

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## معرفی کامپوزیتها

امیر مسعود رضادوست

هشتمین دوره - کمپوزیت، بهمن ۱۳۸۴



## عناوین مورد بحث

- کامپوزیتها (تعریفها، خواص و روشها)
- وضعیت صنعت کامپوزیت در کشورهای توسعه یافته
- صنعت کامپوزیت ایران



## تعریف:

کامپوزیت، به ماده‌ای گفته می‌شود که حداقل از دو جزء متفاوت تشکیل یافته است. اجزای کامپوزیت از نظر شکل، ترکیب شیمیایی و خواص با هم متفاوت بوده، خواص کامپوزیت در مجموع از خواص اجزاء برتر می‌باشد.

گاهی این دو جزء را فاز می‌نامند:

فاز غیر پیوسته یا تقویت کننده

فاز پیوسته یا ماتریس

نکته: مقیاس مشاهده در این تعریف بسیار مهم است.



## کامپوزیت‌های پلیمری

### فاز پیوسته (ماتریس)

– پلیمر

– گرماسخت

– گرمانرم



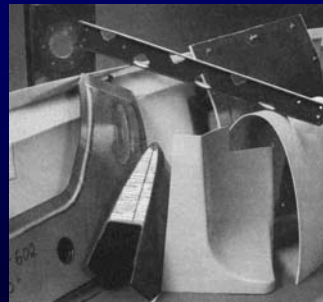
• Polymer “Matrices”

+



• “Reinforcement”

=



• “Composites”



## فاز تقویت کننده

الیاف -

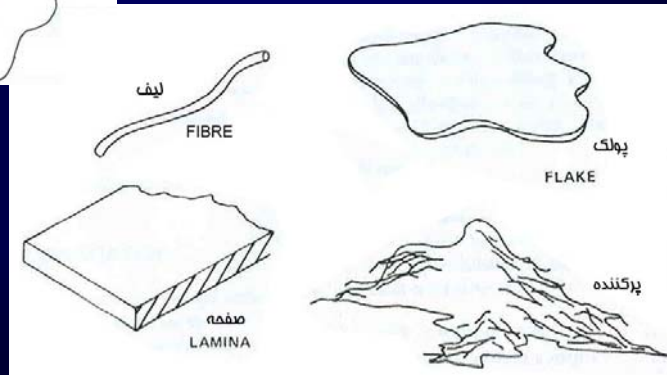
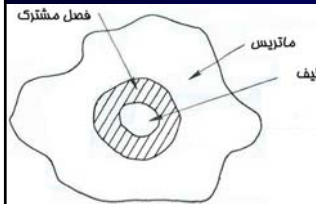
- الیاف مصنوعی

- الیاف طبیعی

- ذرات

- پولک

- ذره



## نقش ماتریس:

انتقال نیرو به تقویت کننده  
مقاومت در برابر حرارت  
مقاومت در برابر عوامل شیمیایی

## نقش تقویت کننده:

خواص مکانیکی (کشش، سفتی ضربه)

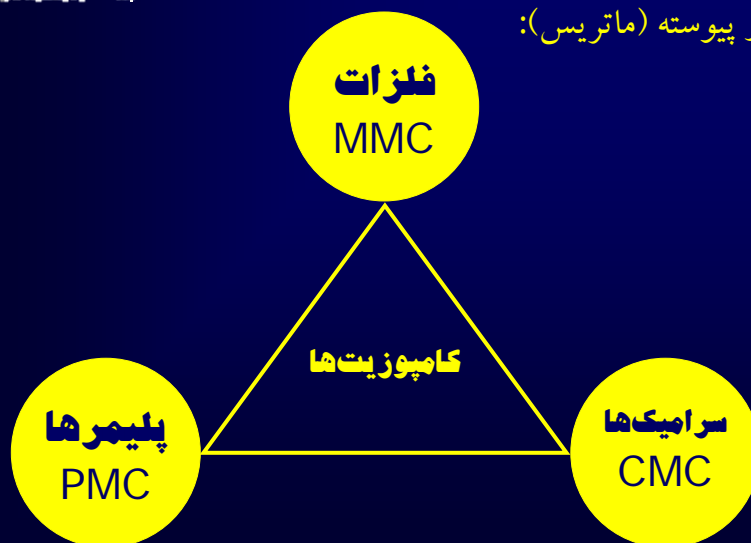


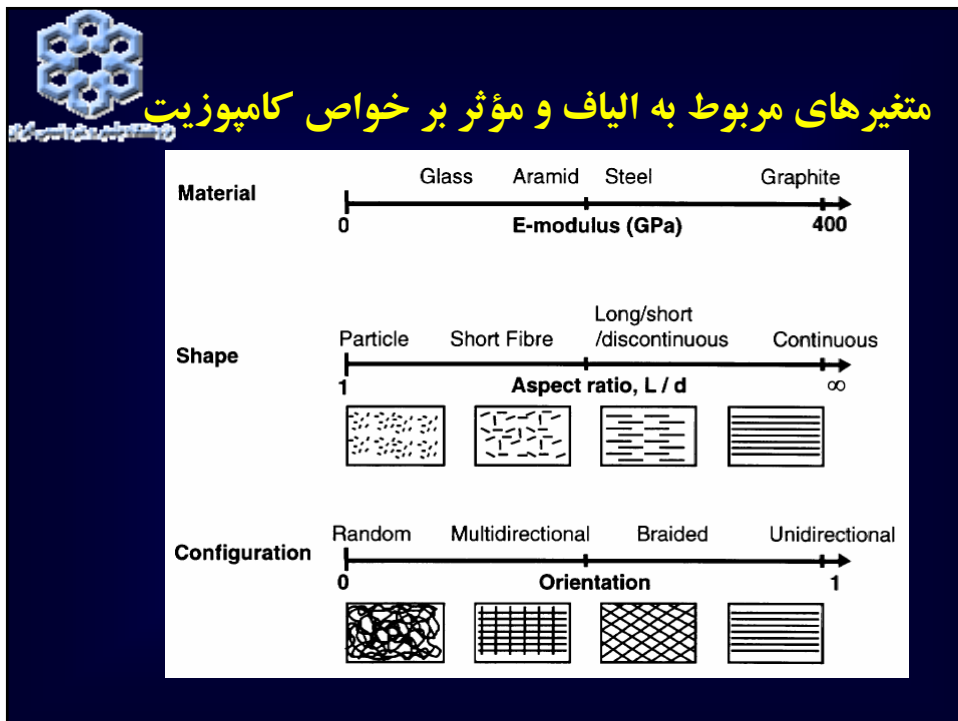
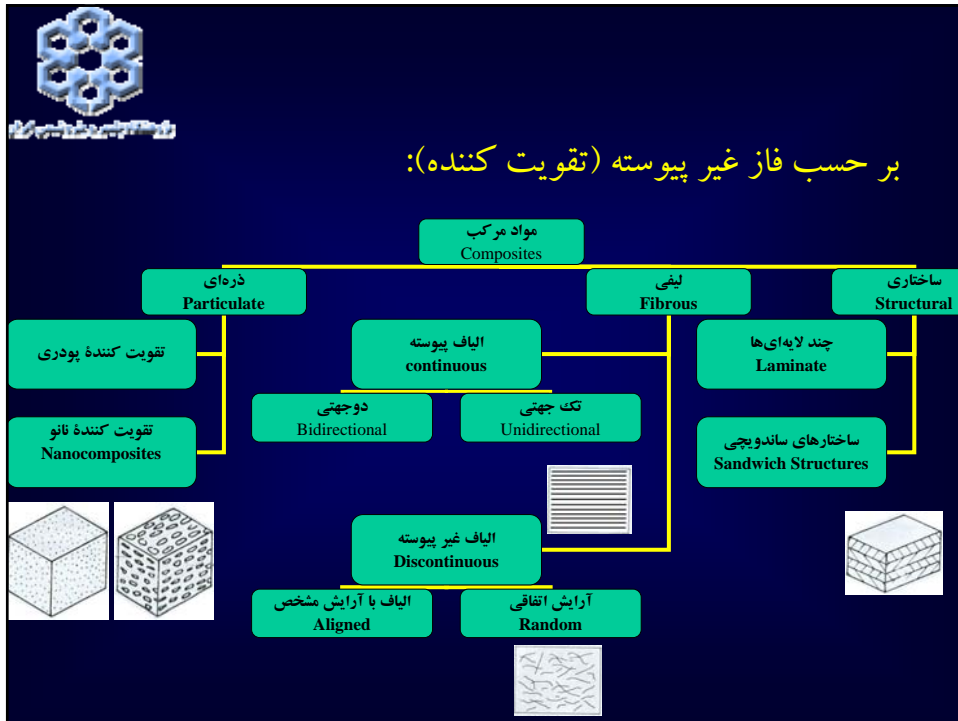
- عوامل مؤثر بر خواص کامپوزیت‌ها:
- ۱) خواص فازهای تشکیل دهنده آن (خواص الیاف و زمینه)
  - ۲) توزیع فازها
  - ۳) اثرات متقابل فازها بر یکدیگر
  - ۴) ابعاد ماده تقویت کننده شامل: شکل، اندازه و توزیع ذرات

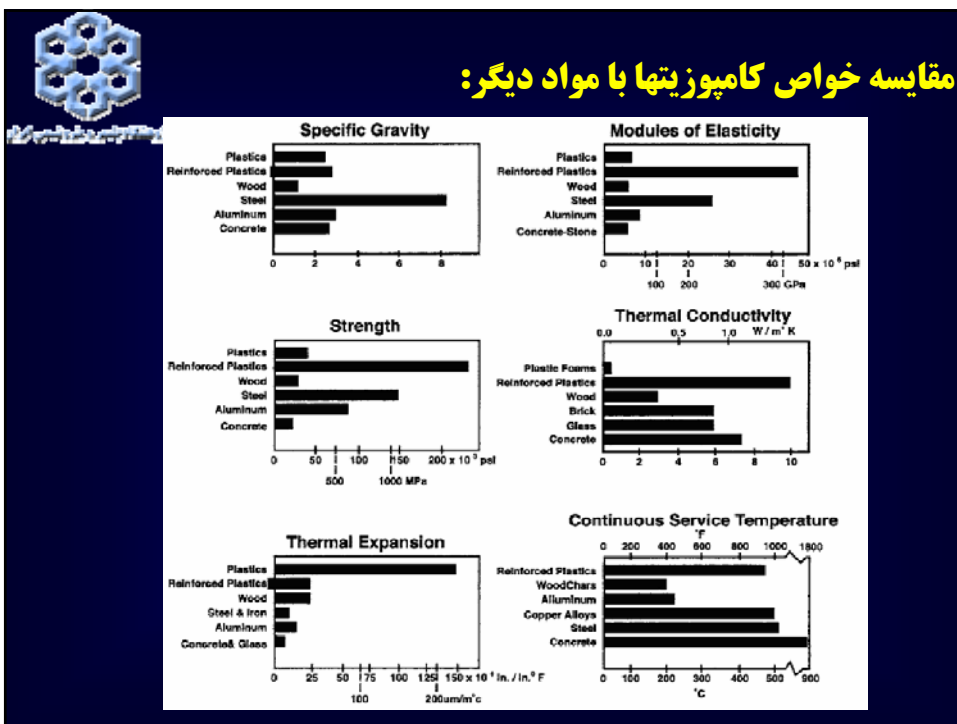


### تقسیم بندی کلی کامپوزیتها:

بر حسب فاز پیوسته (ماتریس):







### مزایا و محدودیت‌های کامپوزیت‌های پلیمری

#### مزایا

- وزن کم
- مدول و استحکام کششی ویژه بالا در جهت الیاف
- قابلیت دستیابی به خواص فیزیکی مورد نظر از طریق جهت دهی الیاف
- خواص خستگی و خزشی عالی
- مقاومت عالی در برابر مواد شیمیایی
- شفافیت در برابر امواج الکترومغناطیس
- عایق الکتریکی

#### محدودیت‌ها

- هزینه نسبتاً بالا
- دمای کارکرد نسبتاً پایین
- تأثیر منفی رطوبت بر روی خواص
- الیاف شکننده
- مشکلات بازیافت و تخریب ناپذیری در محیط زیست



## کاربردهای کامپوزیت‌های پلیمری

صنعت حمل و نقل (بدنه، دربها، کاپوت، سپرها، فنرهای ماشین، پیستون و میل پیستون، آنتن و میل‌گردان خودروها، ریل‌های راه آهن جهت قطارهای سبک)

صنایع هوا فضا (بدنه و بال هواپیما، مخزن سوخت، ملخ هلیکوپتر، مخازن تحت فشار، دماغه و کلاهک موشکها، بدنه موتور و نازل موشکها، لانچر موشکها)

کاربردهای دریایی (کشتی، قایق، سازه‌ها دریایی)

صنعت ساختمان (سیمان تقویت شده با الیاف شیشه، تقویت پلها بکمک کامپوزیتهای الیاف کربن، لوله‌های منازل، مخازن آب صنعتی، پلها، وان حمام، سینک ظرف شویی)



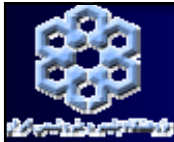
## کاربردهای کامپوزیت‌های پلیمری

صنایع شیمیایی (مخازن نگهداری مواد، لوله‌های انتقال)

صنایع برق و الکترونیک (جعبه کلیدهای برق فشارقوی، رادیاتور خنک کننده، عایقهای فشارقوی، مقره‌ها، صفحات مدارچاپی، قطعات کوچک الکترونی حساس، پروانه‌های نیروگاههای بادی)

صنایع ورزشی (راکت تنیس، کفش و میل‌های اسکی، دوچرخه‌های مسابقه، وسایل محافظ، قطعاتی از کفش ورزشی)

سایر صنایع (پزشکی، لوازم خانگی و تفریحی)



## وضعیت صنعت کامپوزیت در جهان

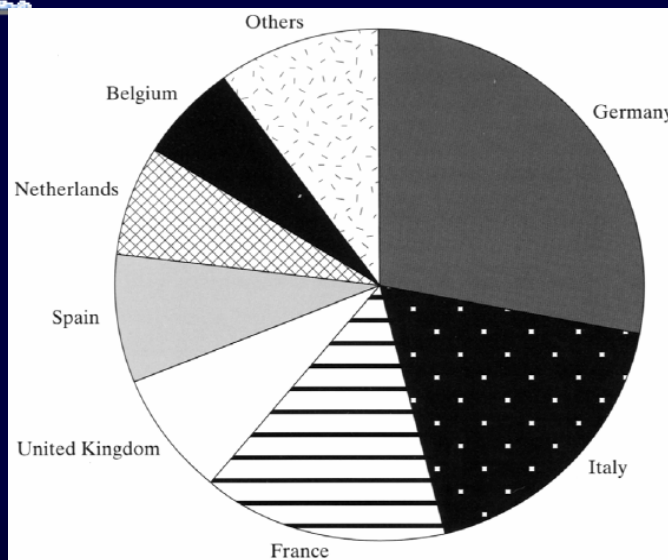
- حدود ۱۴۰۰/۰۰۰ تا ۱۴۵۰/۰۰۰ نفر در صنعت کامپوزیت بطور مستقیم مشغولند.
- گردش مالی سالانه این صنعت ۱۴/۵ میلیارد یورو تقمین زده می‌شود.
- در سال ۲۰۰۰ حجم تولید محصولات کامپوزیتی ۵/۶ میلیون تن بوده است.

	k tonnes	%
North America	1775	31%
South America	176	3%
W. Europe	1540	27%
E. Europe	357	6%
Middle East	119	2%
Asia-Pacific	1448	26%
Russia	126	2%
Africa	96	2%

UK Polymer Composites Sector, dti, Office of Science and Technology, 2001.



## سهم کشورهای مختلف در تولید مواد کامپوزیت در اروپا

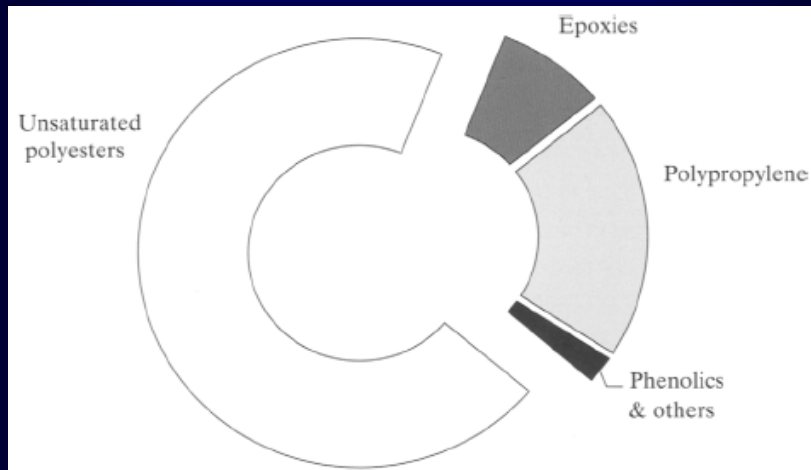


M. Biron, *Thermosets and Composites*, Elsevier, 2003.





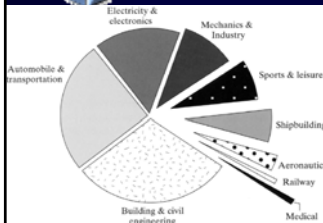
## سهم رزین‌های مختلف در صنعت کامپوزیت:



M. Biron, **Thermosets and Composites**, Elsevier, 2003.



## توزیع مصرف کامپوزیتها بر حسب کاربرد

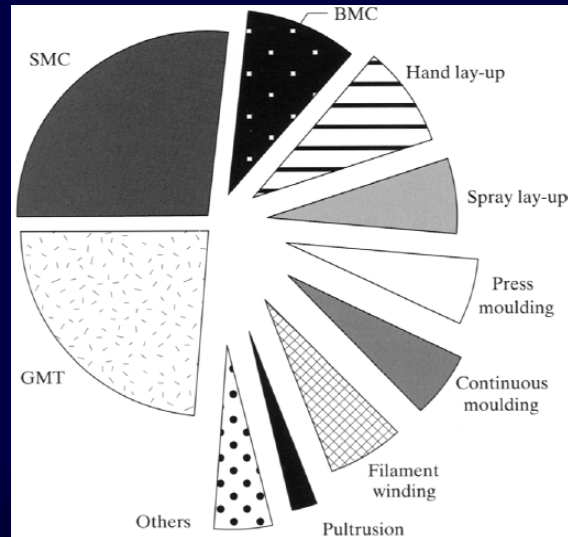


Market	Total for all plastics, %	Composites, %
Building & civil engineering	24	30
Automotive & transportation	13	25
Electricity & electronics	7	16
Mechanical & industrial		10
Sports & leisure	5	8
Shipbuilding		6
Aeronautics		3
Medical	1	1
Railway		1
Others	7	
Total	57	100

M. Biron, **Thermosets and Composites**, Elsevier, 2003.



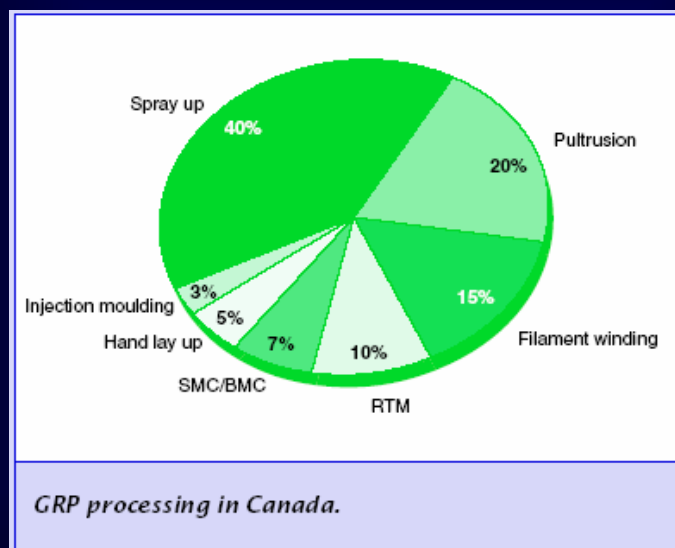
## سهم فرآیندهای مختلف در تولید کامپوزیتها



M. Biron, **Thermosets and Composites**, Elsevier, 2003.

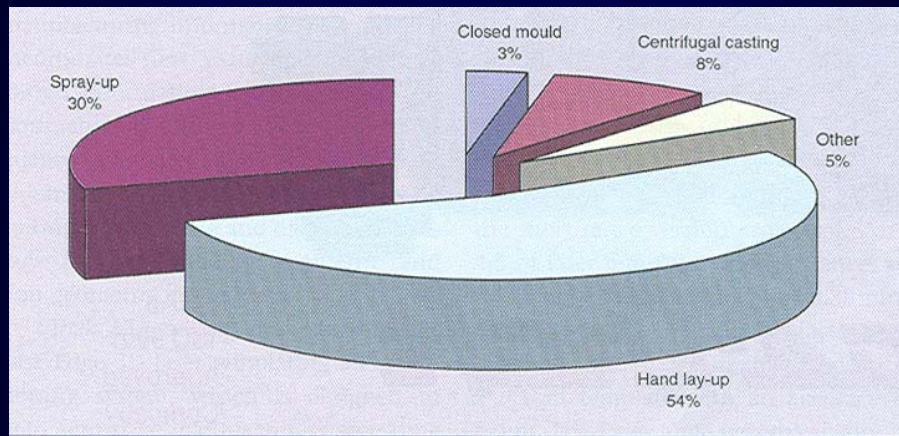


## سهم فرآیندهای مختلف در صنعت کامپوزیت کانادا





## سهم فرآیندهای مختلف در اروپای شرقی



Composites processes used in Central and Eastern Europe (including: Czech Republic, Poland, Slovakia, Hungary, Romania, Bulgaria, Ukraine, Belarus, Moldova, Baltic states and Russia). (Source: Reichhold.)



## سرانه مصرف الیاف شیشه برحسب منطقه جغرافیایی

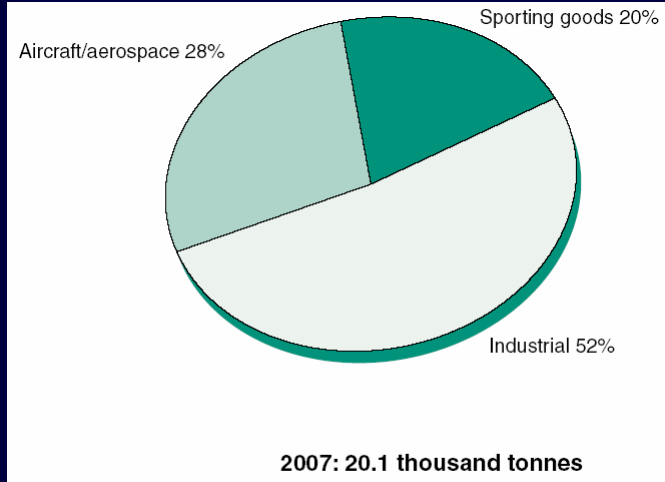
Table 2.8: Regional Output of Composites per Capita<sup>4</sup>  
(1998 Figures)

kg per capita			kg per capita		
Western Europe	<b>UK</b>	<b>3.50</b>	South America	Argentina	0.97
	Austria	4.10		Brazil	0.64
	Belgium	4.60		Chile	0.48
	Denmark	4.90		Colombia	0.22
	Finland	5.10		Venezuela	0.65
	France	4.70		Others	0.18
	Germany	3.20	Middle East	Bahrain/Saudi Arabia/ Qatar/Kuwait/UAE	2.40
	Greece	2.00		Egypt/Israel	0.60
	Ireland	3.00		Others	0.30
	Italy	4.40	Asia-Pacific	Australia	2.40
	Luxembourg	6.40		China	0.22
	Netherlands	4.50		India	0.05
	Portugal	2.90		Indonesia	0.16
	Spain	4.60		Japan	5.29
	Sweden	4.50		South Korea	1.52
Eastern Europe	Czech Republic	1.75		Malaysia	1.10
	Others	1.25		New Zealand	2.00
				Taiwan	4.30
North America	Canada	2.90		Others	0.15
	United States	6.50	Russia	All regions	0.82
	Mexico	0.71			
Africa	South Africa	1.06			
	Others	0.16			

UK Polymer Composites Sector, dti, Office of Science and Technology, 2001.



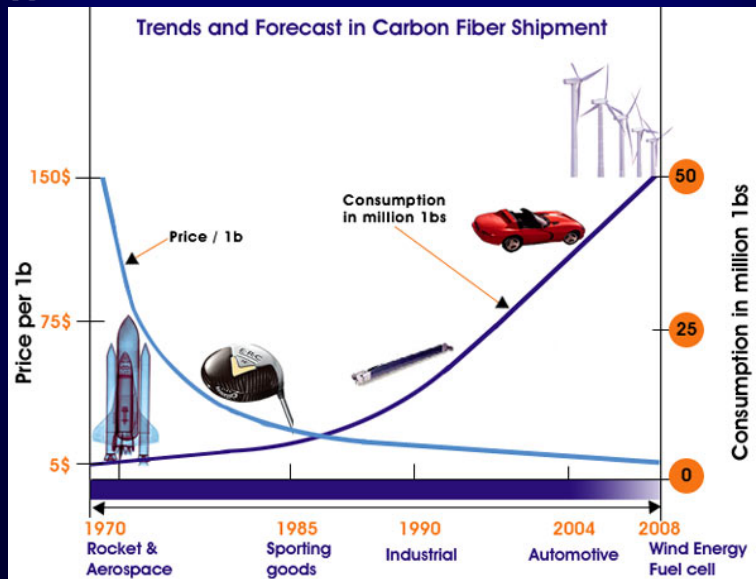
## توزیع مصرف الیاف کربن برحسب کاربرد



Carbon fibre consumption in the industrial regions - Japan, the USA and Western Europe (% by market). (Source: SRI Consulting.)



## گسترش کاربرد الیاف کربن





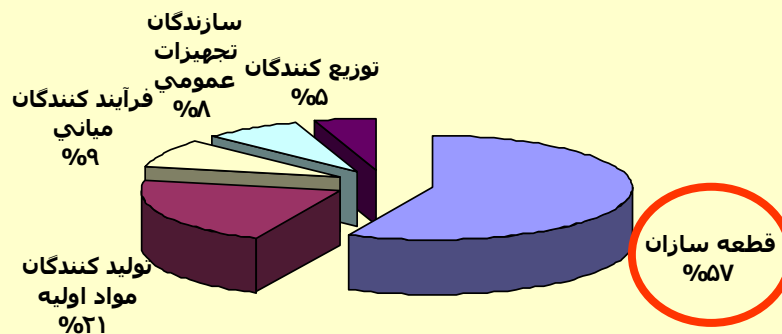
## توزیع تولید الیاف کربن (بر حسب تن)

Region	1999		2004		2009	
	MT	% Mkt Share	MT	% Mkt Share	MT	% Mkt Share
United States	6600	40%	7000	32%	11400	36%
Europe	2500	15%	4000	18%	6700	21%
Japan	7000	42%	9700	44%	11600	37%
Other	600	4%	1200	5%	2000	6%
Total Production	16700		21900		31700	

Red, C, 2006, January, "Aerospace Will Continue to Lead Advanced Composites Market in 2006", Composites Manufacturing, Arlington, VA. pp. 24 – 33.



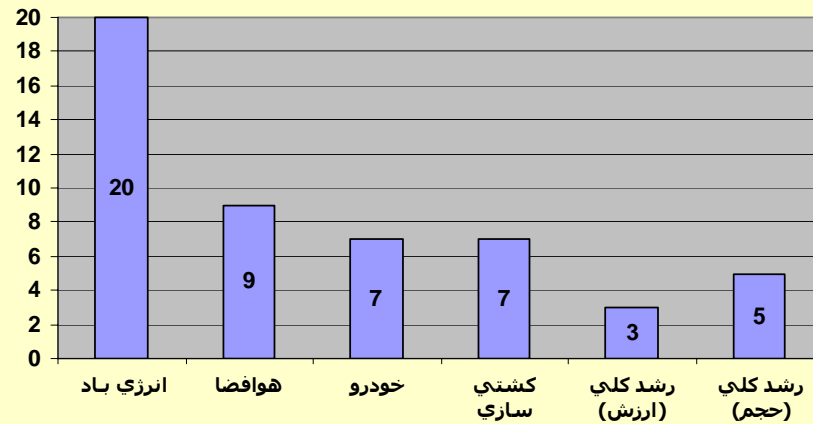
## توزیع شاغلین در بخشهای مختلف صنعت کامپوزیت



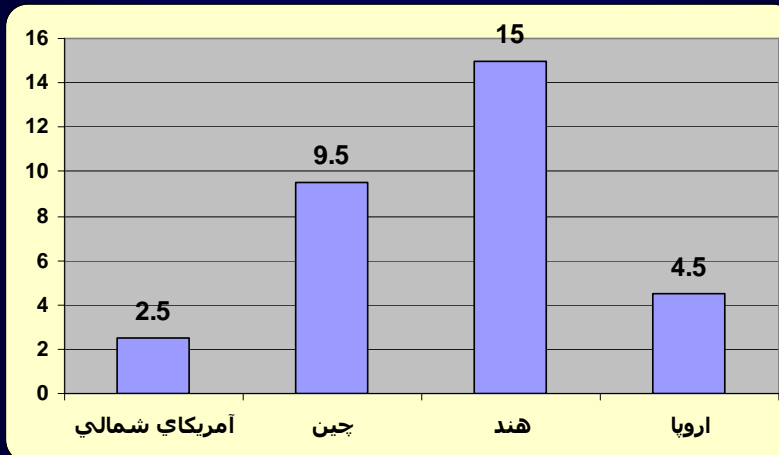
صنعت کامپوزیت، یک صنعت اشتغال‌زا است.



### رشد صنعت کامپوزیت در کاربردهای مختلف (%)

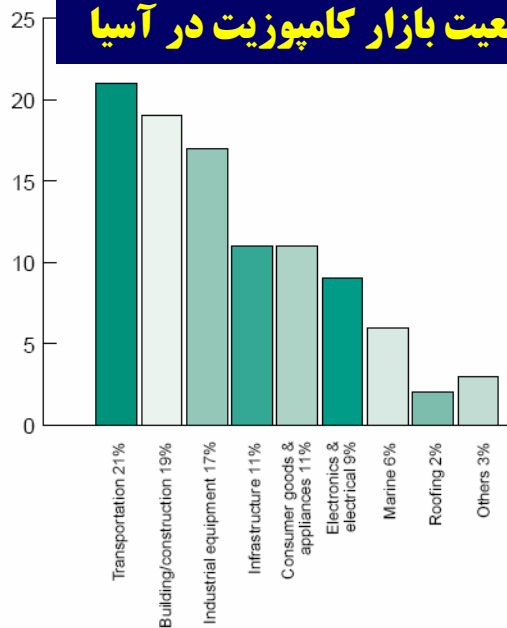


### رشد صنعت کامپوزیت در نواحی مختلف (%)





## وضعیت بازار کامپوزیت در آسیا



*The reinforcements market in Asia-Pacific by application (excluding printed circuit board applications). (Source: S-G Vetrotex Asia Pacific.)*



## رشد تولید کامپوزیت در چین

سال گذشته چین با مصرف ۱٫۶ میلیون تن کامپوزیت، ژاپن را که دومین مصرف کننده کامپوزیت در جهان بود پشت سر گذاشت و پیش بینی می شود در سال ۲۰۱۵ آمریکا را نیز پشت سر بگذارد.

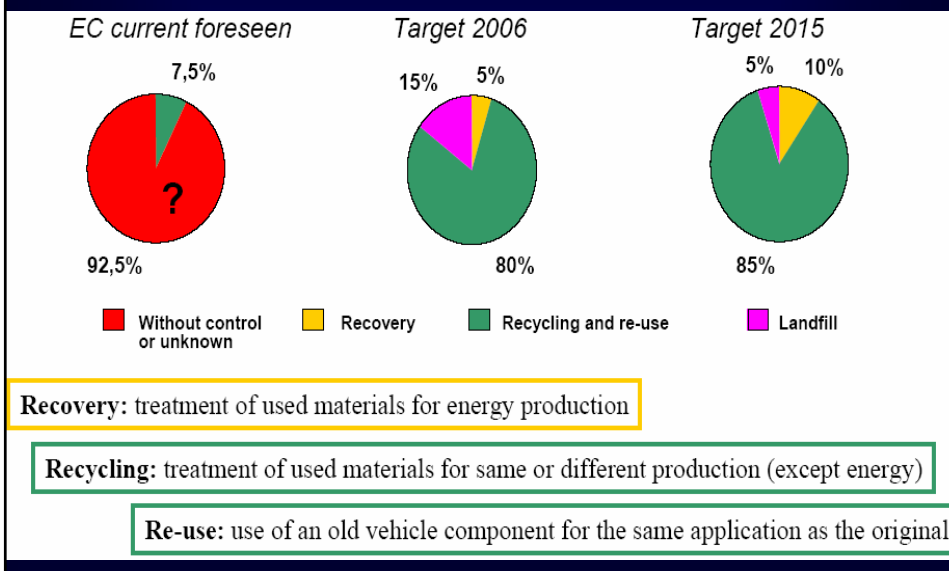
### China's composites industry.

Output 10 <sup>3</sup> tons	1995	2000	2001	2002 (predicted)
Glass fibre	160	215	273	310
FRP	150	350	500	590

*Source: China Scientific & Technological Industrial Co. of Inorganic Materials.*



از انتهای سال ۱۴۰۰ دفن زباله‌های کامپوزیتی در کشورهای اتحادیه اروپایی ممنوع شده است.



## وضعیت بازار کامپوزیت در ایران

### مواد اولیه

رزین:

پلی استر (صنایع شیمیایی بوشهر، فراپایه، یشم، رزیتان و ...)  
 اپوکسی (پتروشیمی خوزستان)  
 فنولیک (مب، رزیتان و ...)

الیاف:

شیشه (تولید داخل قابل ذکر ندارد)  
 کربن (تولید داخل دارد، طرح ۵۰۰۰ تنی فجر آشیان جاریست)

مذاقعه حجم مصرف سالانه الیاف شیشه در ایران ۱۵۰/۰۰۰ تن تقمین زده می‌شود. (طرح توجیهی تولید الیاف شیشه شرکت پارس کانی)





## وضعیت بازار کامپوزیت در ایران

### فرآیندهای موجود

- ۱- لایه گذاری دستی (بیش از ۱۰۰ کارگاه و شرکت متوسط و بزرگ)
- ۲- RTM (تیور پلیمر، HB کامپوزیت، نوریستا پلاستیک، صنعا و ...)
- ۳- پاشش رزین (آبگردان، رزین و الیاف آسیا و ...)
- ۴- رشته پیچی filament winding (صنعت دفاعی، فراسان، مشهد صدر، آریاکاوان و ...)
- ۵- پلترورن (دلتاتک، مشهد صدر، کامپوزیت آسیا، گرانیات سازان پارس)
- ۶- SMC, GMT (نوریستا پلاستیک، کامپارت)
- ۷- BMC (کامپارت، دلتاتک، سازه مرکب، آسیا بسپار گستر و ...)
- ۸- قالبگیری انتقالی (آرین رزین)
- ۹- پیش آغشته (امید فر الکترونیک-تولید)، پر آور پارس و ...)
- ۱۰- قالبگیری کیسه فلاء (هسا)
- ۱۱- Continous Laminating



## وضعیت بازار کامپوزیت در ایران

### انواع قطعات مورد مصرف

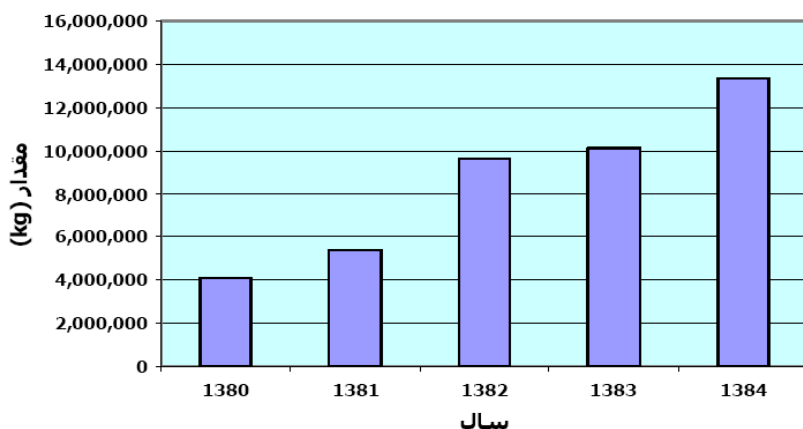
نظامی: مفازن تحت فشار، موتور، نازل و لانپر موشک، انواع عایق‌های فداشونده  
هوایی: قطعات کامپوزیت هلی کوپتر و هواپیما، هواپیمای بدون سرنشین  
دریایی: قایق، انواع شناورهای هواریا  
ساختمانی: تقویت سازه، قطعات سکوها دریایی، درب، کانکس و دیوار پیش سافته، برج فنک  
کننده، انواع کیوسک، انواع مفازن مواد شیمیایی  
لوازم خانگی: وان و زیر دوشی، سینک ظرف شویی، میز  
خودرو: نودروی کامپوزیت، سینی چراغ، کاسه چراغ، سپر، کابین کامیون، بدنه اتوبوس  
الکترونیک: انواع قطعات عایق، انواع تابلوهای برق، مقره، نگهدارنده فیبر نوری، توربین، بوم نگهدارنده  
سیستم‌های صوتی، مفصل‌های اتصال کابل‌های تلفن  
لوازم تفریحی-ورزشی: پوب اسک، میله پادر، راکت تنیس، تیراندازی با کمان و ...





## صنعت کامپوزیت ایران

میزان رزین مصرفی در تولید کامپوزیت های لیفی

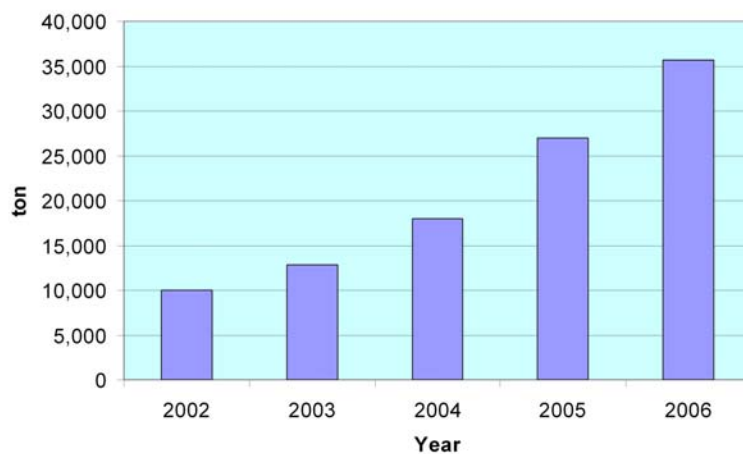


مروری بر صنعت کامپوزیت ایران، ا.م. رضادوست، م. اسفنده و ع. ر. دیانی، انتشارات فن و هنر، تهران، ۱۳۸۵.



## صنعت کامپوزیت ایران

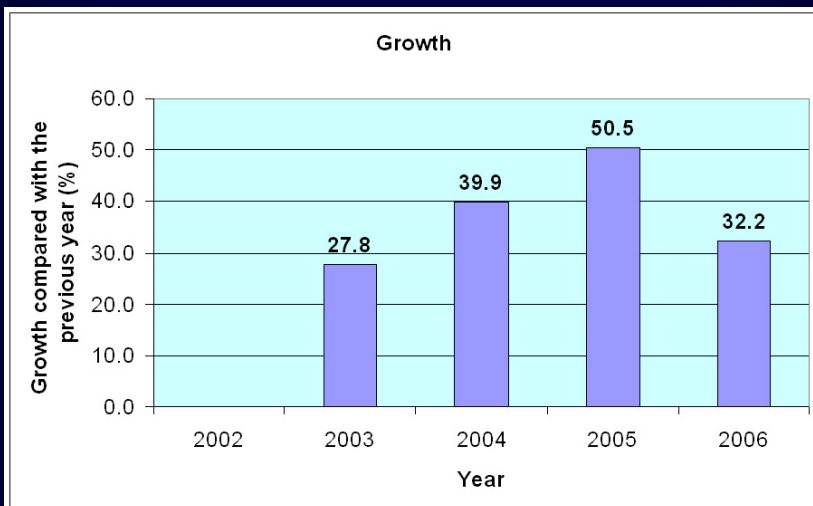
Fibrous Composites Consumption



A.M. Rezadoust, M Esfandeh and A.R. Dayani, An overview of the FRP market in Iran, JEC Composites Magazine, No33, 2007.



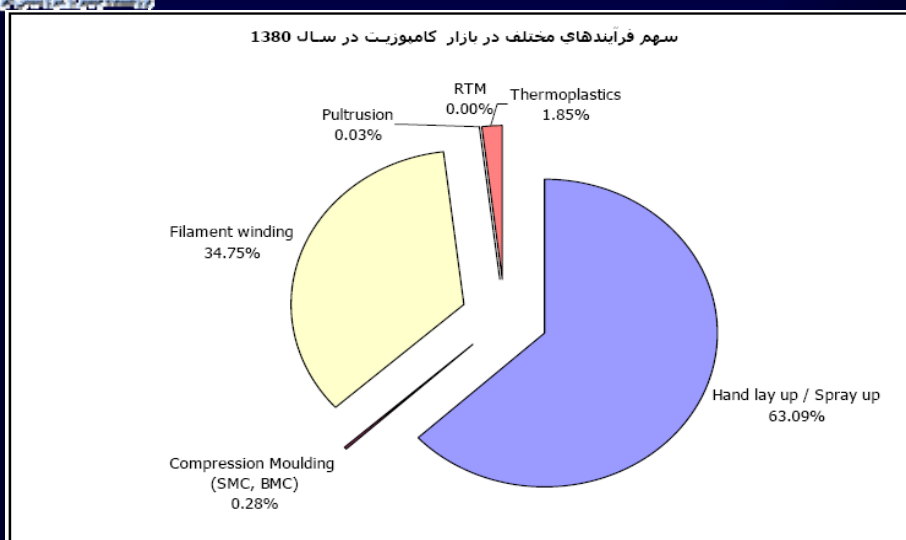
## صنعت کامپوزیت ایران



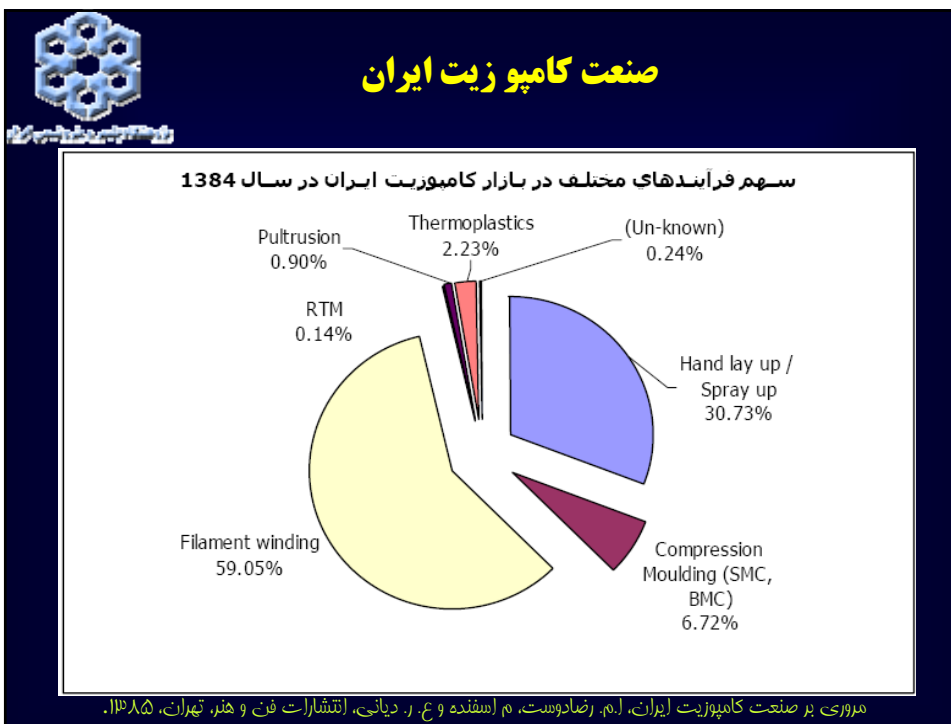
A.M. Rezadoust, M Esfandeh and A.R. Dayani, **An overview of the FRP market in Iran**, JEC Composites Magazine, No33, 2007.



## صنعت کامپوزیت ایران



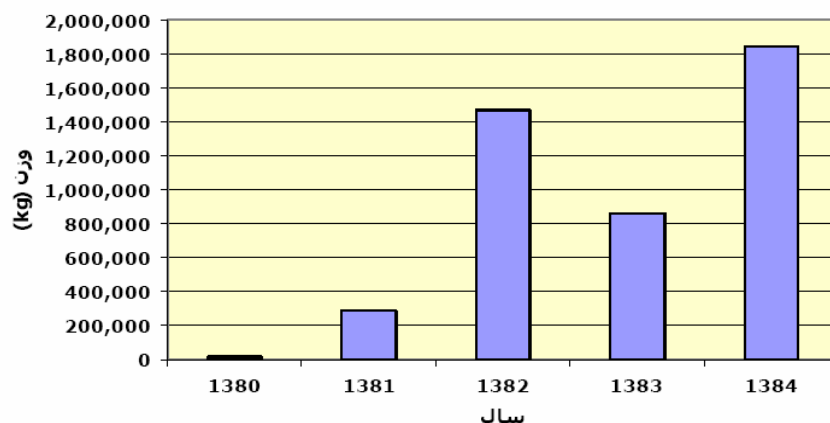
مروری بر صنعت کامپوزیت ایران، ا.م. رضادوست، م. اسفنده و ع. ر. دیانی، انتشارات فن و هنر، تهران، ۱۳۸۵.





## صنعت کامپوزیت ایران

حجم قطعات تولید شده به روش قالبگیری فشاری در 5 سال اخیر

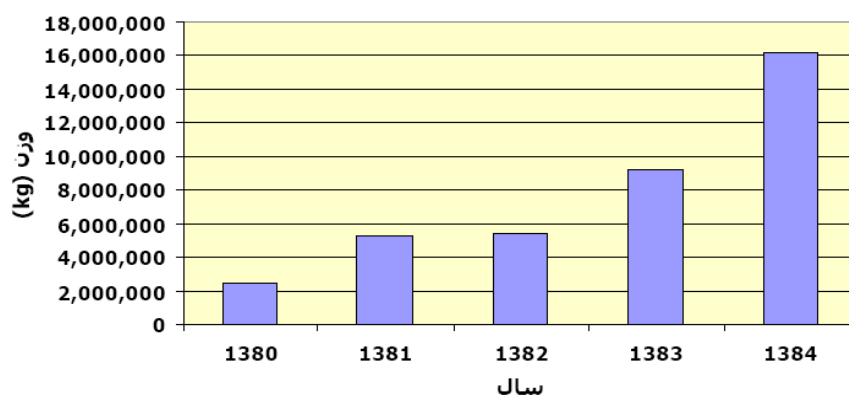


مروری بر صنعت کامپوزیت ایران، ا.م. رضادوست، م. اسفنده و ع. ر. دیانی، انتشارات فن و هنر، تهران، ۱۳۸۵.

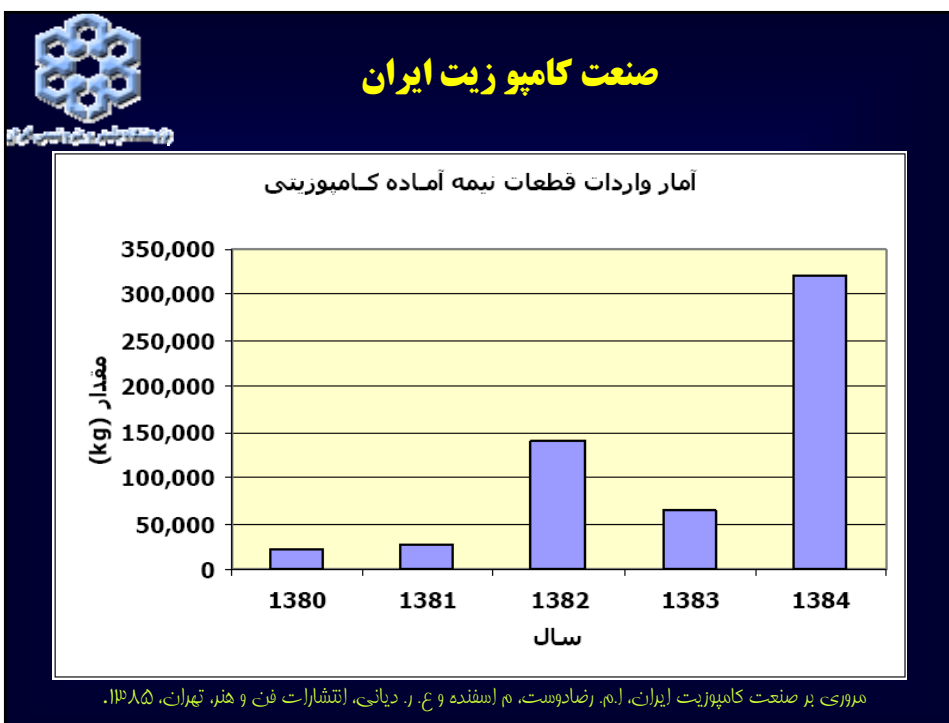
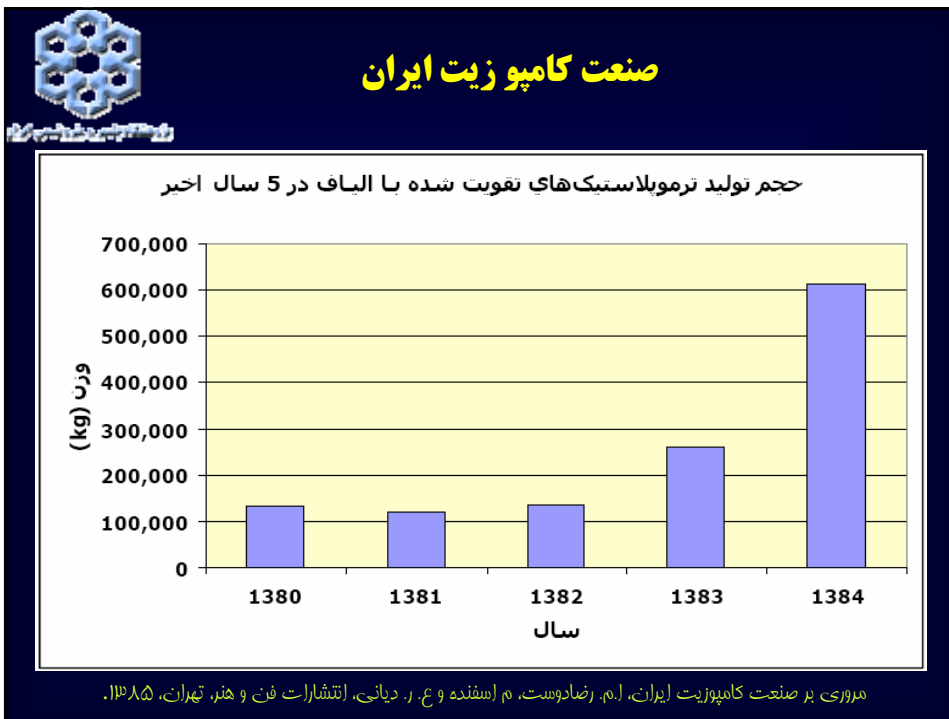


## صنعت کامپوزیت ایران

حجم قطعات تولیدشده به روش رشته‌پیچی در 5 سال اخیر



مروری بر صنعت کامپوزیت ایران، ا.م. رضادوست، م. اسفنده و ع. ر. دیانی، انتشارات فن و هنر، تهران، ۱۳۸۵.





## صنعت کامپوزیت ایران

واردات مواد و قطعات

آمار سال ۱۳۸۴

شرح واردات	مواد	مقدار (\$)
آمیزه BMC	پلی استر - شیشه	۱۷۴,۷۵۴
پروفیل کامپوزیتی	پلی استر - شیشه	۵۱,۶۵۱
میله (عایق)	پلی استر - شیشه Pultrusion اپوکسی - شیشه	۲۰۰,۵۴۷
عضو نگهدار	یورتان اکریلات - شیشه	۶۸۳,۶۹۴



## صنعت کامپوزیت ایران

واردات مواد و قطعات

چهار ماه نخست سال ۱۳۸۵

شرح واردات	مواد	مقدار (\$)
لوله کامپوزیتی	پلی استر - شیشه	۱,۵۷۸,۵۸۱
عضو نگهدار	یورتان اکریلات - شیشه Pultrusion	۲۶۲,۵۴۱

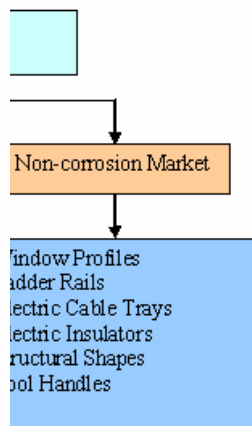




## صنعت پالتروژن در جهان

### کاربردها

Applications	Ranking of applications in terms of \$ shipment
Structural Shapes	1
Ladder Rails	2
Sporting goods	3
Window profile	4
Grating	5
Transportation	6
Electric Insulators	7
Tool handle	8
Cable trays	9
Rebar	10
Other	N/A

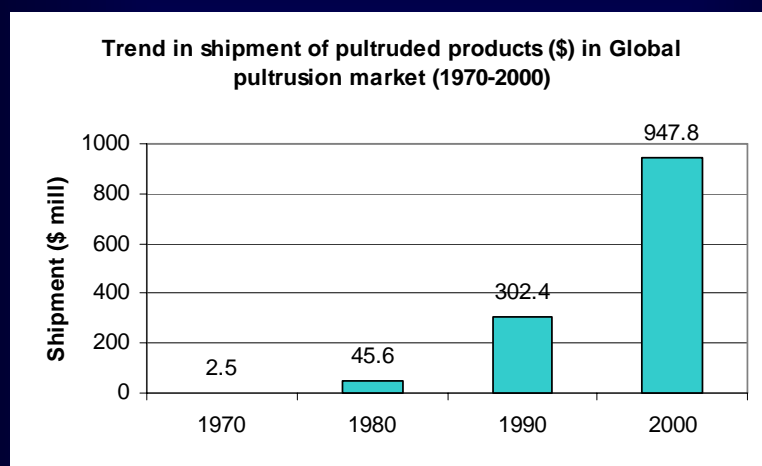


Sanjay Mazumdar, **The world-wide pultrusion industry: trends and forecasts**, EPTA 2006, Budapest, Hungary



## صنعت پالتروژن در جهان

### رشد جهانی



Sanjay Mazumdar, **The world-wide pultrusion industry: trends and forecasts**, EPTA 2006, Budapest, Hungary



## صنعت پالتروژن در جهان

- رشد جهانی مصرف قطعات پالتروژن در دوره زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۰، بطور متوسط ۱۴,۲٪ بوده است.
- این رشد در آمریکا، ۹,۹٪، در اروپا ۸,۸٪ و در آسیا ۱۲,۹٪ بوده است.
- انتظار می‌رود در کاربردهای حمل و نقل، زیر بنایی (infrastructure) و ساختمانی، صنعت پالتروژن رشدی چشمگیر داشته باشد.

Market	Total % change (2004-2010)
Transportation	141.6%
Infrastructure	108.8%
Building/Construction	67.7%



## صنعت پالتروژن در ایران

- در پنج سال اخیر ۴ شرکت در زمینه پالتروژن آغاز به کار کرده‌اند.
- برخی از شرکت‌های فعال عبارتند از: دلتاتک، کامپوزیت آسیا، مشهد صدرا، گرانیات سازان پارس و ...



## صنعت کامپوزیت ایران

### اولویت های تحقیقاتی صنعت کامپوزیت ایران

- با توجه به اینکه حجم عمده ای از تولیدات کامپوزیتی در کشور، مربوط به ساخت لوله به روش فیلامنت وایندینگ می باشد، این فرآیند یک اولویت تحقیقاتی محسوب می شود.
- با توجه به عدم گسترش مواد کامپوزیت در صنعت ساختمان ایران و پتانسیل بالای این صنعت، تحقیقات کاربردی در این زمینه اولویت محسوب می شود.
- با توجه به حجم قابل توجه واردات انواع رزین ها و آمیزه های کامپوزیتی مانند SMC و توان تولید داخلی، بهینه سازی خواص آمیزه و ارتقای محصول، یک اولویت تحقیقاتی است.
- با توجه به واردات قطعات پالتروژنی، فرآیند انواع رزین ها (اپوکسی و فنولیک) اولویت محسوب می شود.
- با توجه به روند توسعه کاربرد کامپوزیت های ترموپلاستیک بخصوص ترموپلاستیک های تقویت شده با الیاف بلند (LFT)، پالتروژن ترموپلاستیک ها، یک اولویت تحقیقاتی به شمار می رود.



## صنعت کامپوزیت ایران

### اولویت های تحقیقاتی صنعت کامپوزیت ایران

- با توجه به ساخت الیاف کربن در داخل و تحقیقات انجام شده در زمینه کامپوزیت های کربن - کربن و نیز نیاز صنایع نظامی به این مواد، تکمیل تحقیقات در این زمینه، یک اولویت محسوب می شود.



## صنعت کامپوزیت ایران

اولویت های تحقیقاتی صنعت کامپوزیت ایران

• سایر موضوعات مورد توجه صنعت کامپوزیت جهان عبارتند از:

کاربرد کامپوزیت ها در خودرو  
کاربرد انرژی برق بادی  
نانوکامپوزیت ها



## نکاتی که باید مورد توجه صنعتگران کامپوزیت قرار گیرد:

- ↩ در سال ۱۳۸۵ بازار جهانی مواد کامپوزیت ۵/۶ میلیون تن بوده که از این میان ۱/۷۵ میلیون تن الیاف و ۱۳/۸۵ میلیون تن ماتریس پلیمری بوده است.
- ↩ ۷۰% حجم بازار رزین متعلق به مواد ترموست و ۳۰% متعلق به مواد ترموپلاست می باشد.
- ↩ رشد مصرف کامپوزیت های ترموست ۳٪ و رشد مصرف کامپوزیت های ترموپلاست ۹٪ می باشد.
- ↩ ۷۰% حجم بازار رزین متعلق به مواد ترموست و ۳۰% متعلق به مواد ترموپلاست می باشد.
- ↩ رشد مصرف کامپوزیت های ترموست ۳٪ و رشد مصرف کامپوزیت های ترموپلاست ۹٪ می باشد.




**نکاتی که باید مورد توجه صنعتگران کامپوزیت قرار گیرد:**

➡ وضعیت بازار کامپوزیت ایران و نیز روند تغییرات بازار کامپوزیت جهان می‌بایست بررسی شود و نیازها، توانمندی‌ها و اولویتهای این صنعت در کشور به دقت مطالعه گردد.

با توجه به محدودیتهای زیست محیطی بیشتر برای کامپوزیتهای ترموست و نیز رشد سریع کامپوزیتهای ترموپلاستیک، انجام تحقیقات منجر به دانش فنی تولید قطعات کامپوزیتی ترموپلاستیک و نیز قطعات تقویت شده با الیاف طبیعی ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به حجم کم مصرف قطعات کامپوزیتی با تکنولوژی بالا، ارزش افزوده بالای آنها، استراتژیک بودن محصولات، انجام تحقیقات منجر به دانش فنی تولید در زمینه مواد پیشرفته توصیه می‌شود.



➡ در اثر افزایش قیمت ناشی از افزایش قیمت نفت خام در سال گذشته، شرکتهای تولید کننده مواد کامپوزیت افزایش قیمت مکرری را اعلام نمودند.

➡ علیرغم رشد کند صنعت کامپوزیت در اروپا و آمریکا، این صنعت در چین به سرعت گسترش می‌یابد. سال گذشته چین با مصرف ۱,۶ میلیون تن کامپوزیت، ژاپن را که دومین مصرف کننده کامپوزیت در جهان بود پشت سر گذاشت و پیش بینی می‌شود در سال ۲۰۱۴ آمریکا را نیز پشت سر بگذارد.



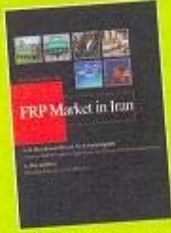
↪ گسترش کاربرد مواد کامپوزیت، تغییرات وسیعی را در بازار مواد اولیه ایجاد نموده است. به عنوان مثال آغاز تولید هواپیماهای ایرباس A380 و بوئینگ 787 که درصد قابل توجهی از آنها کامپوزیت است، به تنهایی ۵۰۰ تن تقاضای جدید ایجاد می‌نماید. این تقاضا در بخش‌های دیگر مانند فرآیند، تجهیزات تولید و نیروی انسانی نیز فواید بود. جنگ قیمت‌ها در مورد الیاف کربن از یکسو و گسترش کاربرد الیاف کربن از سوی دیگر شرایط جدیدی را برای این صنعت رقم زده است.



↪ در اروپا و آمریکا قوانین محیط زیست، محدودیت‌های بیشتری را بر صنعت کامپوزیت اعمال می‌کنند. مهمترین اهداف این قوانین، کاهش انتشار مونومر استایرن، کاهش اتلاف مواد و بازگرداندن آن به چرخه مصرف می‌باشد. به عنوان مثال بنا به قوانین جدید اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۶ می‌بایست ۸۵٪ قطعات خودرو بازیافت شود و ۵٪ آن به انرژی تبدیل گردد. از این‌رو تغییراتی در فرآیندها و مواد مصرفی در حال شکل‌گیری است. فرآیندهای قالب باز جای خود را به فرآیندهای قالب بسته می‌دهند و کامپوزیت‌های ترموپلاستیک الیاف طبیعی جای خود را در صنعت خودرو باز کرده‌اند.

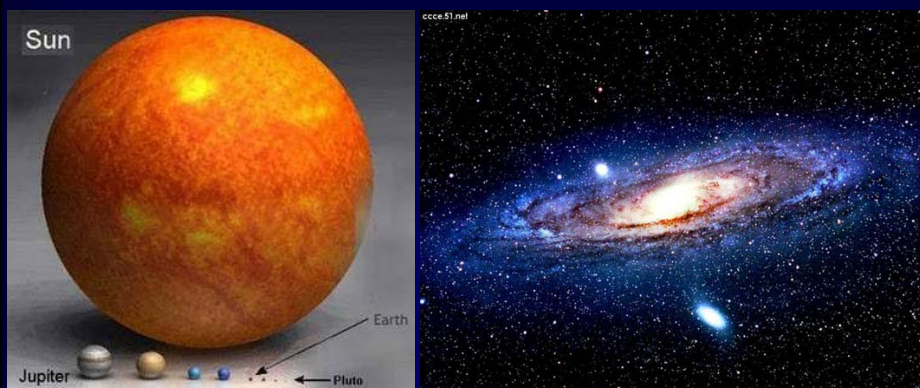


**BOOK FRP Market in Iran**  
A.M. Rezadoust, M. Esfandeh & A. Dayani



Iran's composites industry has shown significant growth during the last five years, experiencing an average annual growth of 40%. The Iran Polymer and Petrochemical Institute (IPPI) with the collaboration of Alborz Composites Co. and Polyfiber Co. have published a report on the FRP market of Iran. The report contains 19 figures and covers the current status of the country's FRP industry, important figures for raw materials (fibers and resins), FRP products, processing equipment, training programs and human resources. A full directory of active companies in this field is also included. Each copy of the report costs \$135. Interested parties should contact the authors at [info@irancomposite.net](mailto:info@irancomposite.net)  
**More information:** [www.polyfiber.ir](http://www.polyfiber.ir)

متشکرم



انسان را تکبر نشاید.



## کاربردهای کامپوزیت‌های پلیمری – هوا فضا

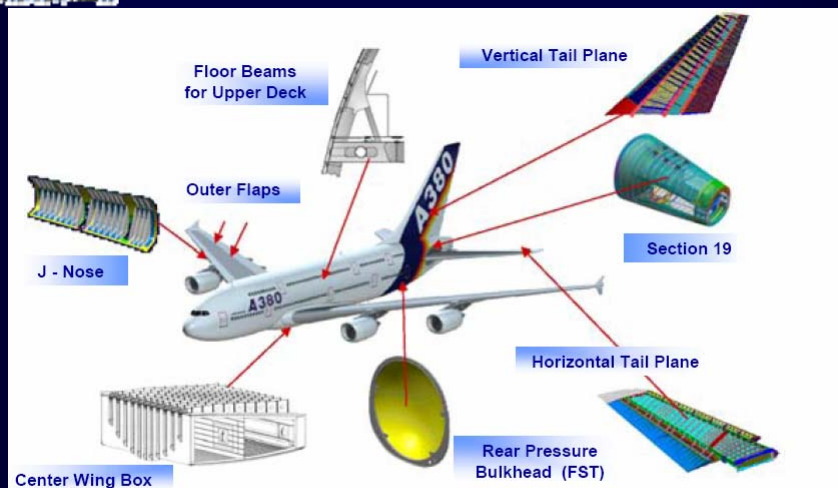


Figure 8 – planned composite applications for the A380 (source: Airbus)



## کاربردهای کامپوزیت‌های پلیمری – هوا فضا

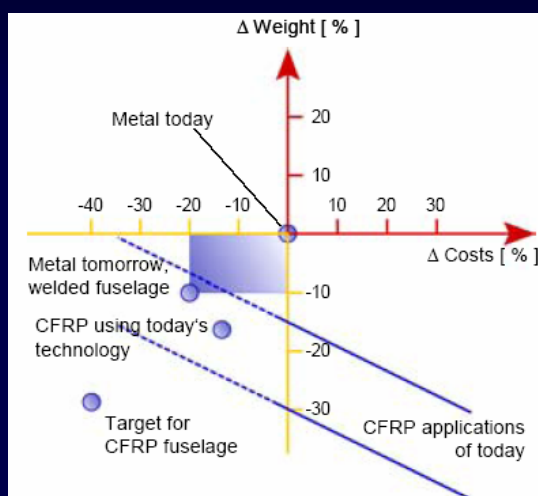
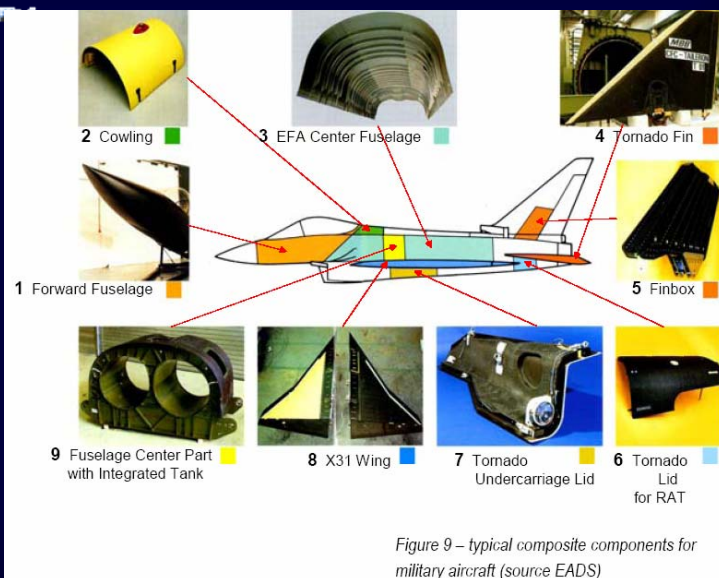


Figure 17 – the goals for weight and cost reduction on future Airbus planes



## کاربردهای کامپوزیت‌های پلیمری – هوافضا



## کاربردهای کامپوزیت‌های پلیمری – هوافضا

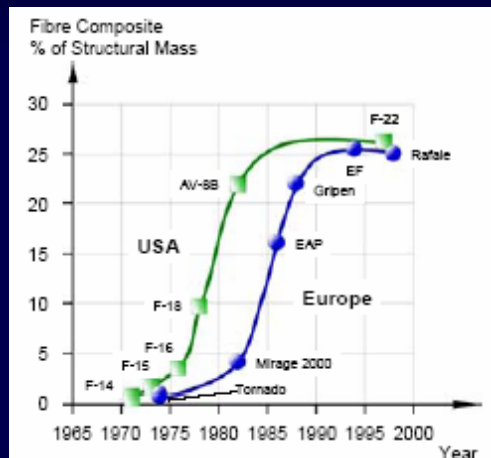


Figure 10 – development of composite share in military aircraft structures in the US and Europe