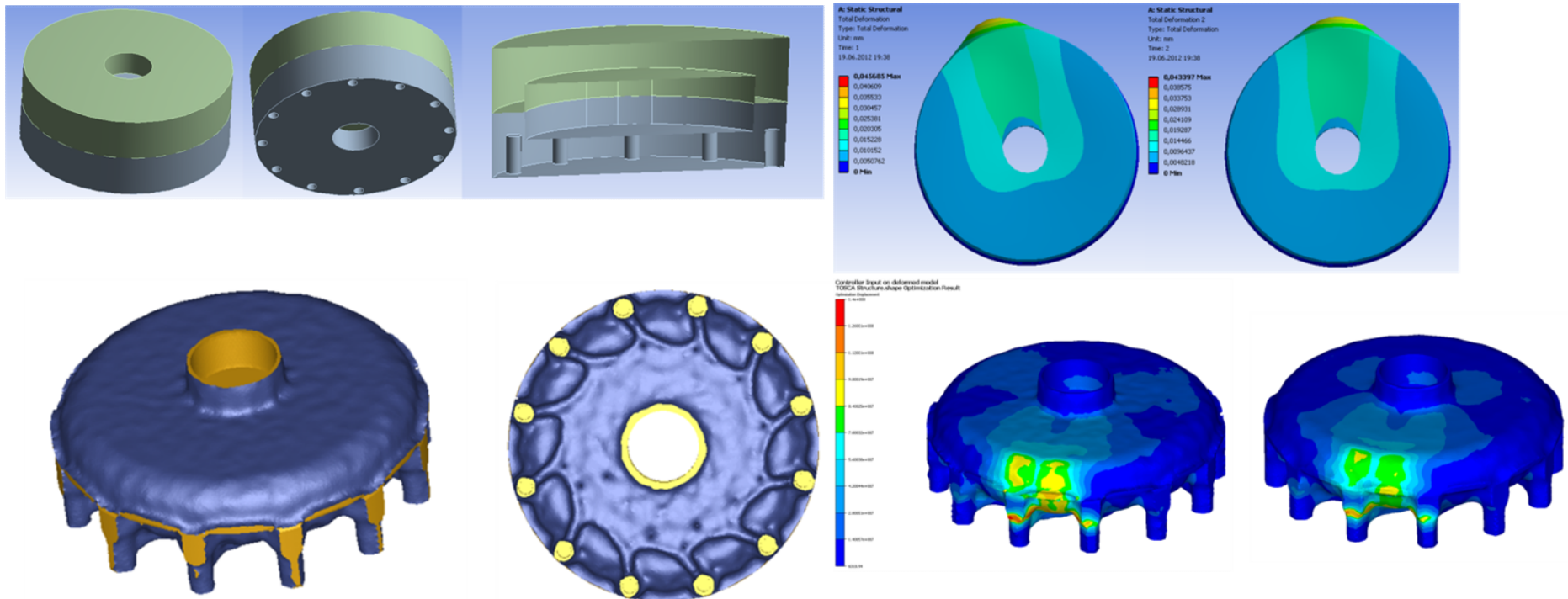
ТИПИЧЕН ПРОЦЕС И СЪПКИ ПРИ ТОПОЛОГИЧНА ОПТИМИЗАЦИЯ.





# Топологична оптимизация. Пример 1

- МОДЕЛИРАНЕ НА НАТОВАРВАНЕ ВЪРХУ КОРПУСА В СЛЕДСТВИЕ НА РАЗРУШАВАНЕ НА МАХОВИКА
- ПРОВЕЖДАНЕ НА ТОПОЛОГИЧНА ОПТИМИЗАЦИЯ ЗА МАКСИМАЛНА КОРАВИНА НА КОРПУСА
- РЕКОНСТРУИРАНЕ НА ОПТИМИЗАЦИОННИЯ РЕЗУЛТАТ
- ПРОВЕЖДАНЕ НА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ФОРМАТА ЗА ДОПЪЛНИТЕЛНО НАМАЛЯВАНЕ НА МАКСИМАЛНИТЕ НАПРЕЖЕНИЯ В СТРУКТУРАТА



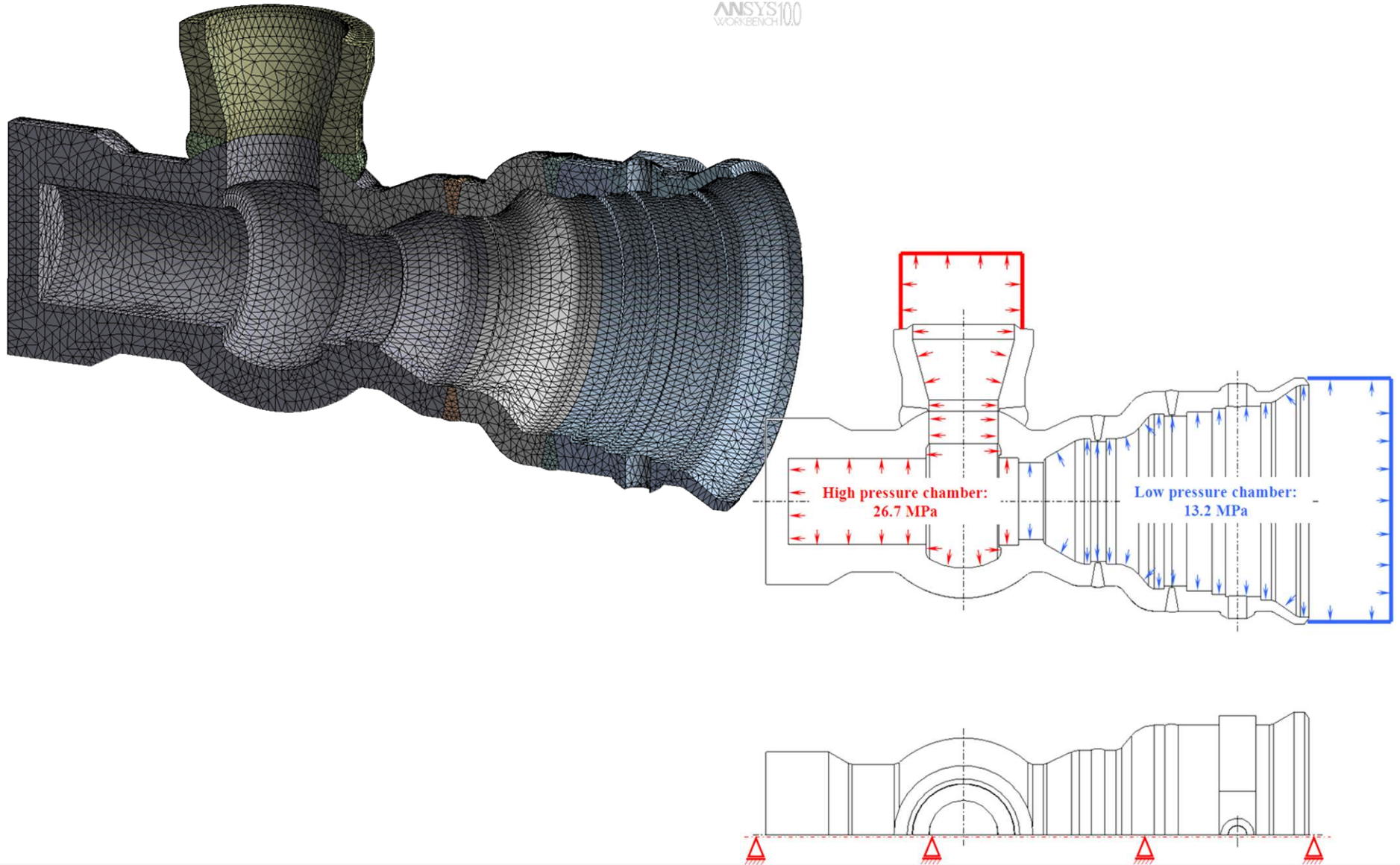
➔ ЧРЕЗ ТОПОЛОГИЧНА ОПТИМИЗАЦИЯ Е ГЕНЕРИРАНА ХОМОГЕННО НАТОВАРЕНА СТРУКТУРА. С ПОМОЩТА НА ДОПЪЛНИТЕЛНА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ФОРМАТА СЕ РЕДУЦИРА МАКСИМАЛНОТО НАПРЕЖЕНИЕ С **12%**





# Топологична оптимизация. Пример 2

ANSYS100  
WORKBENCH



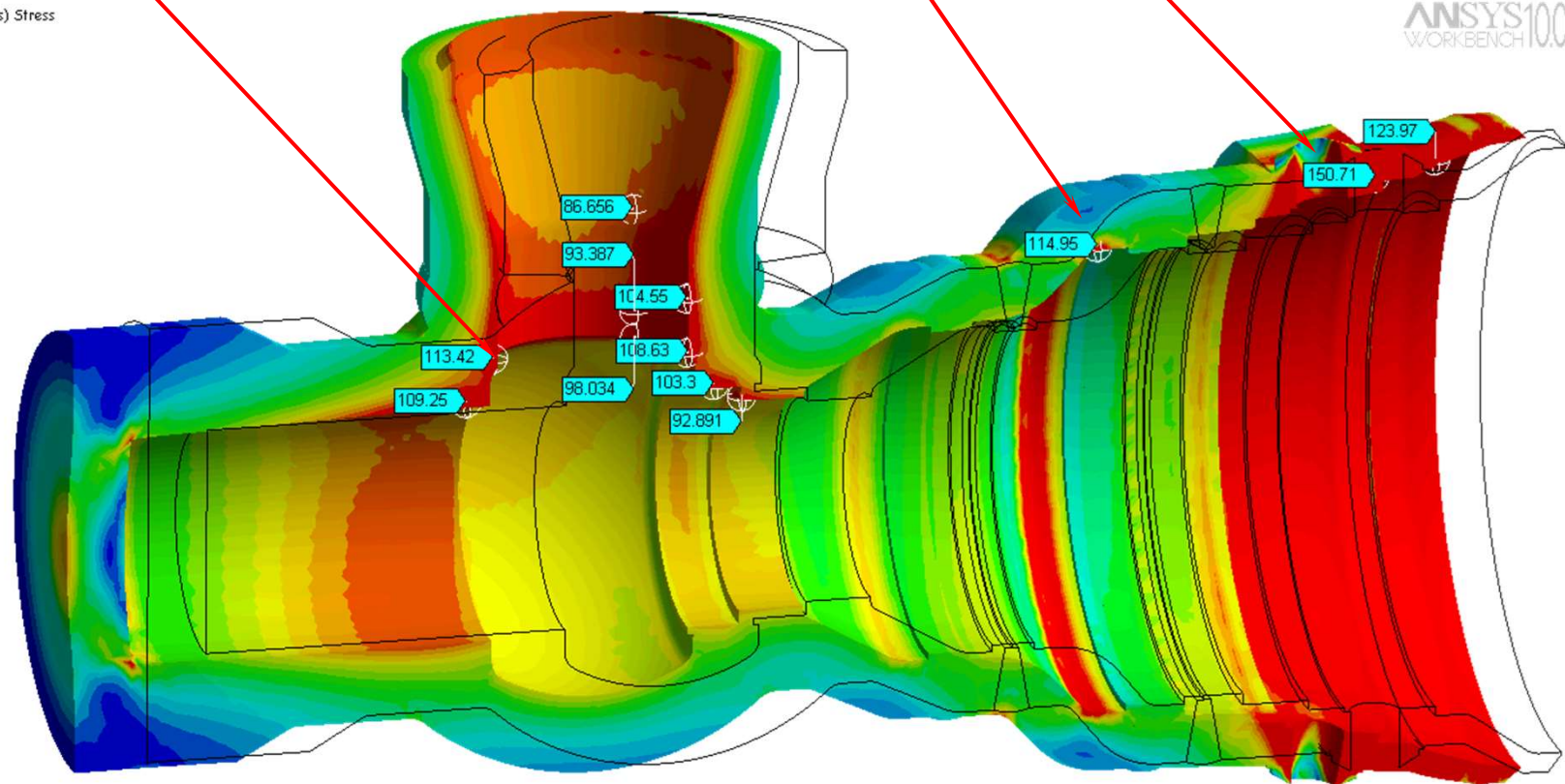
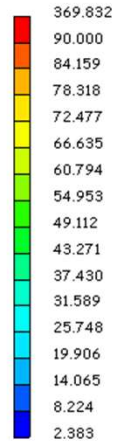
# Топологична оптимизация. Пример 2

**Zone I:** Side tubing: Stress values reach 113MPa (on the edge of the cylinder/sphere connection)

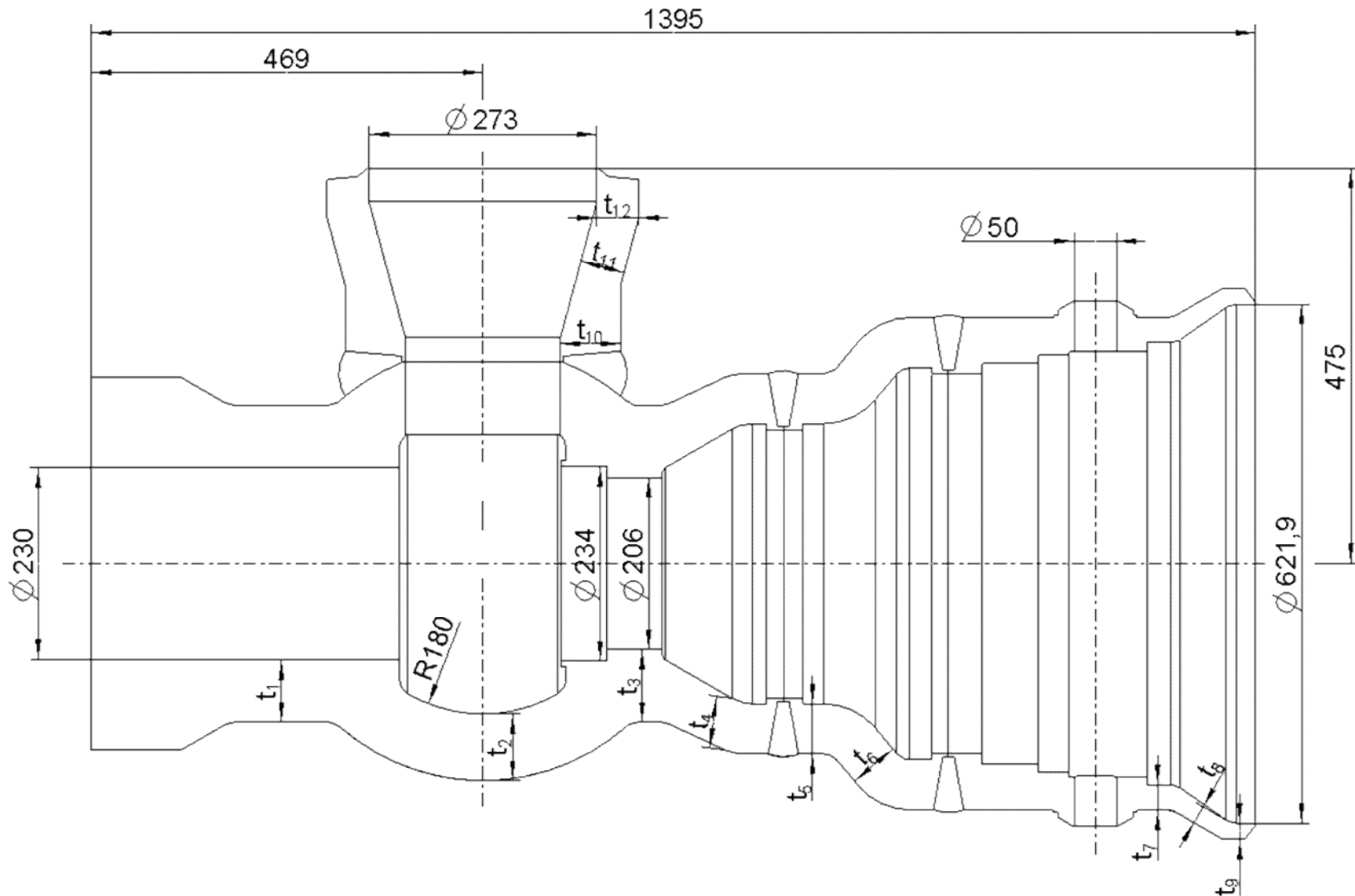
**Zone II:** Intermediate zone: Angled wall connection to the higher diameter show stress values near 115MPa

**Zone III:** End zone: High stress values – approximately 150MPa – are available at the thinnest wall of the structure

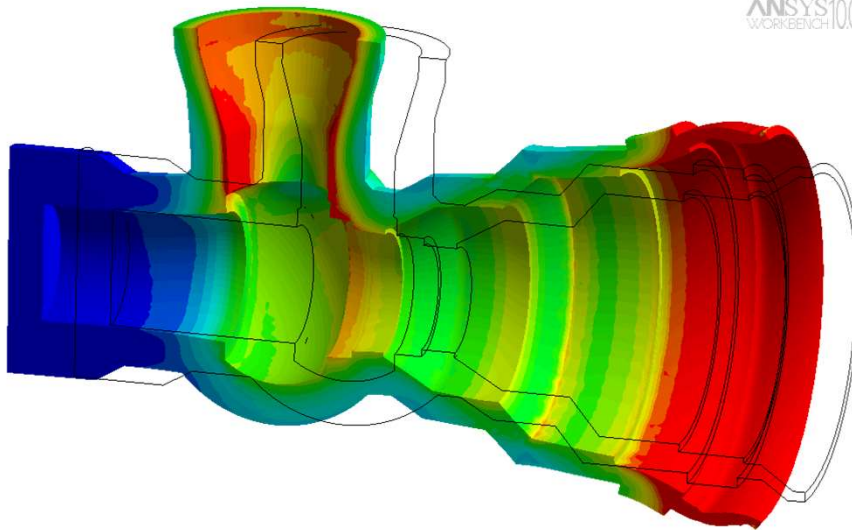
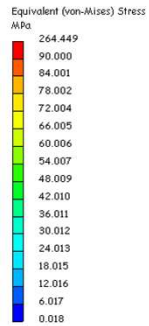
Equivalent (von-Mises) Stress  
MPa



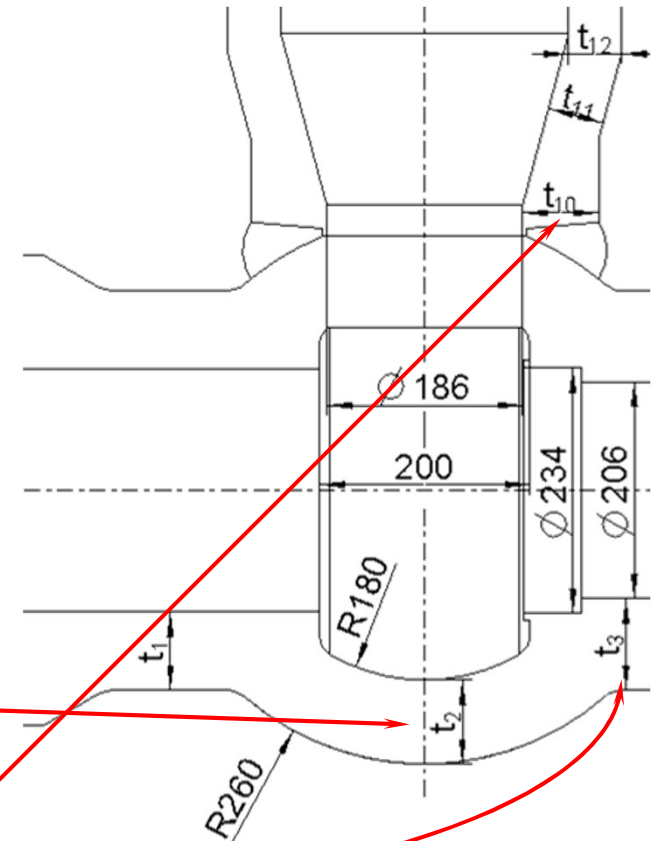
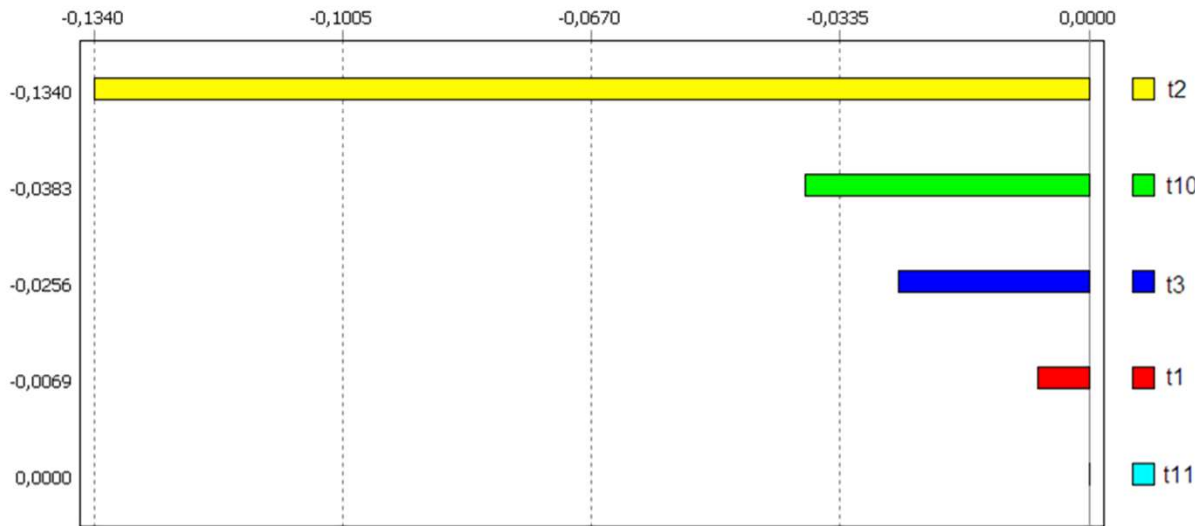
# Топологична оптимизация. Пример 2



# Топологична оптимизация. Пример 2

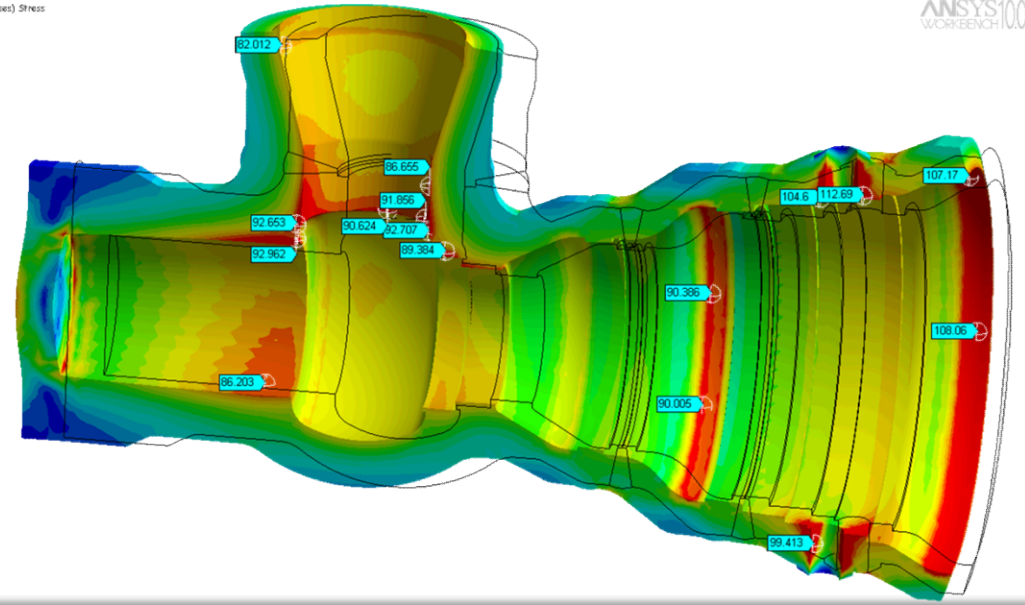
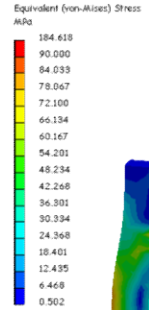
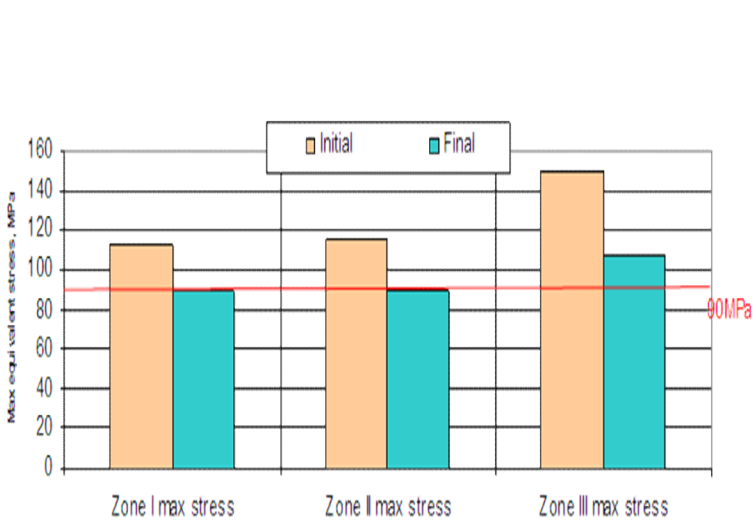
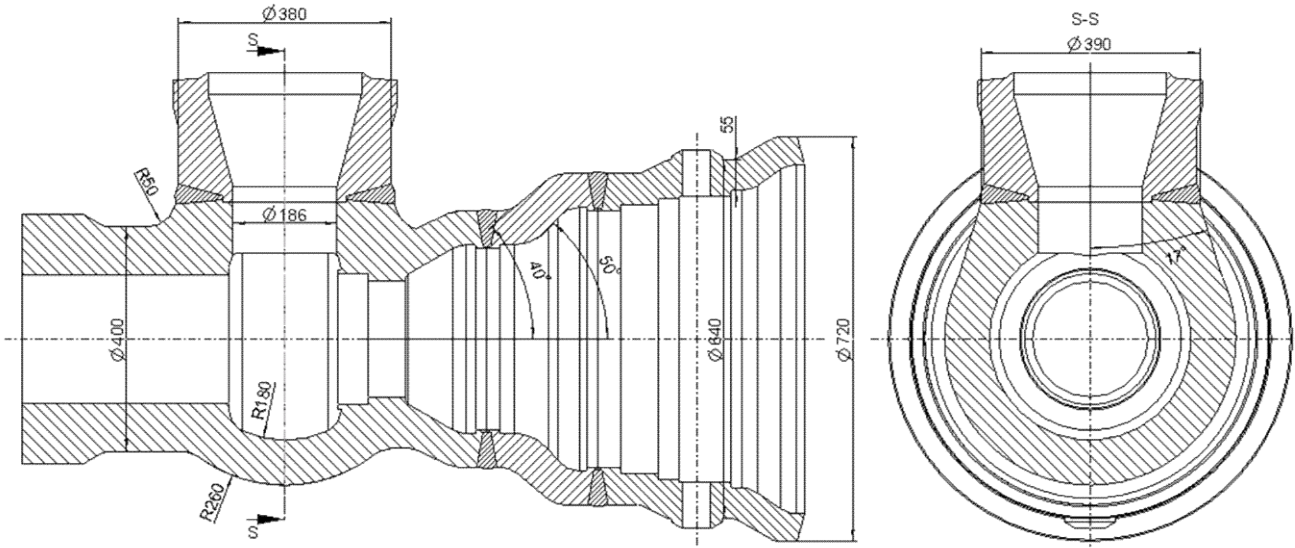


Equivalent Stress





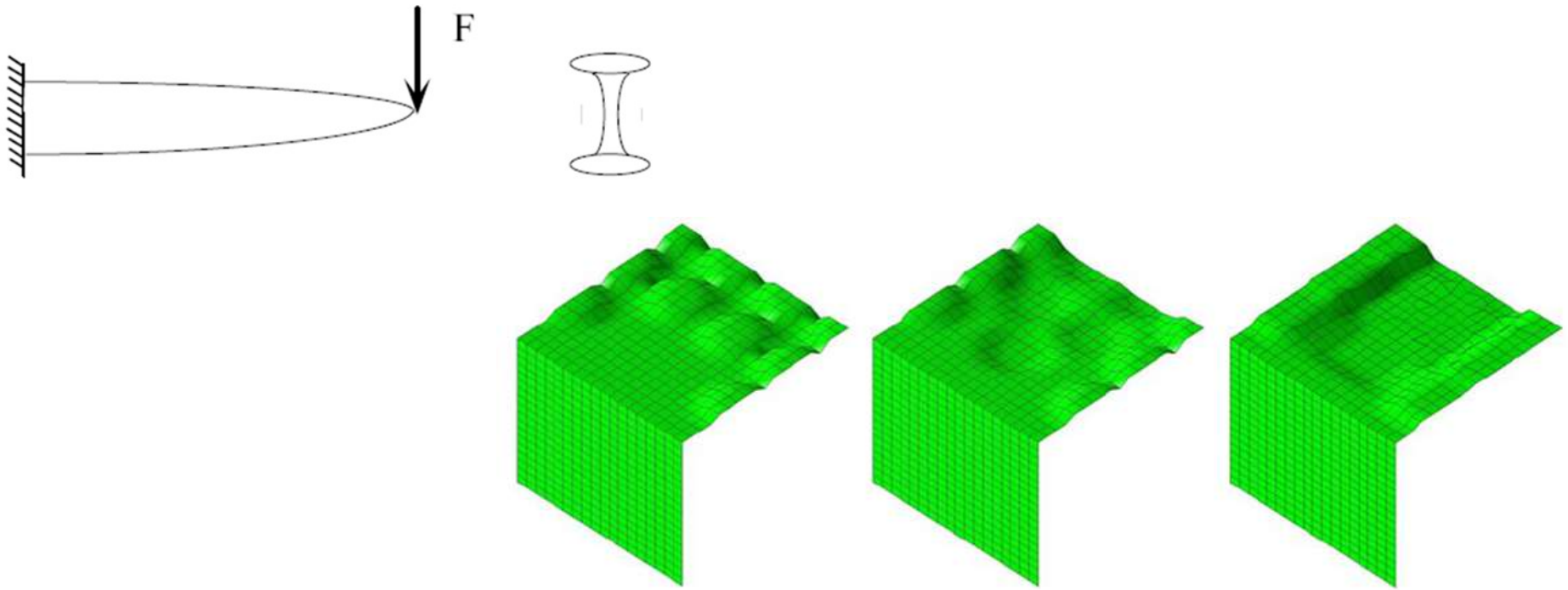
# Топологична оптимизация. Пример 2



ANSYS100  
WORKBENCH

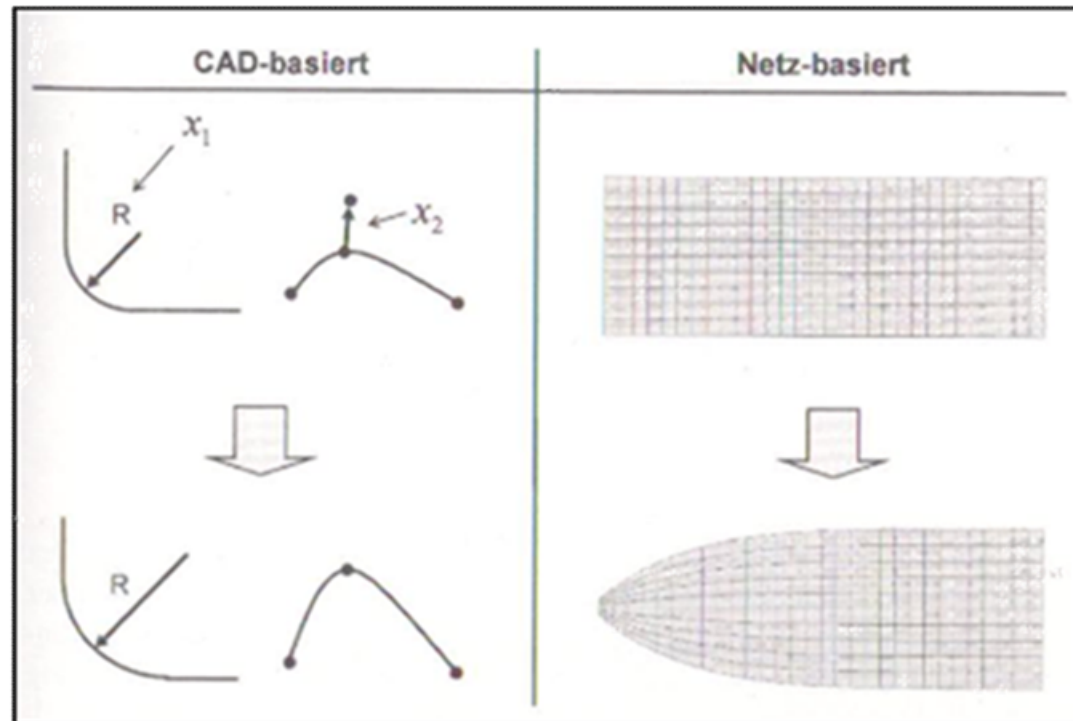
# Оптимизация на формата

При оптимизацията на формата се променят външните повърхнини на обекта. Това се осъществява чрез преместване на възлите на мрежата от крайни елементи, лежащи върху тези повърхнини, от което се генерира нова геометрия, напасната към конкретното натоварване.



# Оптимизация на формата

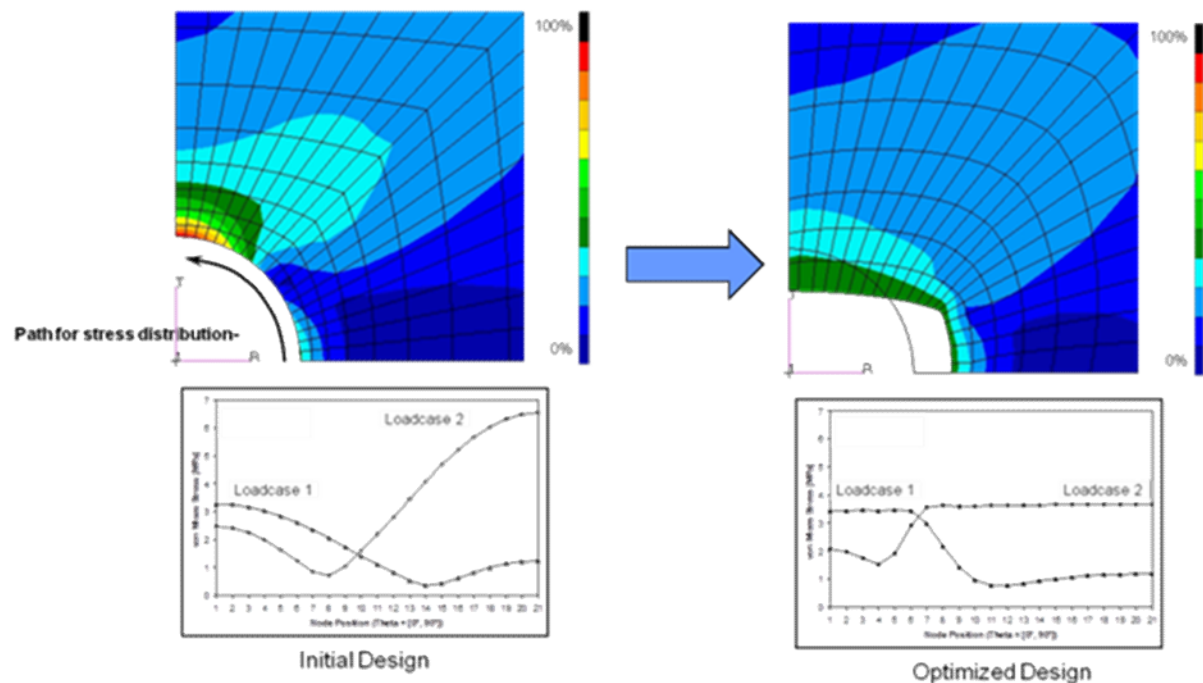
ОПТИМИЗАЦИЯ НА ФОРМАТА НА ДАДЕНА СТРУКТУРА (ОБЕКТ) СЕ ОСЪЩЕСТВЯВА ЧРЕЗ ВАРИРАНЕ НА ФОРМАТА НА НЕГОВИТЕ ВЪНШНИ КОНТУРИ. ЕДНА ОТ ГЛАВНИТЕ СФЕРИ НА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТОЗИ ТИП ОПТИМИЗАЦИЯ Е ЗА РЕДУЦИРАНЕ НА ПИКОВЕ НА НАПРЕЖЕНИЯ И УВЕЛИЧАВАНЕ НА ЖИЗНЕНИЯ ЦИКЪЛ НА ИЗДЕЛИЕТО.





# Оптимизация на формата

Оптимизацията може да се прилага както локално върху отделни области с висока концентрация на напрежения, така и глобално върху големи повърхности от разглежданата структура. Чрез глобална хомогенизация на напрежението се дава възможност за допълнително намаляване на масата на разглеждания обект.



# Интегрална оптимизация

СЪЧЕТАВАНЕ НА ЕДНА ИЛИ ПОВЕЧЕ ОТ ОСНОВНИТЕ ВИДОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННИ ЗАДАЧИ (ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМИЗАЦИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ НА ФОРМАТА, ТОПОЛОГИЧНА ОПТИМИЗАЦИЯ) С ИЗБОР НА ТЕХНОЛОГИЯ НА ПРОИЗВОДСТВО И МАТЕРИАЛ, КАКТО И КОМБИНАЦИИ ОТ МАТЕРИАЛИ.

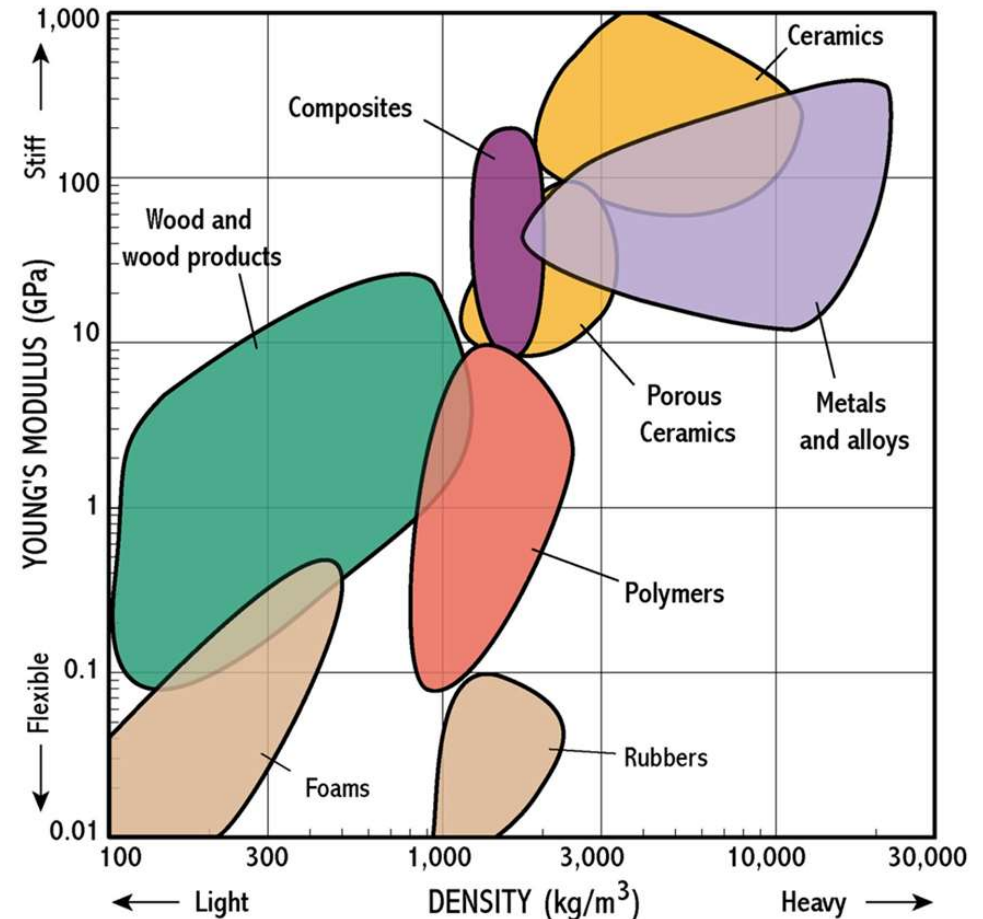
НАМАЛЯВАНЕТО НА СЕБЕСТОЙНОСТТА И/ИЛИ НА ТЕГЛОТО СА НАЙ-ЧЕСТО ЦЕЛЕВИТЕ ФУНКЦИИ ПРИ ИНТЕГРАЛНАТА ОПТИМИЗАЦИЯ.

ТОВА РАЗБИРА СЕ НЕ МОЖЕ ДА Е ЗА СМЕТКА НА ДРУГИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СТРУКТУРАТА КАТО КОРАВИНА, ВЛОШЕНО ДИНАМИЧНО ПОВЕДЕНИЕ, НАРУШЕНА ТЕХНОЛОГИЧНОСТ И ДР.

# Подходи за конструиране с цел интегрална оптимизация

- МАТЕРИАЛНО-ОРИЕНТИРАН**

**ПОДХОД:** ЗАМЕСТВАНЕ НА МАТЕРИАЛИ С ПО-ВИСОКО СПЕЦИФИЧНО ТЕГЛО КАТО СТОМАНА, ЧУГУН И ДР. ОТ ТАКИВА С ПО-НИСКО ТЕГЛО КАТО АЛУМИНИЕВИ, МАГНЕЗИЕВИ И ДР. СПЛАВИ, ПОЛИМЕРИ И МНОГОСЛОЙНИ МАТЕРИАЛИ ОТ ТИП „САНДВИЧ“ СТРУКТУРА. ТЪЙ КАТО ЛЕКИТЕ СПЛАВИ ИМАТ ПО-НИСКИ СТОЙНОСТИ НА МОДУЛА НА ЕЛАСТИЧНОСТ, Т.Е. ПО-НИСКА ЯКОСТ, СЕ ПРЕДОПРЕДЕЛЯ НЕОБХОДИМОСТТА КОНСТРУКЦИЯТА ДА БЪДЕ С „ПО-ЗДРАВА“ СТРУКТУРА, ЗА ДА СЕ ПОСТИГНЕ СЪЩАТА ЗДРАВИНА ПРИ НАМАЛЕНО ТЕГЛО.



# Подходи за конструиране с цел интегрална оптимизация

- **СТРУКТУРЕН ПОДХОД:** РАЗВИВАТ СЕ НОВИ КОНЦЕПЦИИ, КОИТО ПОЗВОЛЯВАТ ОТДЕЛНИ ДЕТАЙЛИ, В РАМКИТЕ НА ЕДНА КОНСТРУКЦИЯ ИЛИ ЦЕЛИ ГРУПИ (МОДУЛИ) ДА СЕ ПРЕКОНСТРУИРАТ ИЛИ ЗАМЕНЯТ С ПО-ЛЕКИ ИЛИ НАПЪЛНО ДА ОТПАДНАТ. ТРУДНОСТИТЕ ТУК ЗАСЯГАТ ОСНОВНО СЪЩЕСТВУВАЩИ КОНСТРУКЦИИ, ПРИ КОИТО „РАЗЧЛЕНЯВАНЕТО“, Т.Е. ОБОСОБЯВАНЕТО НА ОТДЕЛНИ ГРУПИ И НАМИРАНЕТО НА ПО-ДОБРО, ОПТИМАЛНО РЕШЕНИЕ Е В МНОГО СЛУЧАИ НЕВЪЗМОЖНО.
- **ФУНКЦИОНАЛЕН ПОДХОД:** ОЦЕНЯВА СЕ ЧРЕЗ Т.НАР. КАЧЕСТВЕН ФАКТОР. ТОЙ СЕ ПРЕСМЯТА ЧРЕЗ ОЦЕНКА НА ФУНКЦИОНАЛНИТЕ СВОЙСТВА НА КОНСТРУКЦИЯТА, КАТО ВСЯКО ФУНКЦИОНАЛНО СВОЙСТВО ПОЛУЧАВА ЕДНА КОЛИЧЕСТВЕННА ОЦЕНКА. ЧРЕЗ СУМИРАНЕ НА ВСИЧКИ ОЦЕНКИ СЕ ПРАВИ АНАЛИЗ, КОЙТО ПОКАЗВА КОИ ЗВЕНА, РЕСПЕКТИВНО ФУНКЦИИ НА КОНСТРУКЦИЯТА ТРЯБВА ДА СЕ ПОДОБРЯТ.
- **БИОНИЧНО-ОРИЕНТИРАН ПОДХОД:** ЗАИМСТВАТ СЕ СТРУКТУРИ ОТ ПРИРОДАТА. НАПРИМЕР, ЧРЕЗ ПРИНЦИПА НА РАВНОНАПРЕГНАТИТЕ ТЕЛА, СЪГЛАСНО КОЙТО ИЗРАСТВАТ ДЪРВЕТАТА, СЕ Е ДОСТИГА ДО ВЪЗМОЖНОСТТА ДА СЕ СЪЗДАДАВАТ ПО-ЛЕКИ И СЪЩЕВРЕМЕННО ПО-ЗДРАВИ ДЕТАЙЛИ.

# Пример за интегрална оптимизация

