

Lätta konstruktioner

VT2 7,5 hp halvfart

Lars Bark och Janne Carlsson





Torsdag 17:e maj 13:15 – 16:00

Material/kompositer PPU408 repetition

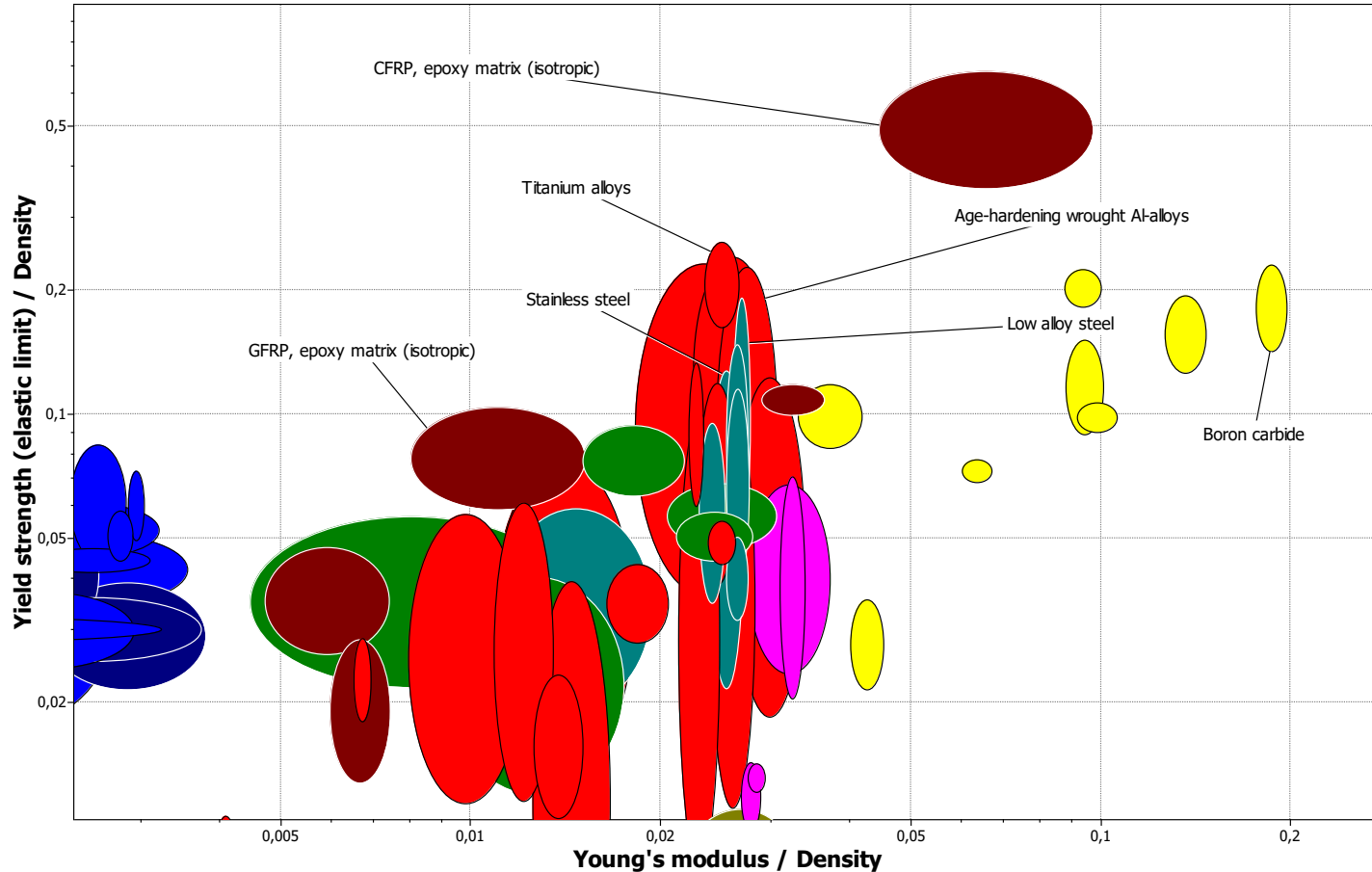
- Eftermiddagens agenda
 - Genomgång av viktiga delar från föreläsningarna
 - Exempel på tentamensfrågor



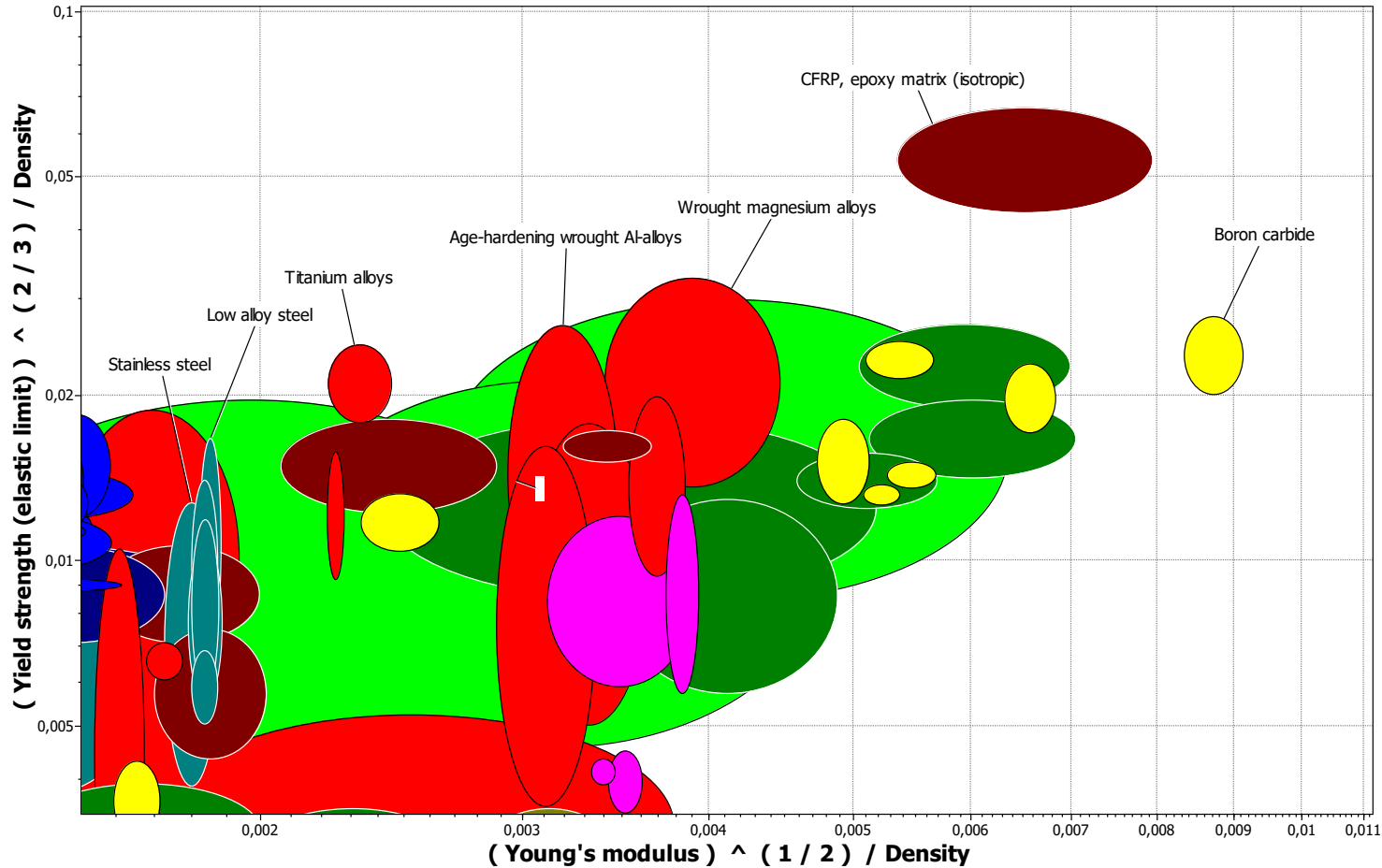
Designkrav från kundbehov

- Den ska hålla:
 - Vi kan ställa krav på att vår konstruktion ska klara en viss belastning.
 - Vi har krav på konstruktionens styrka
- Den ska fungera:
 - Vi kan ställa krav på konstruktionens styvhet uttryckt i en maximalt tillåten deformation.
 - Vi har krav på konstruktionens styvhet
- Den ska vara lätt:
 - Vi vill ha en lättviktskonstruktion med en låg massa.

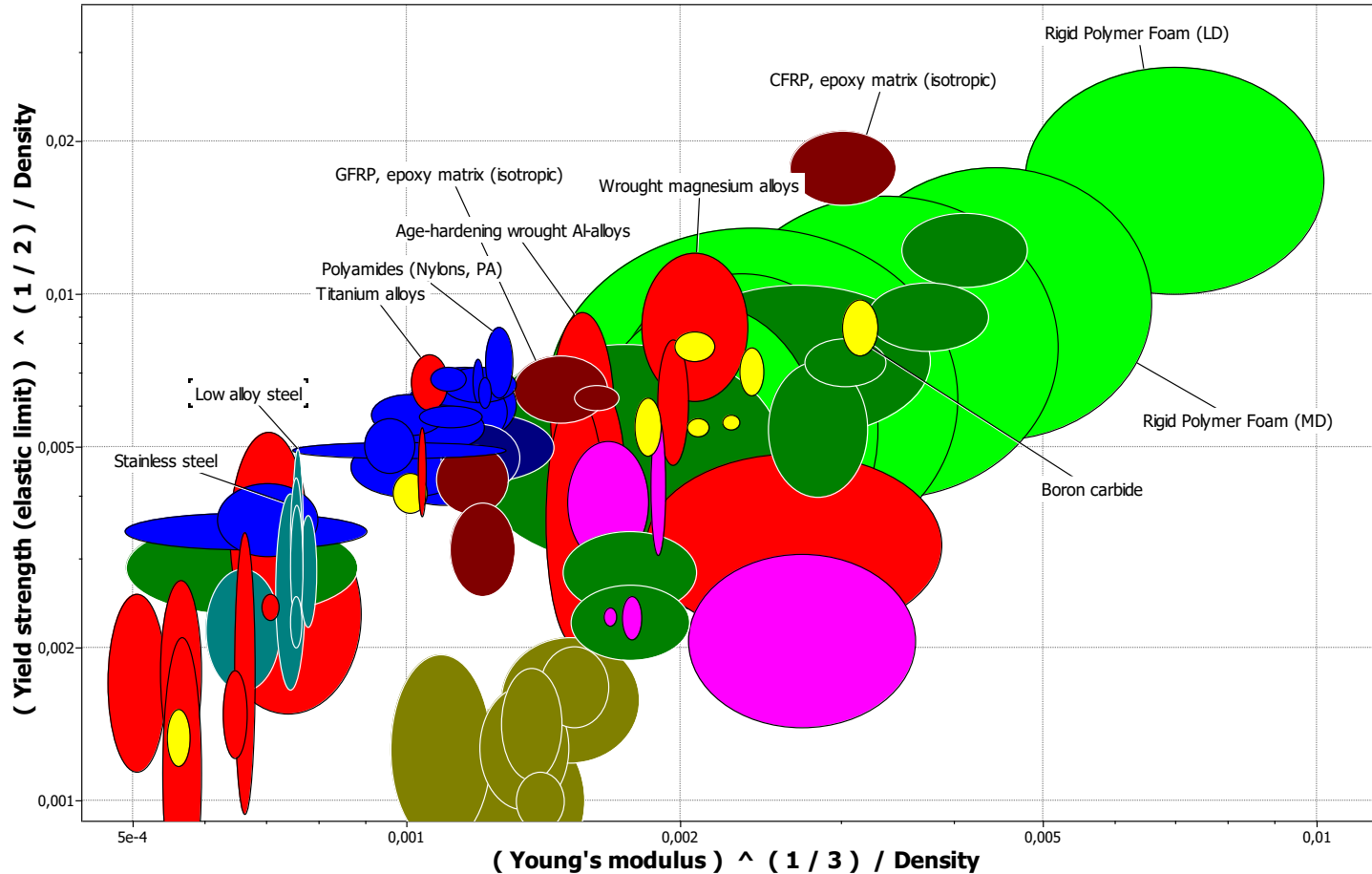
Optimala materialindex för en dragstång



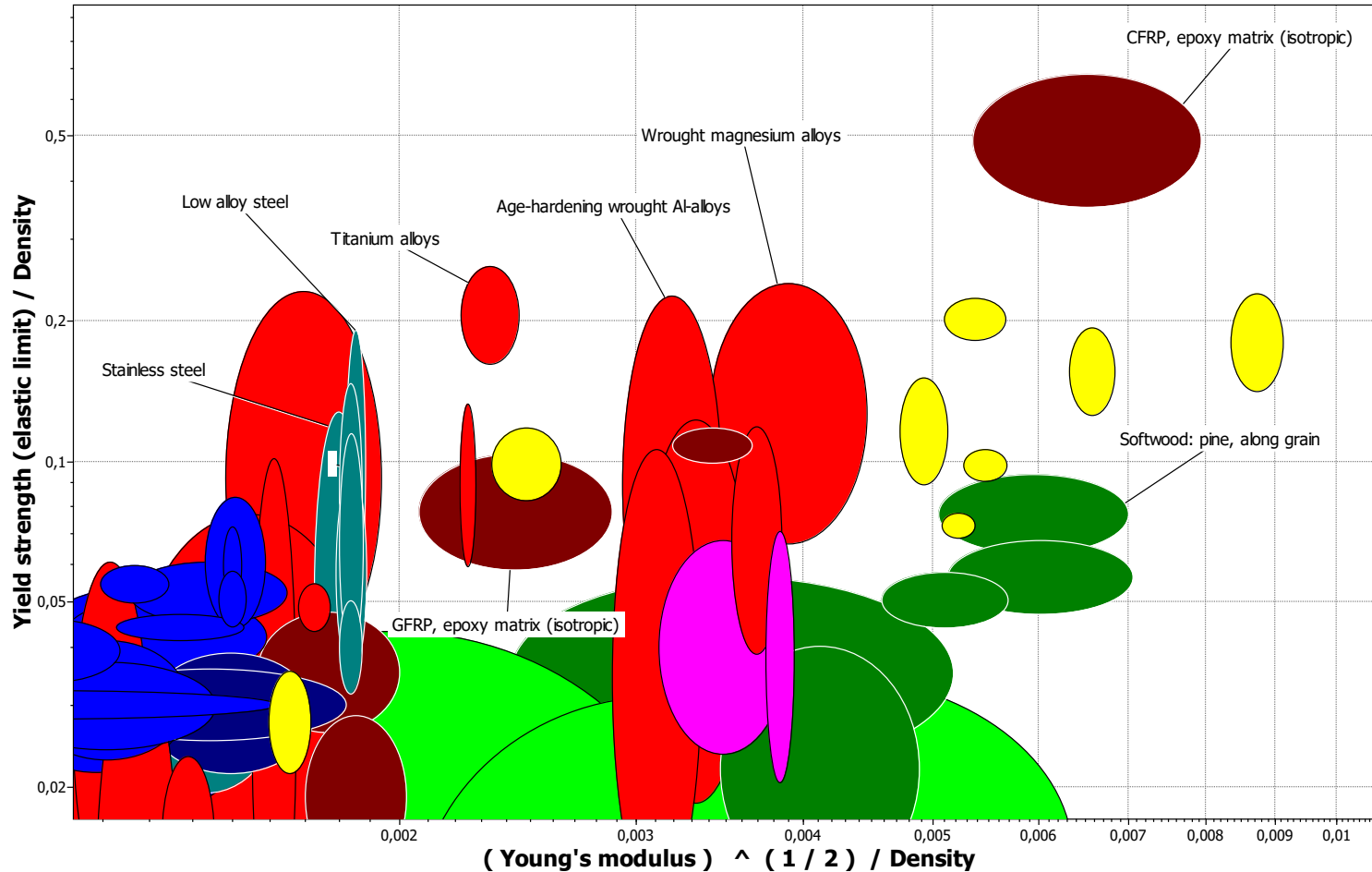
Optimala materialindex för en balk



Optimala materialindex för en panel



Optimala materialindex för en sträva



Grafer med materialindex

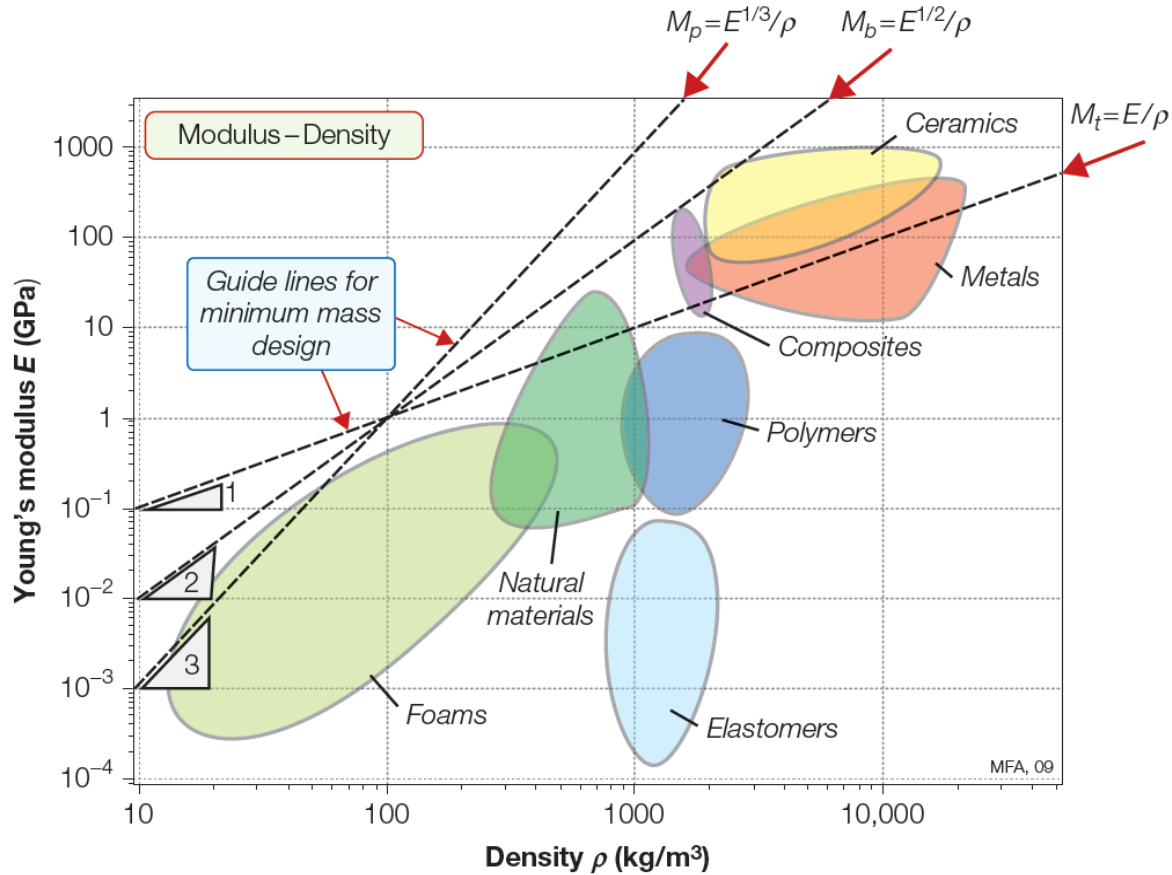


Figure 5.9



Vad är kompositer?

- Ordet komposit kommer från latinets "compositum" som betyder sammansatt
- En definition av komposit
 - En struktur som består av fler än ett material, sammansatta på ett sådant sätt att karakteristiska egenskaper från dess enskilda material ger bidrag till komponenten (Från fiber till komposit).



Några vanliga fibrer

- Organiska fibrer
 - Polyamidfiber (PA, Nylon)
 - Polyesterfiber (PET, Polyetentereftalat)
 - Polyolefinfiber (PE, Polyeten, PP, polypropen)
 - Aramidfiber (Kevlar)
- Oorganiska fibrer
 - Glasfiber
 - Kolfiber
 - Borfiber
 - Aluminiumoxidfiber
 - Kiselkarbidfiber
 - Wolframfiber



Polymermatriskompositer, PMC

- Plast är en polymer med tillsatser
 - Ordet plast kommer från grekiska "plasticos" som betyder formbar
 - Fiberförstärkt plast introducerades under andra världskriget
- Polymerer delas upp i:
 - Härdplaster
 - Termoplaster
- Polymermatriskompositer, PMC (polymer matrix composites)
 - Fördelar: viktminskning, korrosionsbeständighet, buller- och vibrationsdämpning, lägre tillverkningskostnader
 - Nackdelar: låg maximal användningstemperatur, känsligt för fukt, UV-ljus och kemikalier



Vanliga härdplaster

- Epoxiplast, EP
 - Goda mekaniska egenskaper
 - Kraftigt allergiframkallande
- Polyester, PE
 - Avger styren och kräver mycket god ventilation
- Tillverkas av formbar ännu ej förnätad polymer, harts (resin)
- Härdningsmedel startar en kemisk reaktion som bildar en nätstruktur som gör plasten styvare och temperaturtåligare



Vanliga termoplaster

- Polyamid, PA Nylon
 - Acetalplast, POM
 - Polyeten, PE
 - Polypropen, PP
 - Polykarbonat, PC
-
- Termoplast som matris har många fördelar: inga giftiga gaser, formsprutning med korta fibrer, hög fiberhalt, kan svetsas, hög slagseghet och lättare att reparera
 - Nackdelar: lägre tryckhållfasthet sämre utmattningsegenskaper och sämre värmetålighet

Formfaktorn, Φ

- Mekanisk effektivitet uppnås genom att kombinera material med form
- Formen karakteriseras av en dimensionslös formfaktor, Φ

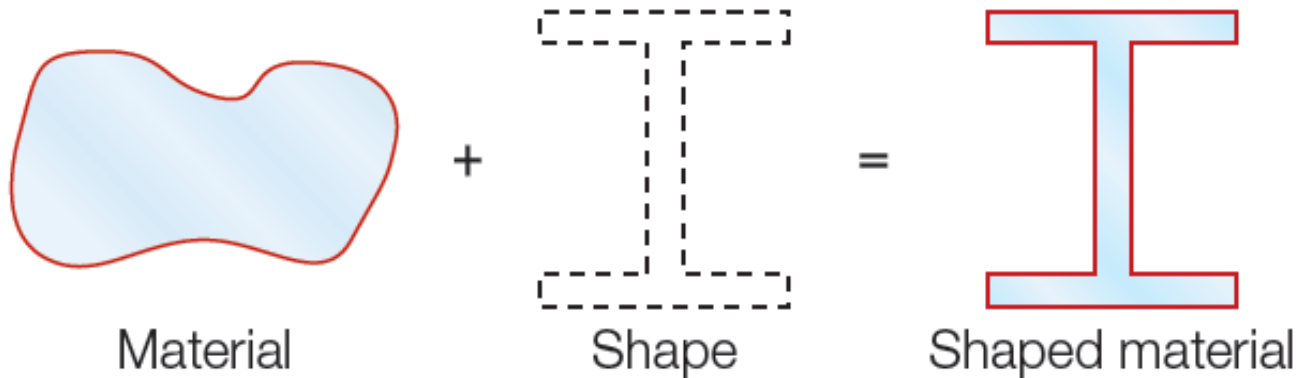


Figure 9.2

Optimal form beror på belastningen

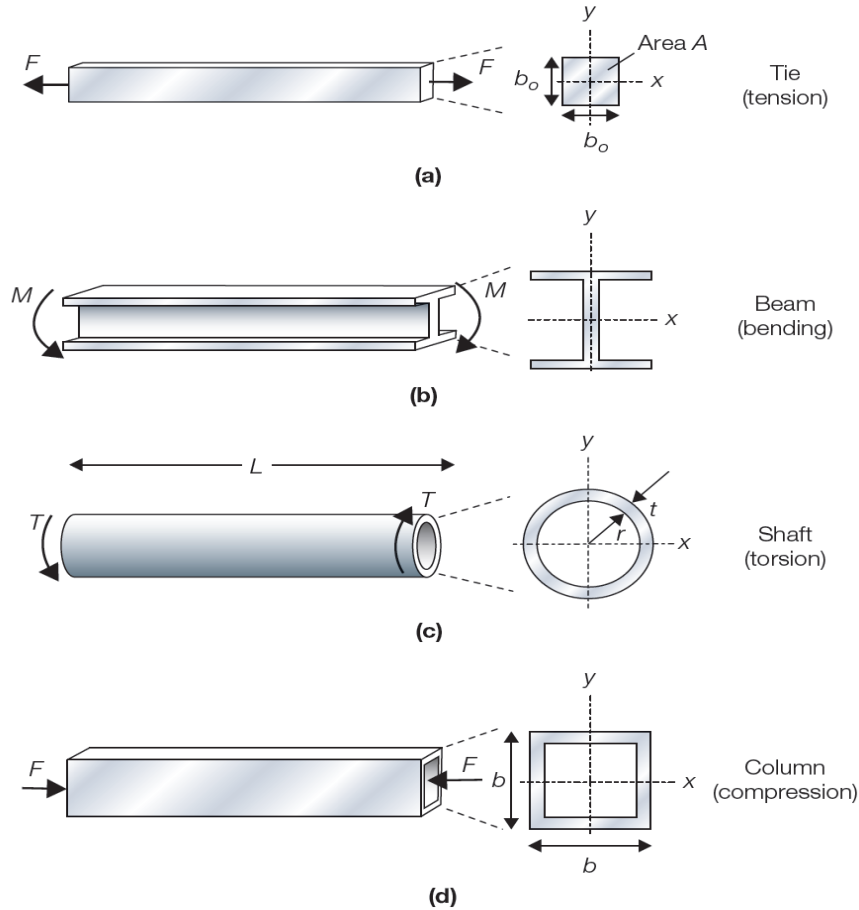


Figure 9.3

Empiriska gränser för formfaktorn

Table 9.4 Empirical Upper Limits for the Shape Factors

ϕ_B^e , ϕ_T^e , ϕ_B^f , and ϕ_T^f

Material	$(\phi_B^e)_{\max}$	$(\phi_T^e)_{\max}$	$(\phi_B^f)_{\max}$	$(\phi_T^f)_{\max}$
Structural steel	65	25	13	7
6061 aluminum alloy	44	31	10	8
GFRP and CFRP	39	26	9	7
Polymers (e.g., nylons)	12	8	5	4
Woods (solid sections)	5	1	3	1
Elastomers	< 6	3	–	–



Materialindex som inkluderar form

- Styv och lätt balk:

$$M_1 = \frac{(\phi_B^e E)^{1/2}}{\rho}$$

- Styv och lätt axel:

$$M_2 = \frac{(\phi_T^e E)^{1/2}}{\rho}$$

- Stark och lätt balk:

$$M_3 = \frac{(\phi_B^f \sigma_f)^{2/3}}{\rho}$$

- Stark och lätt axel:

$$M_4 = \frac{(\phi_T^f \sigma_f)^{2/3}}{\rho}$$

Hål i materialrymden

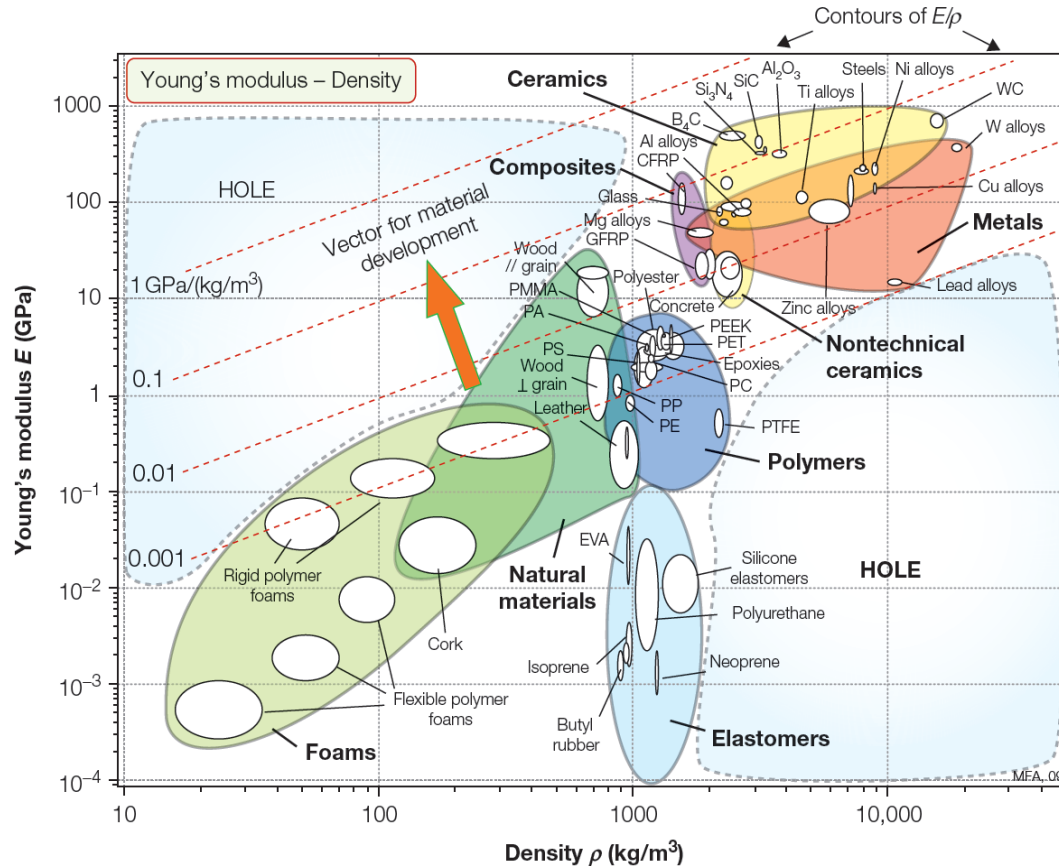


Figure 11.3

- Alla materialegenskaps-kartor har hittills haft hål.
- Dessa kan fyllas med väldesignade hybrider

Möjligheter med hybridmaterial

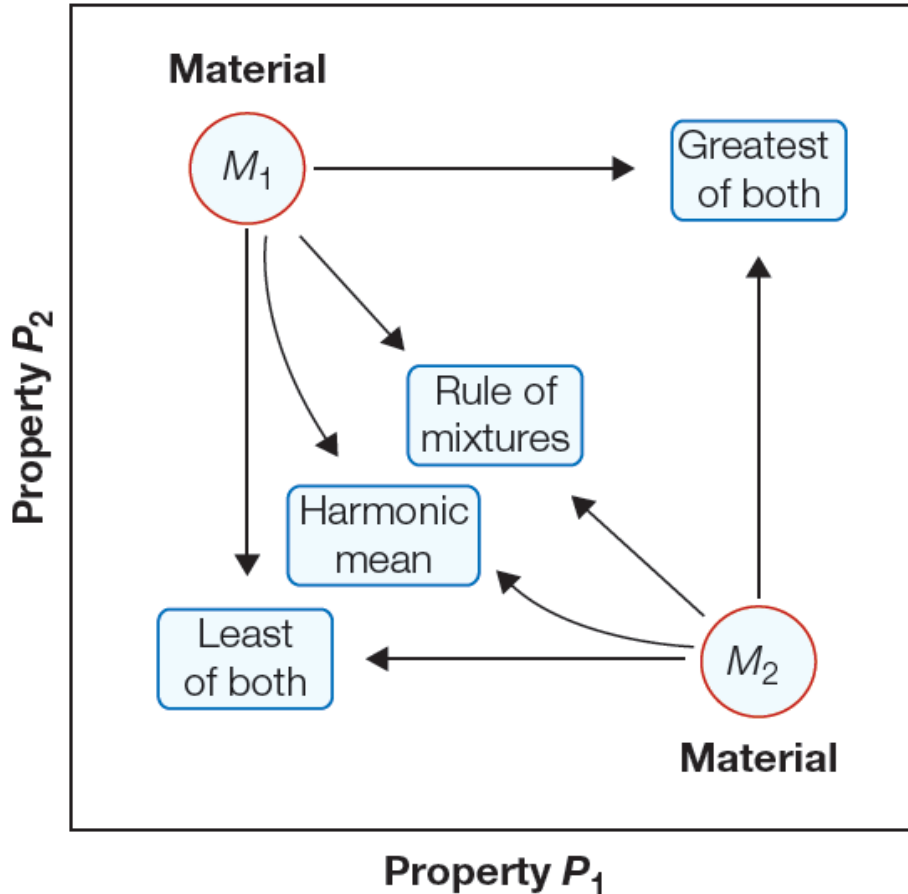


Figure 11.4

- En blandning av två material får en blandning av deras egenskaper
- ”Bäst av båda” när volyms-egenskaper kombineras med ytegenskaper, t.ex förzinkat stål eller glaserad keramik
- ”Blandningsregeln” när volymsegenskaper blandas fås ett medelvärde viktat av volymsandelen, t.ex. fiberkompositer i fiberriktningen
- ”Harmoniskt medelvärde” när svagaste länken dominerar, t.ex. styvheten hos partikelkompositer



Egenskaper för kompositer

- Densitet

$$\tilde{\rho} = f \rho_r + (1-f)\rho_m.$$

ρ_m – matrisens densitet
 ρ_r – förstärkningens densitet
 f – volymsandel för förstärkningen

- Elasticitiesmodul

- Övre gräns

$$\tilde{E}_u = f E_r + (1-f)E_m$$

- Undre gräns

$$\tilde{E}_L = \frac{E_m E_r}{f E_m + (1-f)E_r}$$

E_r – E-modul för förstärkningen
 E_m – E-modul för matrisen
 f – volymsandel för förstärkningen

Brottmekanismer i kompositer

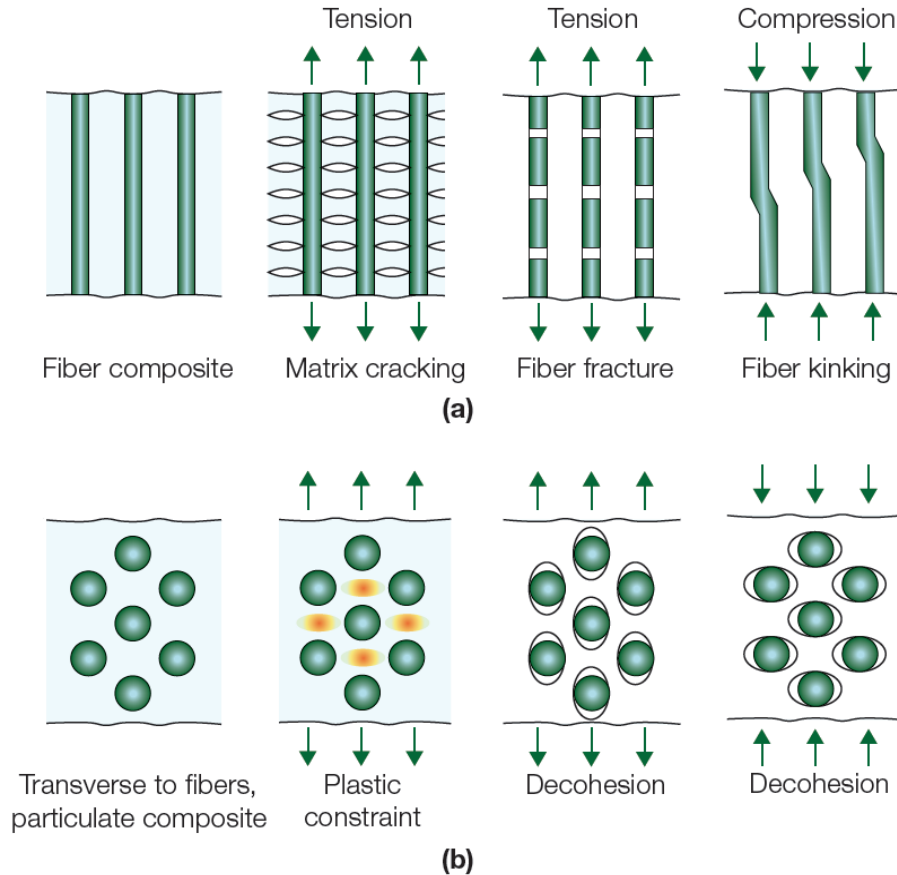


Figure 11.8

Styrka för kompositier

- Dragning – parallellt med fibrerna

- Övre gräns

$$(\tilde{\sigma}_f)_{u,a} = f(\sigma_f)_r + (1 - f)(\sigma_f)_m$$

- Undre gräns

$$(\tilde{\sigma}_f)_{L,a} = \text{Greater of } (f(\sigma_f)_r, (1 - f)(\sigma_f)_m)$$

- Dragning – tvärs fibrerna

- Övre gräns

$$\text{Lesser of } \begin{cases} (\tilde{\sigma}_f)_{u,t} \approx (\sigma_f)_m \left(\frac{1}{1 - f^{1/2}} \right) \\ (\tilde{\sigma}_f)_{u,t} \approx (\sigma_f)_r \end{cases}$$

- Undre gräns

$$(\tilde{\sigma}_f)_{L,t} \approx (\sigma_f)_m (1 - f^{1/2})$$

- Kompression – axiellt

$$(\tilde{\sigma}_c)_{u,a} = \frac{1}{9} \frac{(\sigma_f)_m}{2} \approx 14(\sigma_f)_m$$

Styrka

- Styrkan uppskattad för glasfiberarmerad epoxy
- Liten spridning i fiberriktningen
- Stor spridning tvärs fiberriktningen

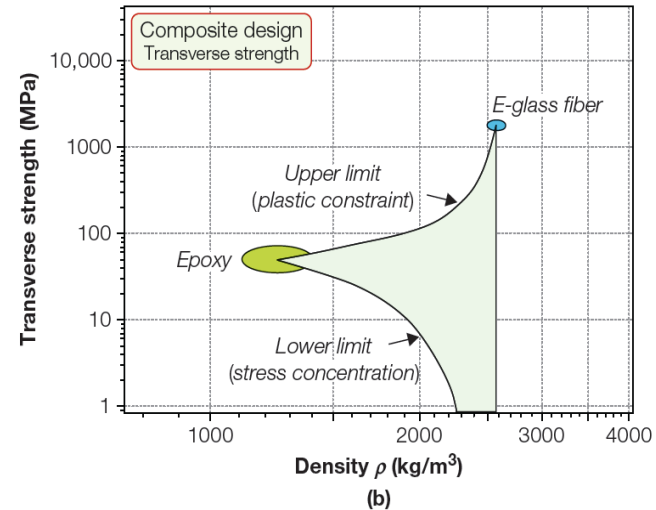
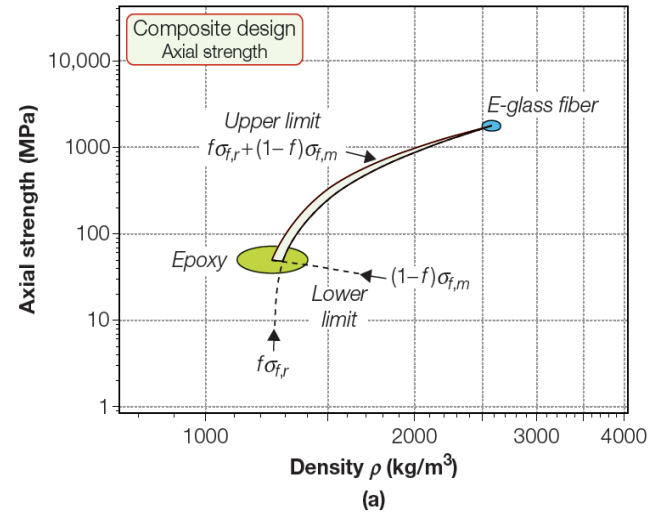


Figure 11.9

Sandwichkomposititer

- En sandwichpanel kombinerar två material, ett styvt material till täckskikten och ett lätt material som kärnmaterial för att optimera böjstyvheten och styrkan

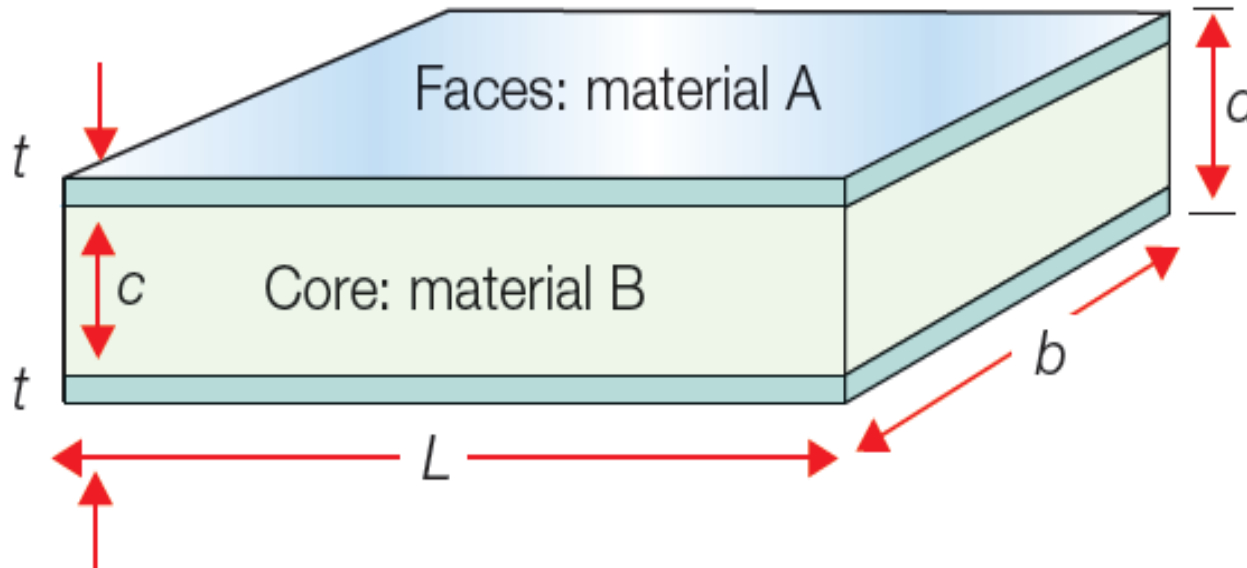


Figure 11.13

Ekvivalenta egenskaper för ett sandwichmaterial



- Densitet

$$\tilde{\rho} = f\rho_f + (1-f)\rho_c$$

- Styvhet

$$\frac{1}{\tilde{E}_{flex}} = \frac{1}{E_f \left\{ \left(1 - (1-f)^3 \right) + \frac{E_c}{E_f} (1-f)^3 \right\}} + \frac{B_1}{B_2} \left(\frac{d}{L} \right)^2 \frac{(1-f)}{G_c}$$

B1, B2 är konstanter som beror på belastningen se Tabell 11.3

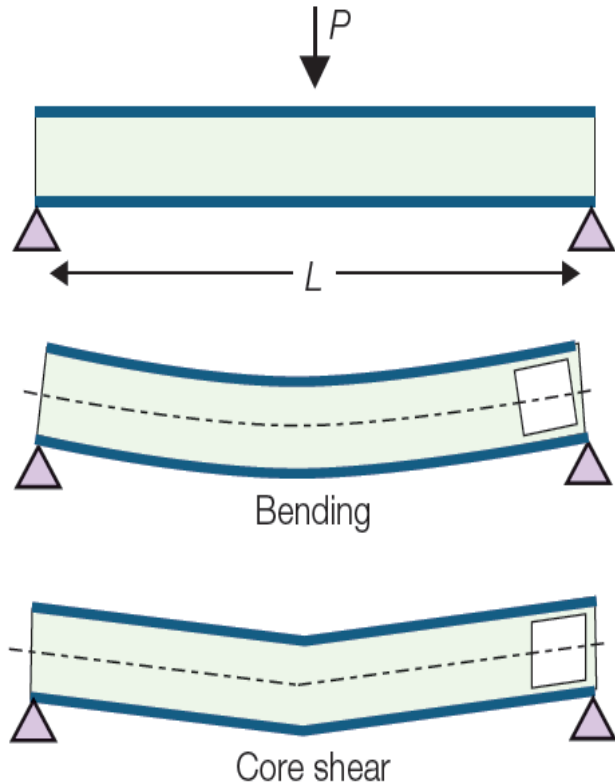
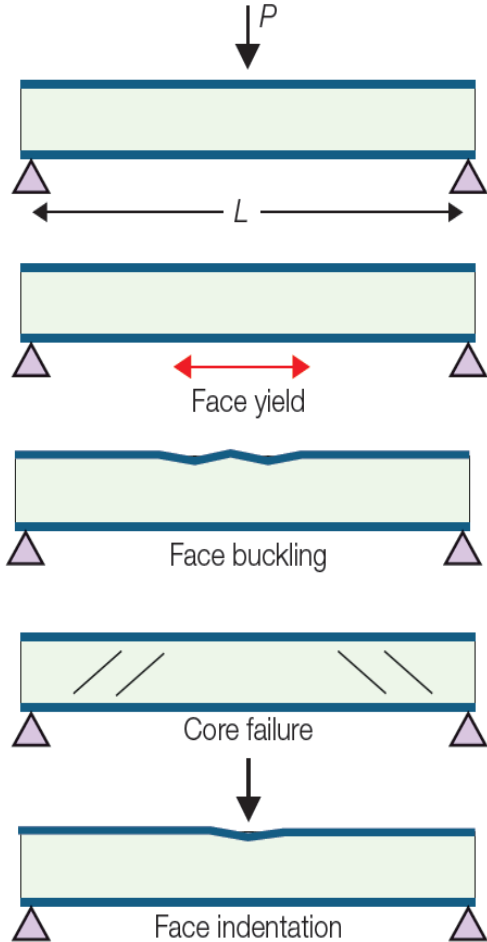


Figure 11.14

Brottmekanismer för sandwichpaneler



- Det finns flera brottmekanismer för sandwichpaneler
- Brottmekanismen med lägst styrka ger oss den ekvivalenta brottböjspänningen

- Plasticering av täckskikt

$$\tilde{\sigma}_{flex1} = \left(1 - (1-f)^2\right) \sigma_f + (1-f)^2 \sigma_c$$

- Buckling av täckskikt

$$\tilde{\sigma}_{flex2} = 1.14 f (E_f E_c^2)^{1/3}$$

- Skjuvning av kärnan

$$\tilde{\sigma}_{flex3} = \frac{B_4}{B_3} \left\{ 4 \frac{L}{d} (1-f) \tau_c + f^2 \sigma_f \right\}$$

Figure 11.15

Optimering av en lätt och styv panel

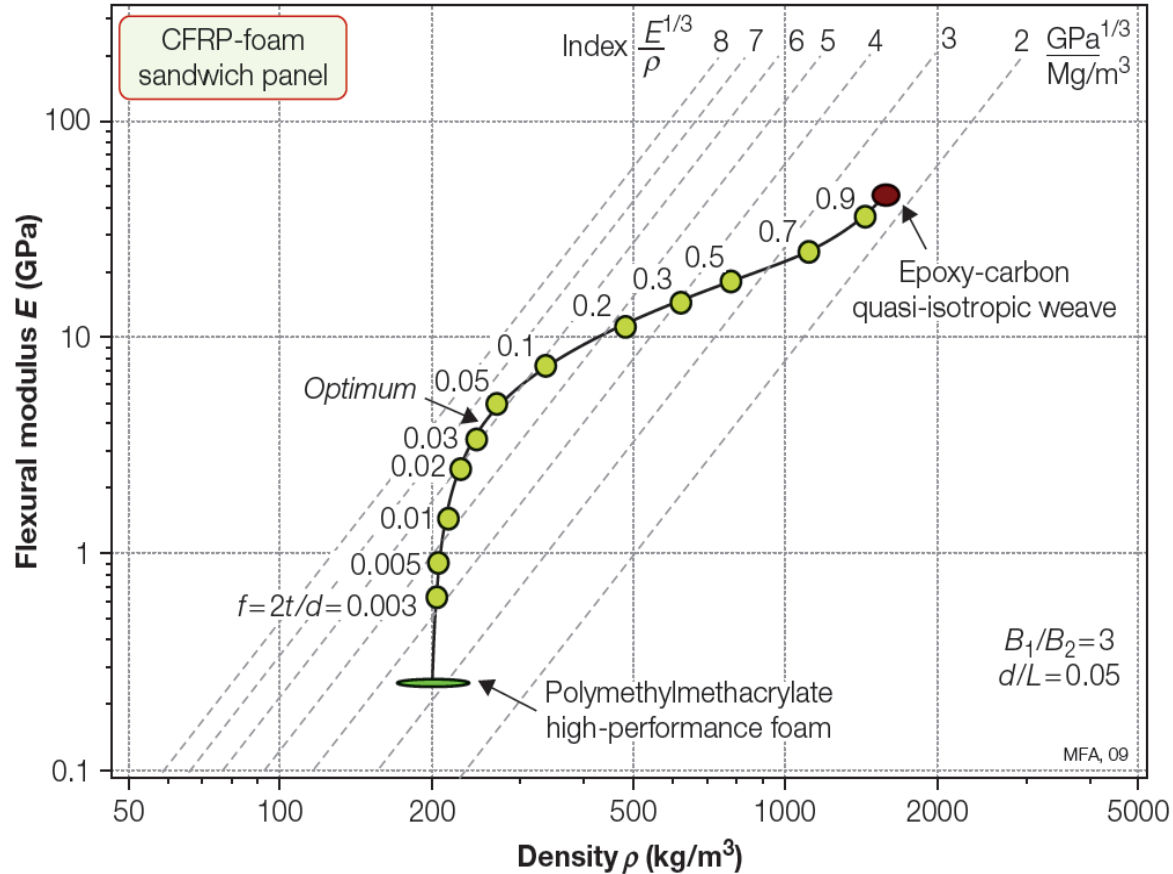


Figure 11.18

Optimering av en lätt och stark panel

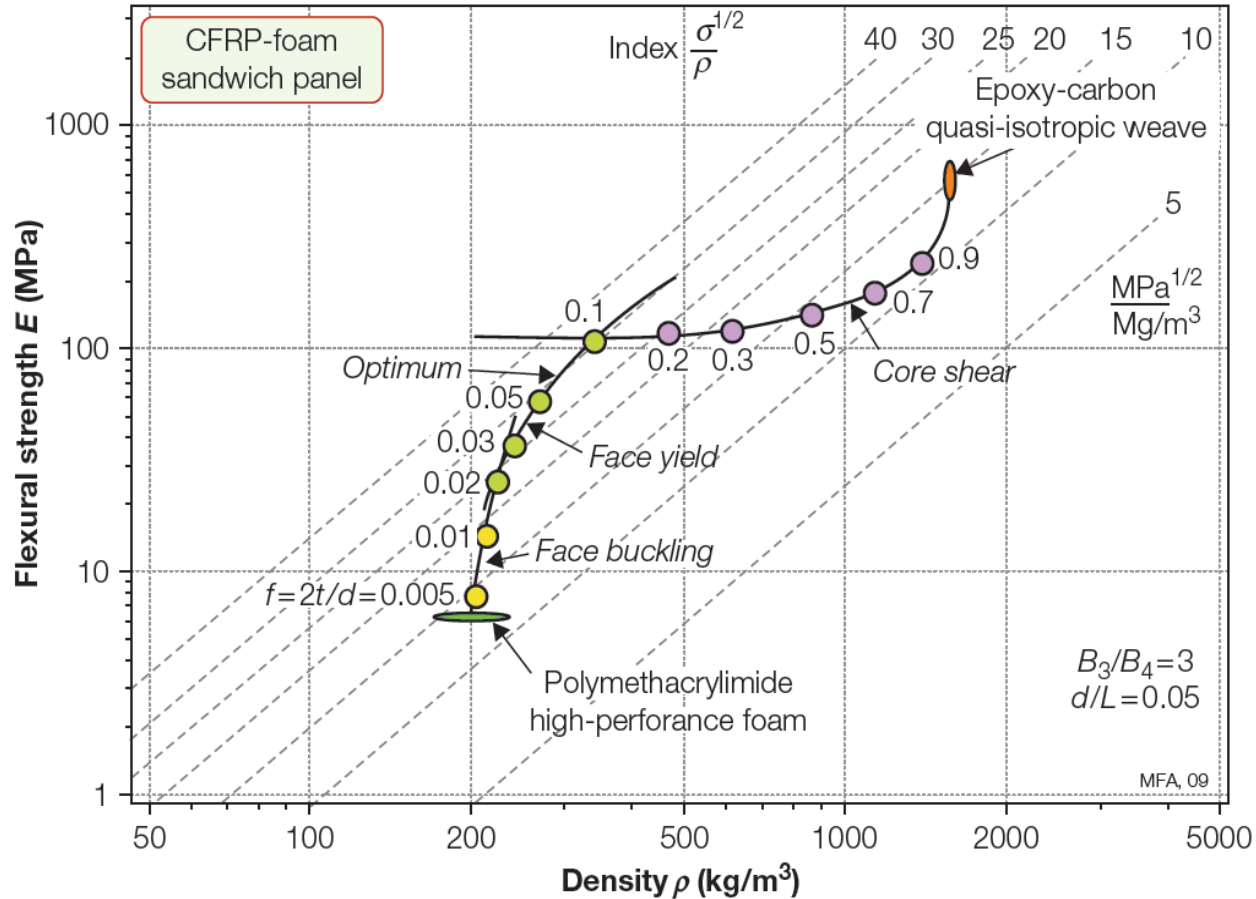


Figure 11.19



Exempel på tentamen

40p totalt varav 20 p på materialdelen

- **Uppgift 1** Några kortfrågor. 1p vardera (8p)
 - a) Vilka tre grundsamband har vi inom hållfasthetsläran?
 - b) Nämn en materialegenskap för materialets styrka.
 - c) Ge exempel på två oorganiska fibrer
- **Uppgift 2** Materialval (Totalt 4p)
 - Ange ett materialindex som är maximalt för en optimalt styv och lätt dragstång (2p)
- **Uppgift 3** Fibrer (2p)
 - Ge exempel på två organiska fibrer
- **Uppgift 4** Matrismaterial (2p)
 - Ange två fördelar med en termoplast som matrismaterial
- **Uppgift 5** Kompositer (4p)
 - Beräkna ekvivalenta böjbrottspänningen för plasticering av täcksiktet