KOMPOSITÅTERVINNING

Peter Mannberg

S-LÄSS 2020-11-17

RISE Research Institutes of Sweden

Dagsläget, varför

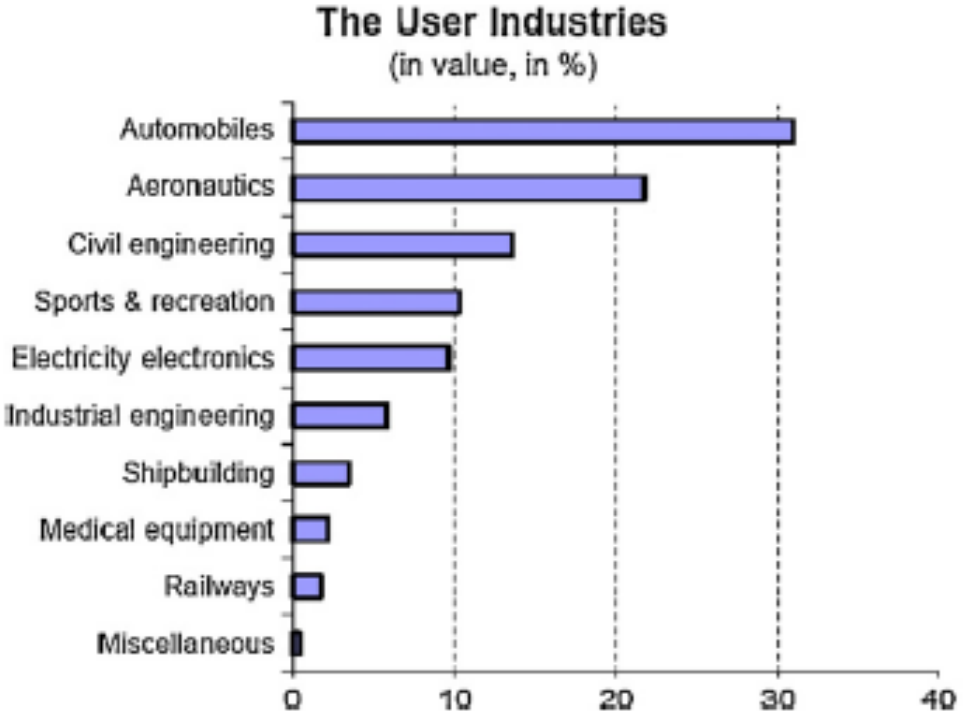
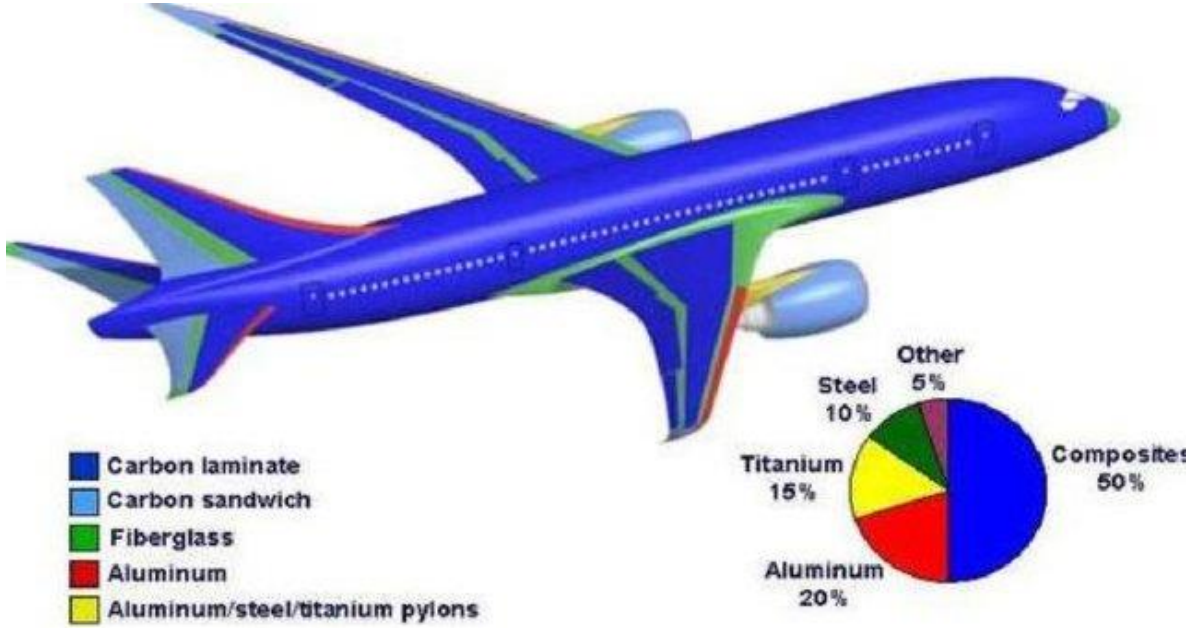


Fig. 2. Application of composite materials [1].

H. Chalaye, Composite materials: drive and innovation. Le 4 Pages,des statistiques industrielles, No. 158 – February 2002.

Ökande efterfrågan kolfiber.
Från 58 000 ton (2015) till 116 000 ton (2021)



Dagsläget, varför

- Ökande användning av plaster och kompositer.
- Ökande efterfrågan av kolfiber. Från 58 000 ton (2015) till 116 000 ton (2021)
- Höga deponiavgifter
- Ökad miljömedvetenhet
- Möjligheten att få billigare kolfiber
- Flygplan börjar skrotas

Kolfiberkompositer skrot

	Demand[1]	Production Waste	End of Life Waste
		20 to 40% of input[2]	Approx. lifetime ~ 20 y: ▪ aerospace: 20-30 y ▪ automotive: 10-15 y
	2016 ▪ 63,5 kt CF ▪ 101 kt CRP 2022 ▪ 117 kt CF ▪ 194 kt CRP	2016 ▪ ~ 19 kt CF/CRP 2022 ▪ ~ 35 kt CF/CRP	From 2022 ▪ ~ 60-70 kt CRP (Basis 2012, 66 kt CRP)[1]
	2016 ▪ 17,1 kt CF ▪ 43,9 kt CRP	2016 ▪ ~ 5 kt CF/CRP	From 2022 ▪ ~ 30-40 kt CRP (Basis 2014, 36,8 kt CRP)[3]

1 CCeV, AVK „Composites-Marktbericht 2017 -Der globale CF- und CC-Markt“, https://www.carbon-composites.eu/media/2996/ccev-avk-marktbericht-2017.pdf, September 2017
2 Juliane Ramerth, Matthias Seitz, Bernhard Hartleitner, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel, „Entwicklungsstudie zur Errichtung einer CFK-Recyclinganlage in Bayern“, 19.02.2012
3 CCeV, AVK „Composites-Marktbericht 2015 -Der globale CF- und CC-Markt“, September 2015

Dagsläget, återvinningsmetoder

Flera olika metoder finns tillgängliga och i vissa fall så kombineras dessa:

- Kemisk återvinning
- Mekanisk återvinning
- Termisk återvinning

Kemisk återvinning

- Depolymerisering.
- Kan ge rena fiber och monomerer.
- Glykol (vatten, syra)
- Solvolys (med alkolhol och vatten)
- Lovande, men forskningsstadiet!
- Dyr utrustning

Mekanisk återvinning

- Låghastighetsskärning eller krossning till 50-100 mm.
- Kvarn till 10 mm ner till 50 um.
- Ofta sortering med cykloner. (fiber och plastrika).
- Relativt billig
- Glasfiber är billigt!
- Svagare fibrer.

Termisk återvinning

- Pyrolys
- Förbränning/energiåtervinning
- Förbränning med både energiåtervinning och materialvärde (fiber).

Termisk återvinning

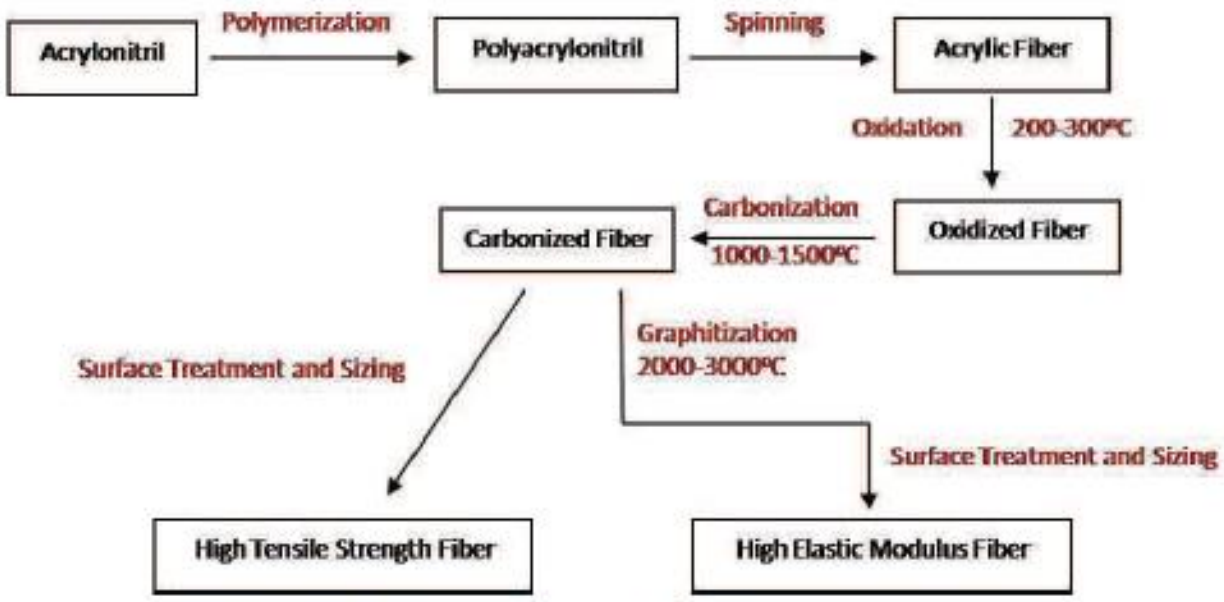


Fig. 1.1 PAN-based carbon fiber production process.

Pyrolys: 300-800 °C. Inert (N2).

Borde inte påverka egenskaperna allt för mycket.

Använder mycket mindre energi än nytillverkning

Kompositåtervinning RISE SICOMP

- Tidigt på SICOMP: Återvinning med fokus på glasfiberkompositer; Förbränning (energiåtervinning) och malning

- Senare på SICOMP: Termisk, kemisk och mekanisk återvinning.

- 2007-2011 Doktorand i återvinning

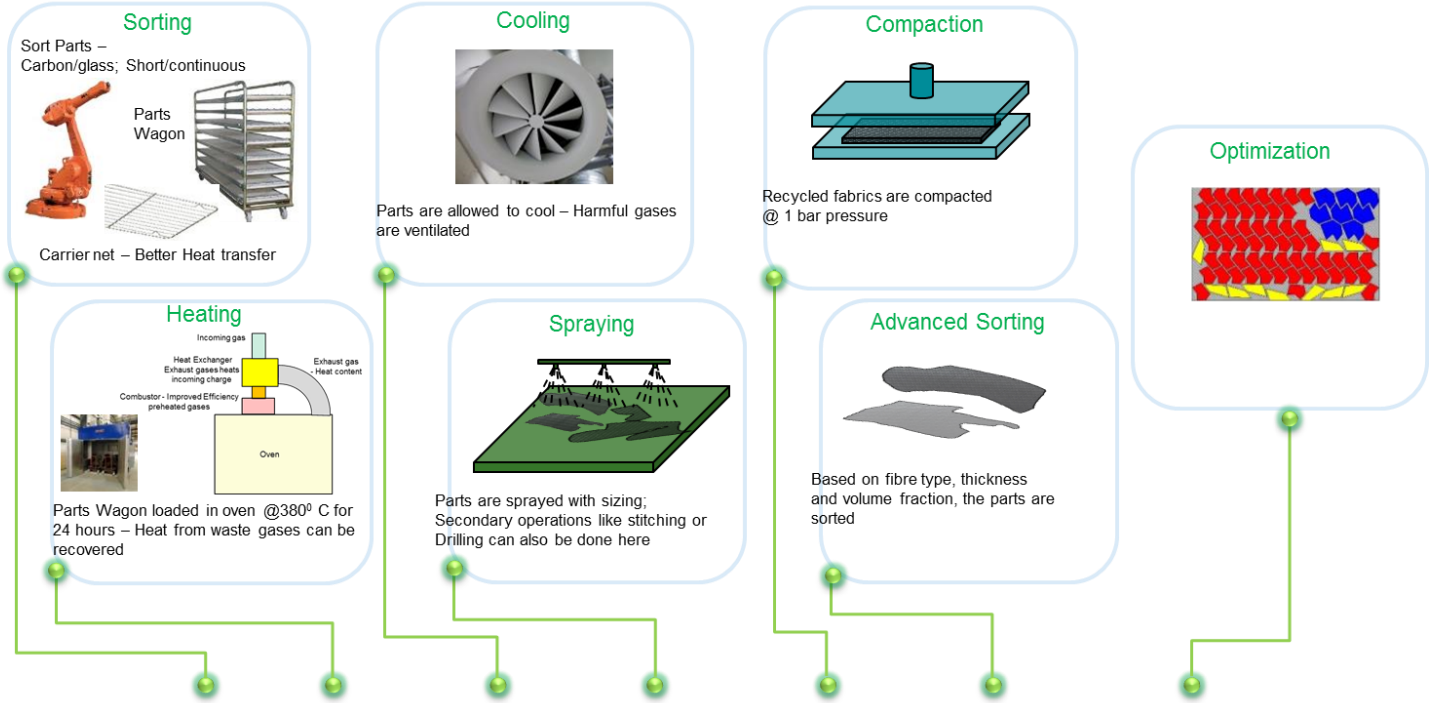
- Flertalet projekt var av tre stora:

1. Reform,
2. Vamp 18,
3. Through-life

Reform/Re-Fib (förbränning)

I projektet REFORM utvecklades en process för återvinning av både glas och kolfiberkompositer. Re-Fib

Re-Fib Concept



Reform/Re-Fib (förbränning)

- **Differences between:**

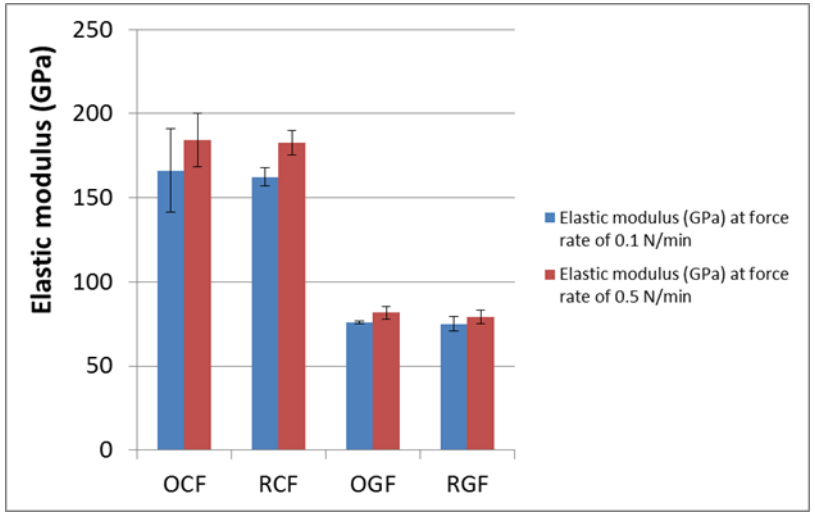
- Sized
- Contiuous
- Homogeneous length

- Unsized
- Discontinuous
- Length distribution

Reform/Re-Fib (förbränning)

Single fiber test of fibers recycled with the REFIB-process (project REFORM)

Fibre	Elastic modulus (GPa)	Strength (MPa)
Virgin CF	170 ± 25	4000 ± 400
Recycled CF	160 ± 5	2950 ± 6
Virgin GF	76 ± 1	1660 ± 100
Recycled GF	75 ± 4	1100 ± 200



- TENAX® HTS45. Owens Corning type 30®R25H
- Fiber/Epoxy laminates *Re-Fib* heated at 380 °C during 24

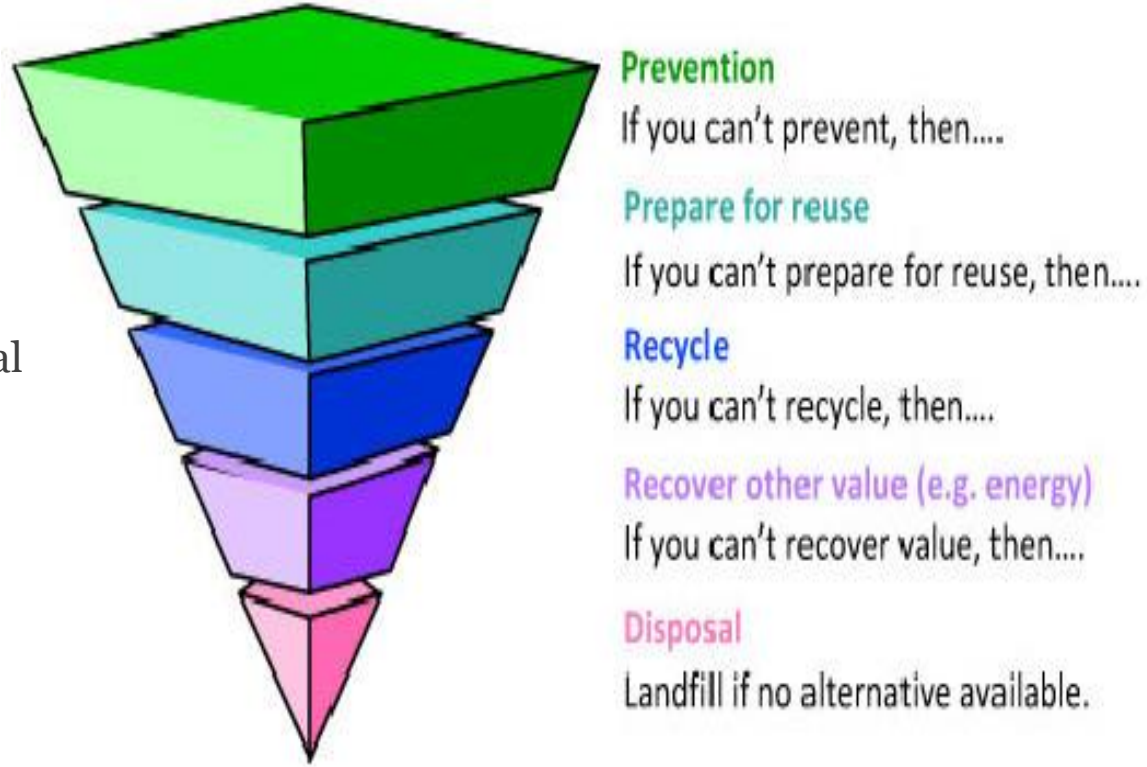
Jämfört med pyrolysresultat från ett tidigare projekt

Sample	Stiffness (GPa)	Max stress (MPa)
CF_1	81,86	1827,25
CF_2	94,27	1912,19
CF_3	83,02	1507,31
CF_4	73,51	1354,93
CF_5	70,29	1631,99
CF_6	75,01	1473,95
Average	**79,66**	**1617,94**
Std	**8,68**	**215,75**
P_CF_1	57,80	1454,84
P_CF_2	61,98	1668,58
P_CF_3	57,57	1595,50
P_CF_4	75,30	1626,35
P_CF_5	61,83	1507,41
P_CF_6	75,73	1660,71
Average	**65,03**	**1585,56**
Std	**8,33**	**86,60**

Identifierat problem:
Plast kvar..

Resurseffektiv användning av fiberförstärkta polymerer

- Minimera produktionsspillet i ABBs produktionsprocess genom att undersöka om material kan återanvändas i processen
- Undersöka alternativa tillämpningar för uttjänta glasfiberarmerade polymerer
- Utveckla resurseffektiva reparationsprocesser för återanvändning av kasserade kolfiberbaserade hockeyklubbor
- Experimentellt utvärdera pyrolys som skonsam materialåtervinning av fibrer och polymerer för både glas- och kolfiberarmerade kompositer
- Producera kompositprototyper utifrån fibrerna som erhållits från pyrolysen
- Föreslå kommersiella användningsområden för de återvunna pyrolysprodukterna

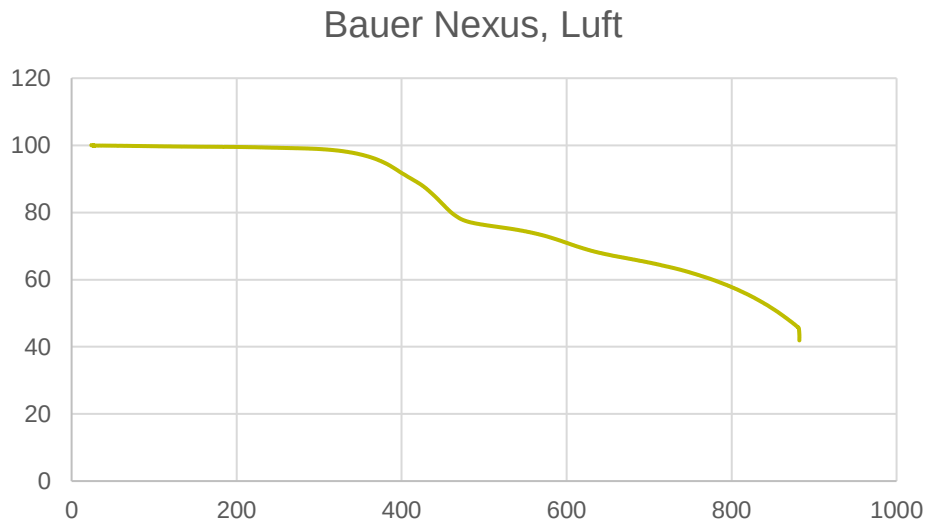


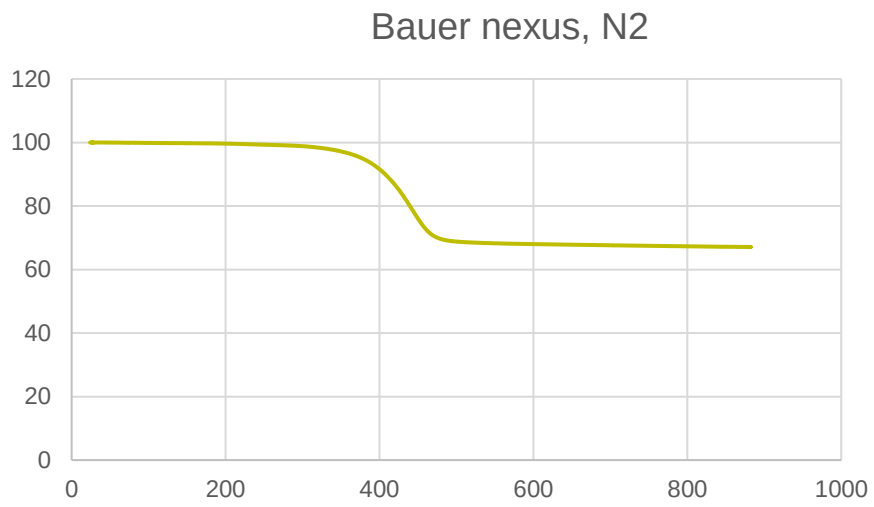
Projektmedlemmar: RISE ETC, Swerea SICOMP, Måle sportförsäljning, ABB, BDR, PODCOMP, Smurfit Kappa

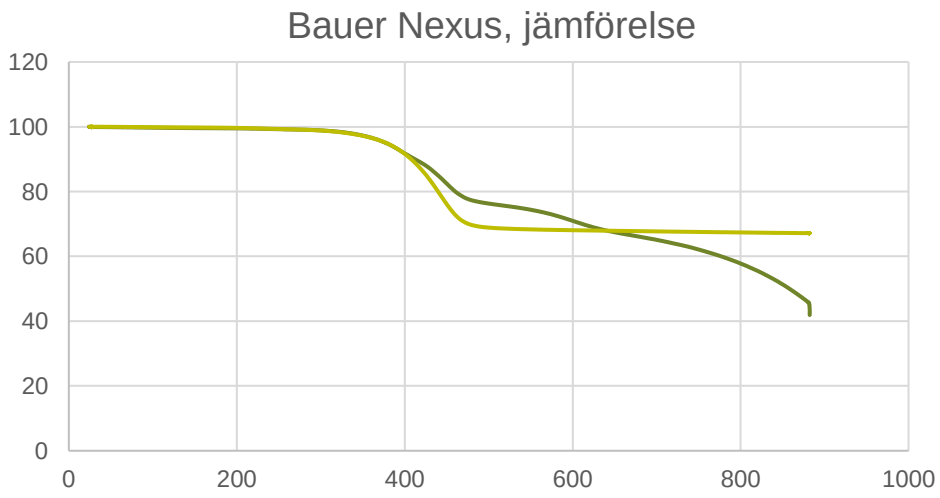
Pyrolys av fiberförstärkta polymerer

- Återvinna hela kompositen, både fibrer och polymerer, via pyrolys
  (RISE ETC, Smurfit Kappa)
  - Analytisk pyrolys av materialen
  - Konstruktion av fastbäddspyrolysör
  - Kemisk karakterisering av material
  - Pyrolys av komposit (parameterstudie – variera temp., uppehållstid) inkl. massbalansberäkningar och produktanalys
  - Ev. uppgradering av pyrolysolja

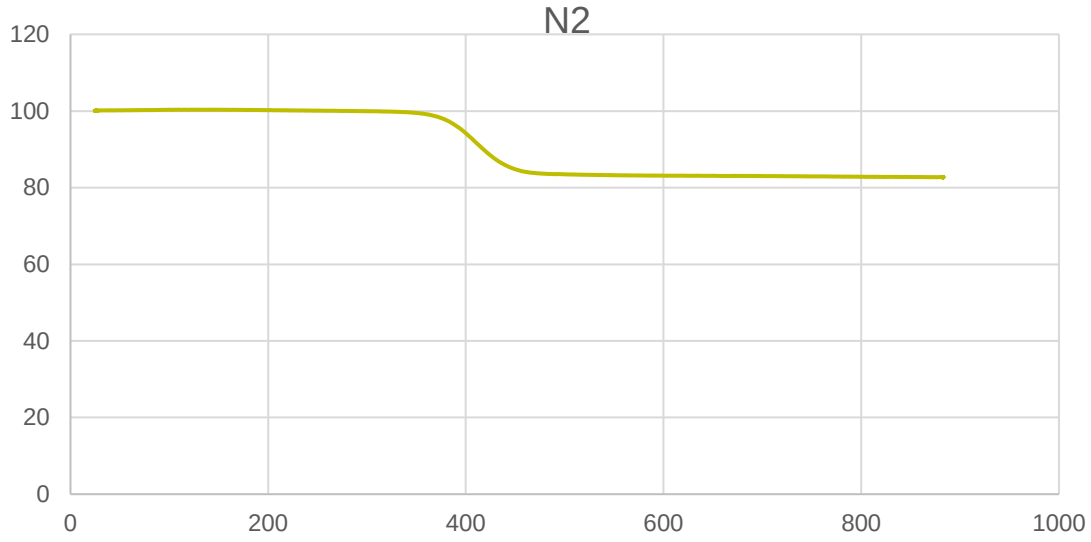
TGA försök, Bauer Nexus

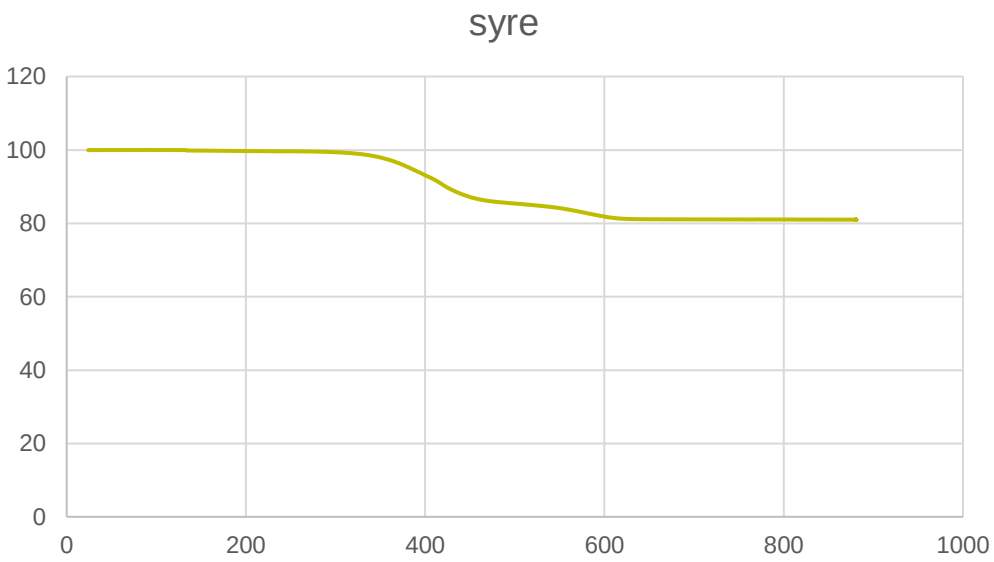


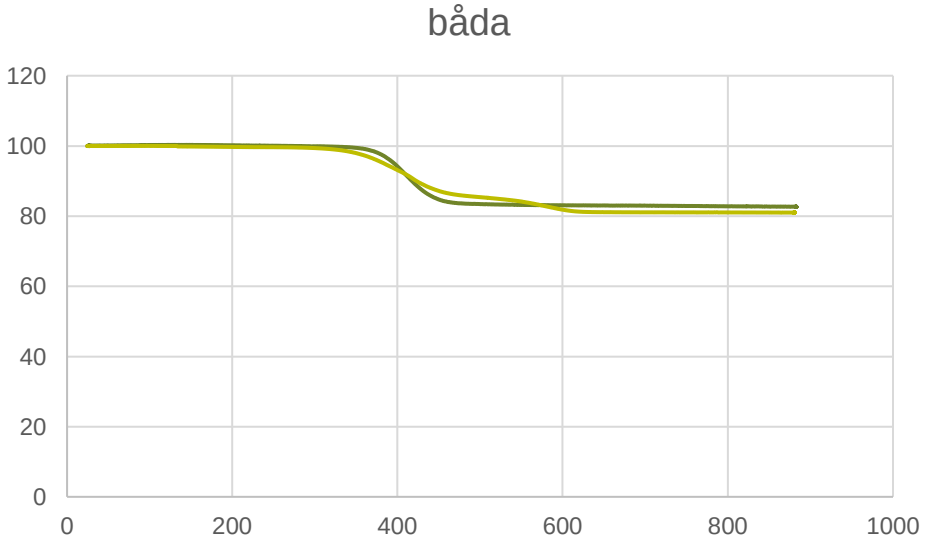




TGA ABB


N2
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000

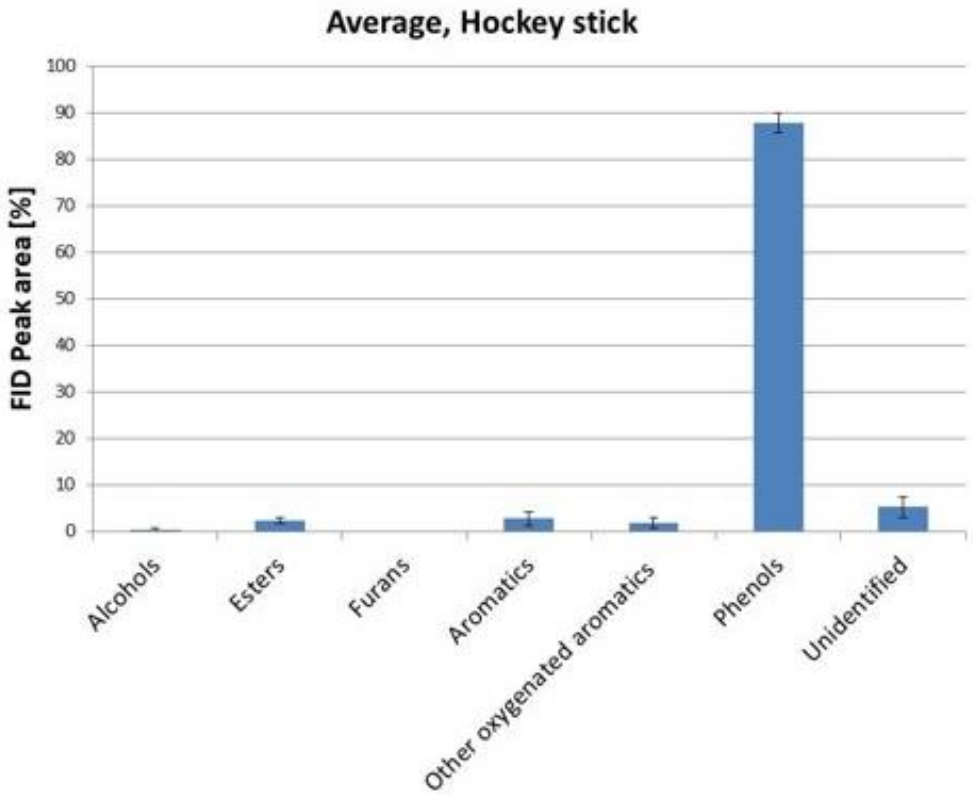

syre
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000

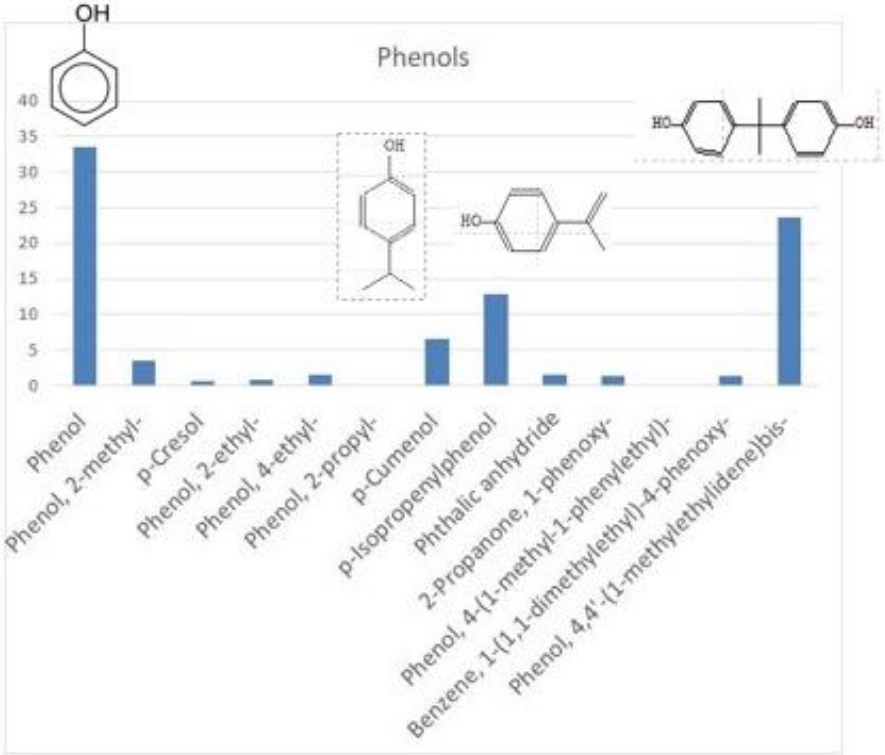

båda
120
100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000

Bauer Nexus

Hockeyklubbor

- Pyrolystemp.: 500°C

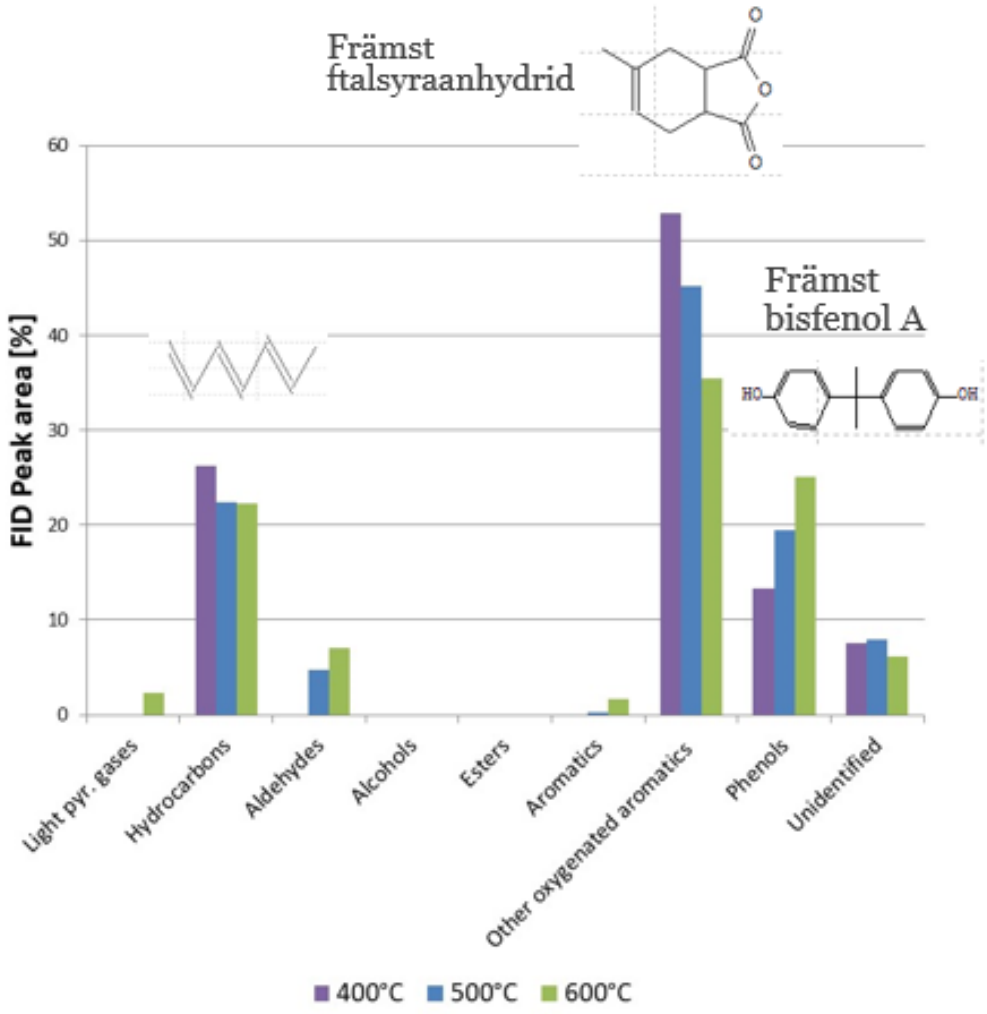




Fiberlindade

ABB

- Pyrolystemperatur
  - 400-600°C
- Större andel mindre/kortare produkter vid högre temperatur.
- De pyrolysprodukter som bildas är främst bildas ftalsyraanhydrid, bisfenol A samt kolväten.



Sammanfattning

- Återvinning är en nyckelteknologi för ökad kompositanvändning
- Pyrolys är en lovande teknik som går att skala upp
- Fibrernas egenskaper efter återvinning är bra
- Hantering av återvunna fibrer är en utmaning
- Återvinning av monomerer är en stor möjlighet.

Tack för er tid