

# Oplossingen voor End-of-Life thermoharde composieten

## Recycling en Circulariteit

Open dag KATC – Bergen op Zoom – 3 november 2021



Lectoraat Kunststoftechnologie

Dr. Ir. Albert ten Busschen

## Achtergrond Lectoraat Kunststoftechnologie (LKT)

- Toegepast onderzoek i.s.m. industrie
- Betrekken docenten en studenten
- 1 Additive Manufacturing (3D-printen)
- 2 Duurzaam produceren
- 3 Hybride constructies
- 4 Circulariteit

### Thema circulariteit:

Hergebruik en recycling van rubbers

Hergebruik van thermoharde composieten

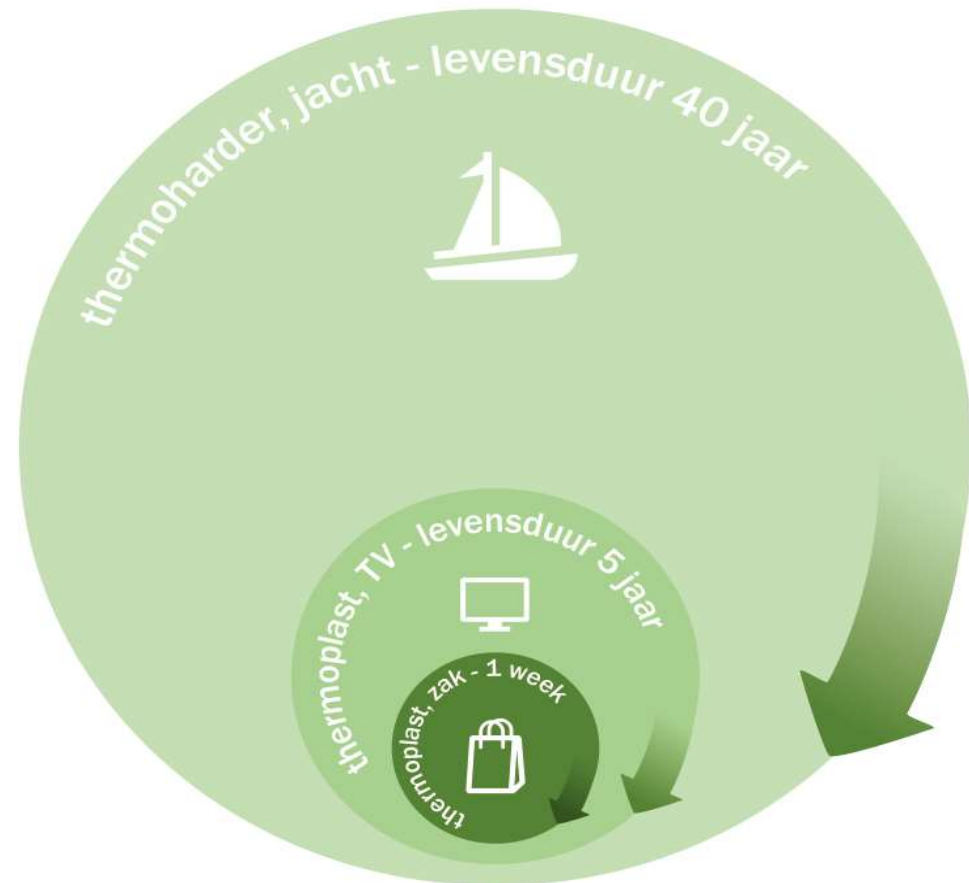
Hybride hergebruik van kunststoffen



Dr. Ir. Albert ten Busschen  
Associate Lector LKT

# Thermoset composieten: duurzaam materiaal

- Sterk en licht
- Weinig onderhoud
- Lange levensduur



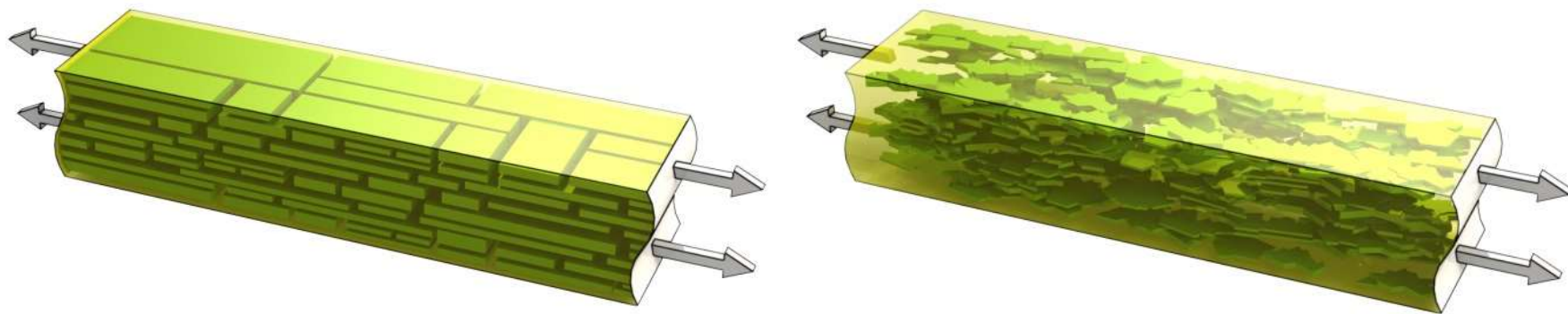
# Thermoset composieten: de recycling-uitdaging

- Thermoset kunststof kan niet smelten
- Componenten (vezels, kunststof, vulstof, kernmateriaal) kunnen dus niet zonder degradatie gescheiden worden
- Recycling thermoset composieten: tot nu toe nog niet mogelijk



## Windsheim principe van hergebruik composieten

- Niet proberen uitgangsgroondstoffen (vezels, kunststof, etc.) terug te winnen
- Maar bewerk EoL composiet tot grote stukken: stroken of vlokken
- Deze gebruiken als versterkingselementen in nieuw product



# Windsheim principe van hergebruik composieten



*CRC in Moerdijk is gespecialiseerd in verkleinen van EoL composieten*

► grondstof voor nieuwe producten !

# Demonstrator oeverbeschoeiing in Almere

Profiel

3,5 m lengte

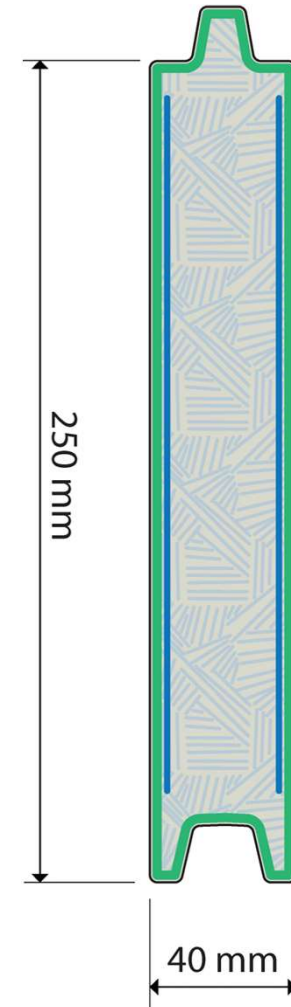
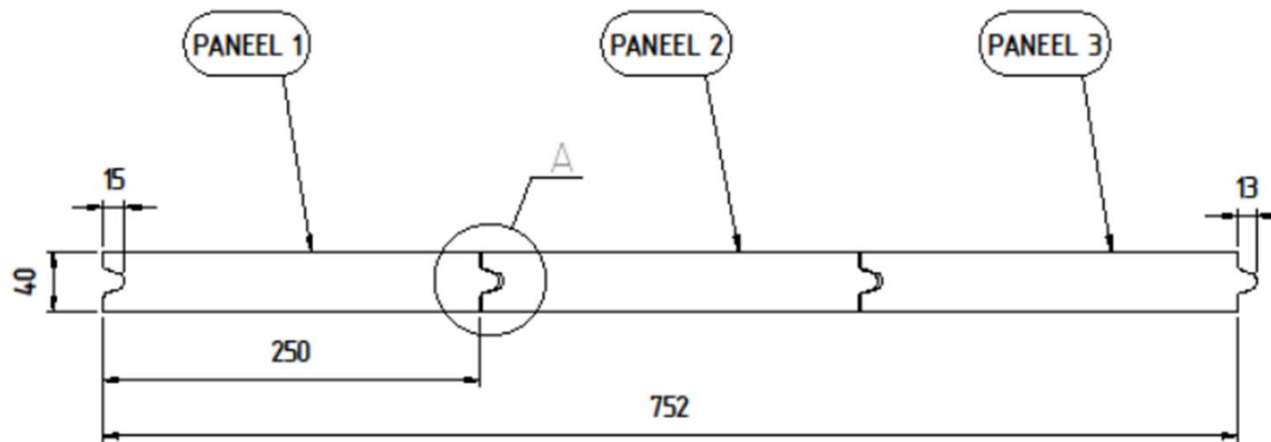
doorsnede 250 x 40 mm

messing en groef

20 meter beschoeiing

d.m.v. 80 profielen

(Beatrix-sluis, Almere)



# Productie in Lelystad



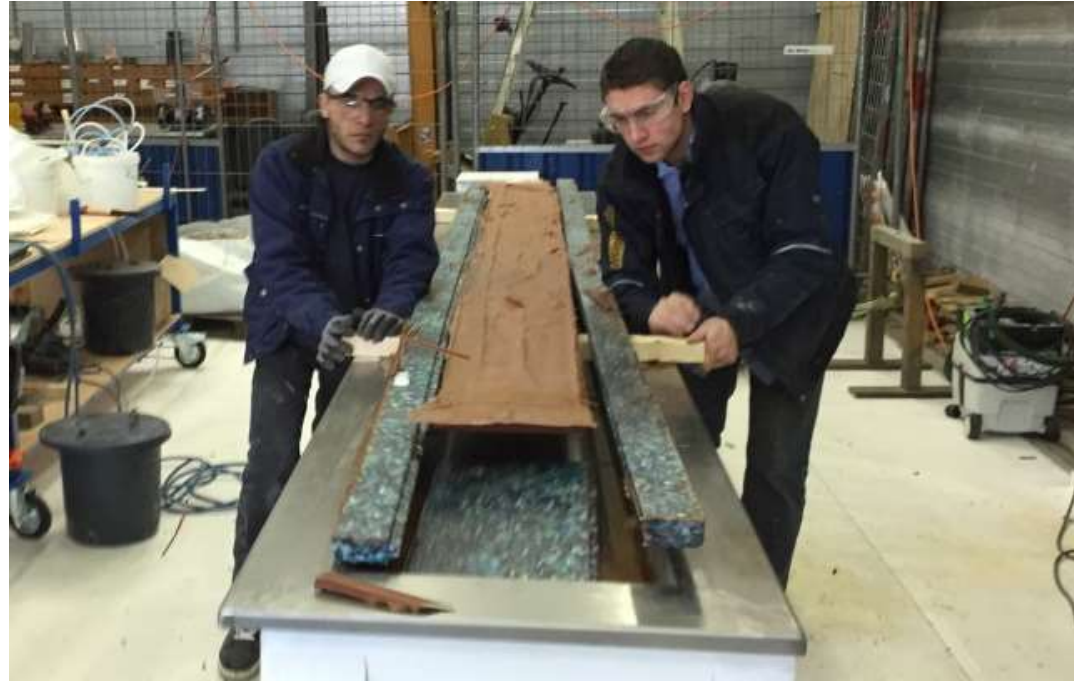
Professorship for Polymer Engineering



UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



# Productie in Lelystad



*Studenten maken profielen van hergebruikt composiet met vacuum-injectie onder folie.*

# Productie in Lelystad



# Plaatsing bij Beatrixsluis, Almere



# Industriële productie van profielen



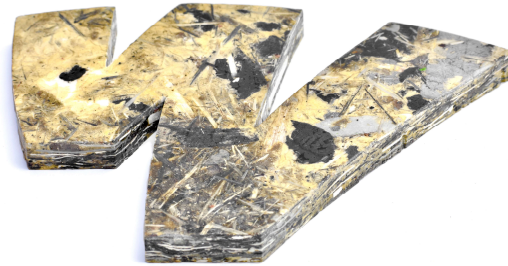
**krafton**<sup>®</sup>  
VAN BIJL



*Krafton (Heijningen, Noord-Brabant) maakt nu met een industriëel continu-proces profielen van hergebruikt composiet.*

# Demonstrator in Zwolle

rHPL-panelen



**Blossom** ARCHITECTURE

Professorship for Polymer Engineering



UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# Demonstrator in Delfzijl

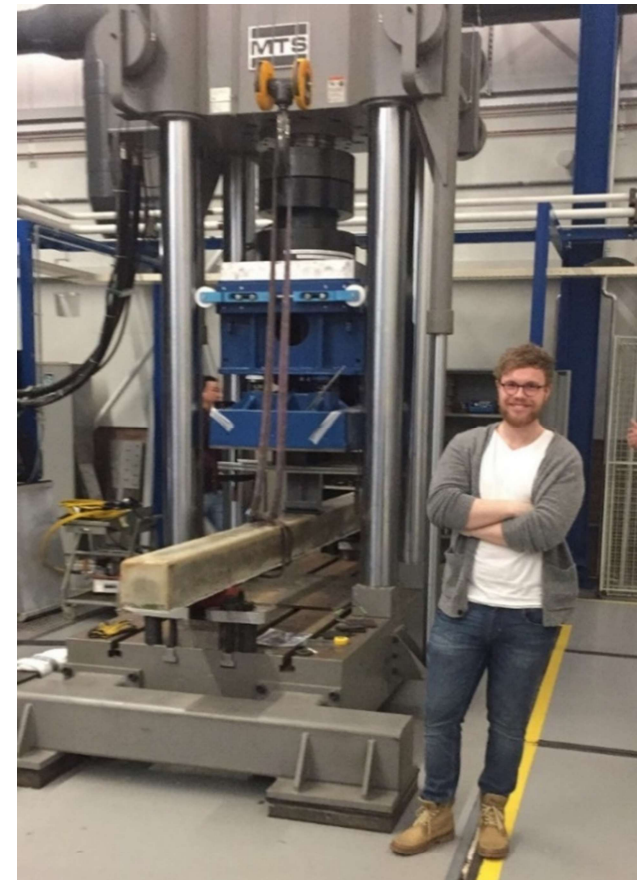
## Wrijfgordingen remmingwerk



# Demonstrator draagligger



*Vervaardiging met RTM-techniek*



*Full-scale test op de 300 tons – bank van de TU-Delft*

# Demonstrator in Lexmond

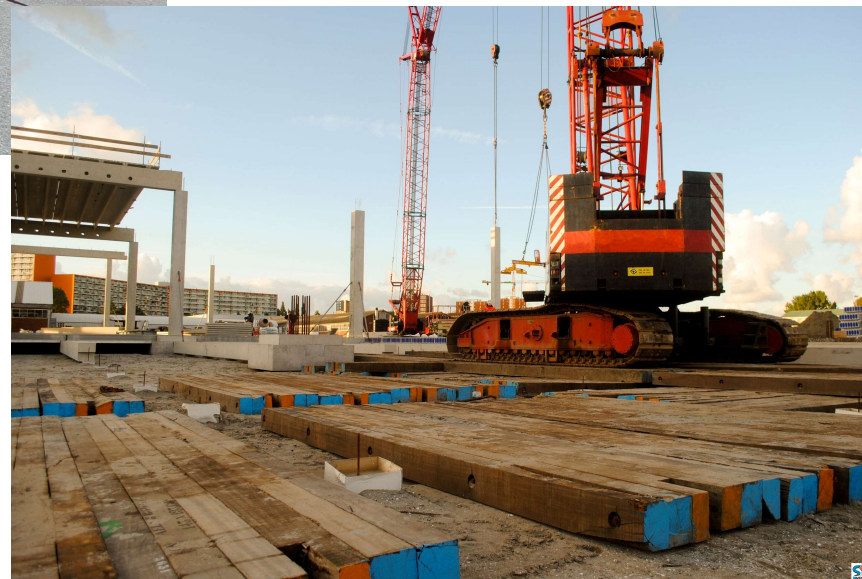
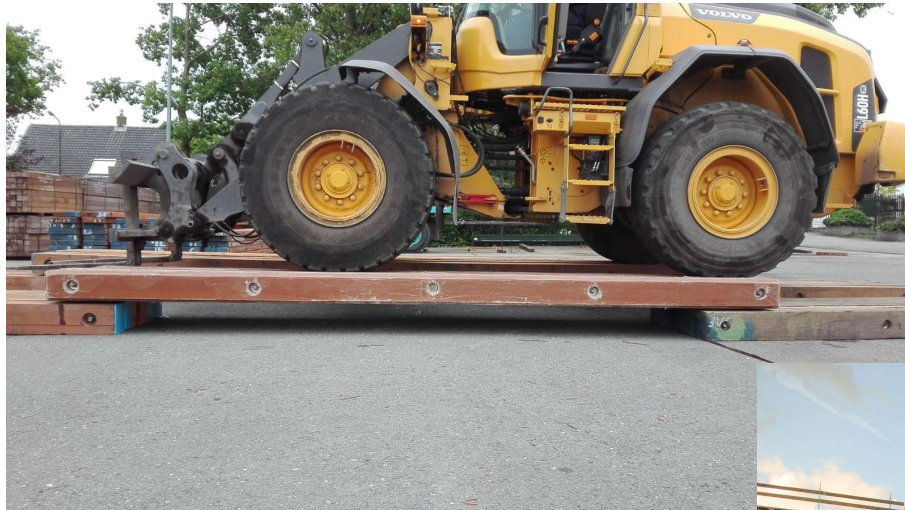
## Drukvast schot (dragline-schot)



*Trotse stagiair Richard Jansen voor zijn dragline-schot  
gemaakt van hergebruikt composiet*



# Praktijktests dragline-schotten



# Demonstrator

# Dekplanken Dinzerbrug

provinsje fryslân  
provincie fryslân



Professorship for Polymer Engineering



UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# Tests en ontwerpmethode (CUR96)

$$X_d = \eta_c \cdot X_{k(n)} / \gamma_m = \eta_c \cdot m_x \cdot \{ 1 - k_n \cdot V_x \} / \gamma_m$$



materiaaleigenschappen  
en spreiding bepaald  
middels tests

# Calculatieprogramma kosten productielijn (Business Case)

## Rekenprogramma

equipment	
machine investment	450.000 €
depreciation period	10 year
interest rate	4 %
number of production lines	1
maintenance costs	2 %

material	
collection costs EoL waste	0,00 €/kg
average virgin BMC	2,44 €/kg

labour costs	
labour costs (operators)	60 €/hour
number of operators per shift	2 FTE
available hours per shift	1.700 hours
number of shifts	2

utilities and space	
factory space	200 m <sup>2</sup>
rent	70 €/sqm
factory rent	14.000 €/year
energy use	11.781 €/year

cost overview	
equipment costs	42.000 €/year
material costs	941.352 €/year
labour costs	408.000 €/year
utilities and space costs	25.782 €/year
total manufacturing costs	1.446.533 €/year

S&R costs	
sales costs	50.000 €/year
development costs	50.000 €/year
storage costs	25.000 €/year
turning costs	30.000 €/year

Machine Assumptions	
estimated output machine	3,5 t/min
weight of product	6,3 kg/min
estimated output machine	378 kg/h
machine hours	1.400 h/year
estimated output machine	1.295 ton/year
estimated energy consumption machine	53.550 kwh

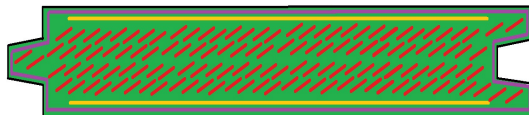
Product Assumptions	
retainer wall azobee	50 kg/m <sup>2</sup>
price azobee retainer wall	5,5 €/m <sup>2</sup>
price factor EoL retainer wall based on longer lifespan	1,90 %
selling price EoL retaine wall m <sup>2</sup>	7,2 €/m <sup>2</sup>
weight retainer wall EoL	50 kg/m <sup>2</sup>
percentage recycled content	70 %
BMC costs EoL retainer wall	36,42 €/m <sup>2</sup>
energy costs	11.781 EUR

Business case	
EoL retainer wall	25.704 m <sup>2</sup> /year
turnover	1.837.836 €/year
costs	1.601.931 €/year
profit per year	235.905 €/year
ROI	13 %

percentage recycled content	<input type="text"/>
price factor EoL retainer wall based on longer lifespan	<input type="text"/>
electricity use	<input type="text"/>
average virgin raw material costs	<input type="text"/>

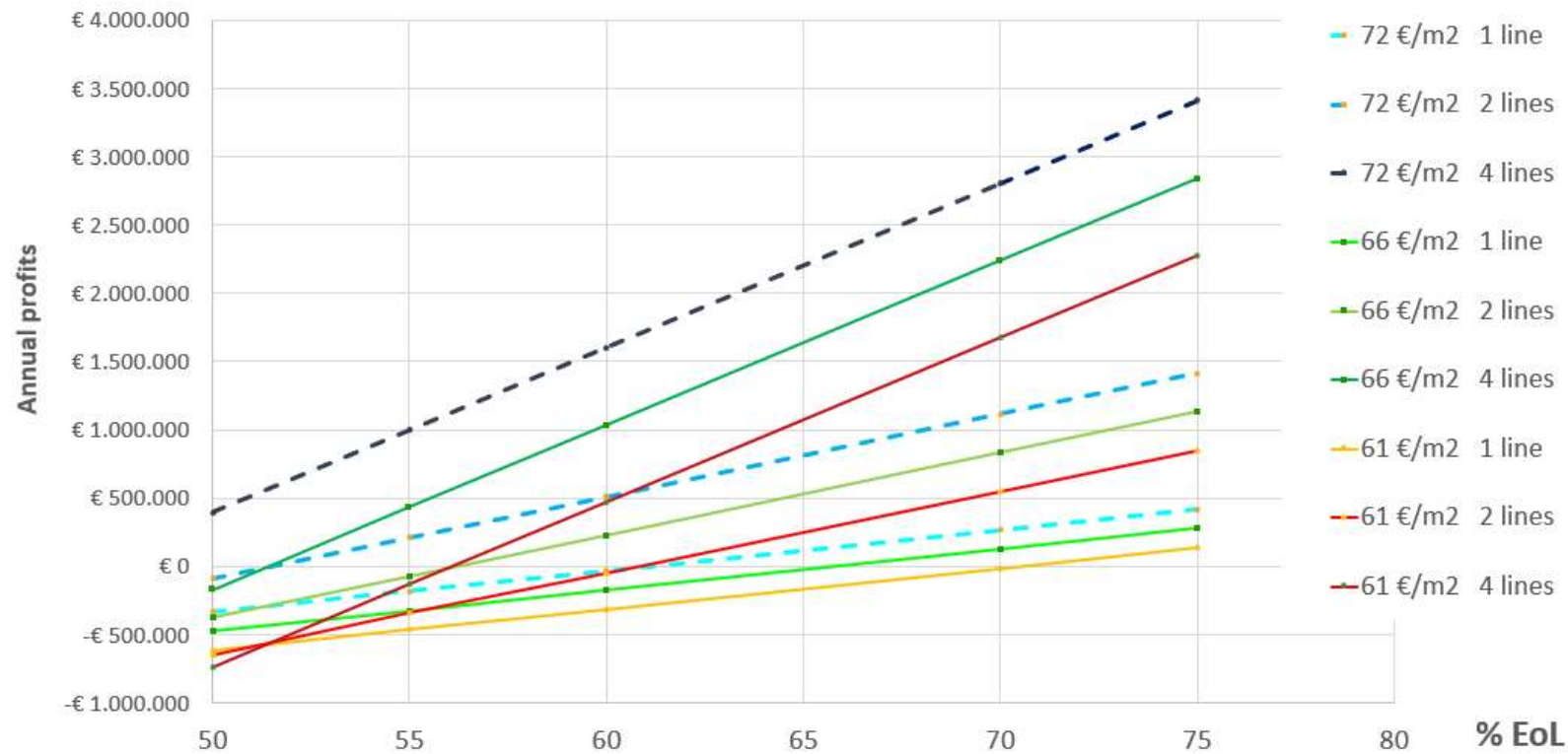
* energy use costs are not included (kwh/h)	
cost per kwh	0,22 EUR

Investering  
Overhead  
Grondstoffen  
Percentage EoL  
Arbeid  
Energie  
Verkoop



▶ *percentage EoL doorslaggevend voor winstgevendheid*

# Winstgevendheid hergebruik met push-pultrusie



# Business-Case: duurzaamheid

Gebruik van EcoCalculator van EuCIA

Functionele eenheid: damwandplank

Onderzoek CO<sub>2</sub> - footprint

Bij verschillende vervaardigingen:

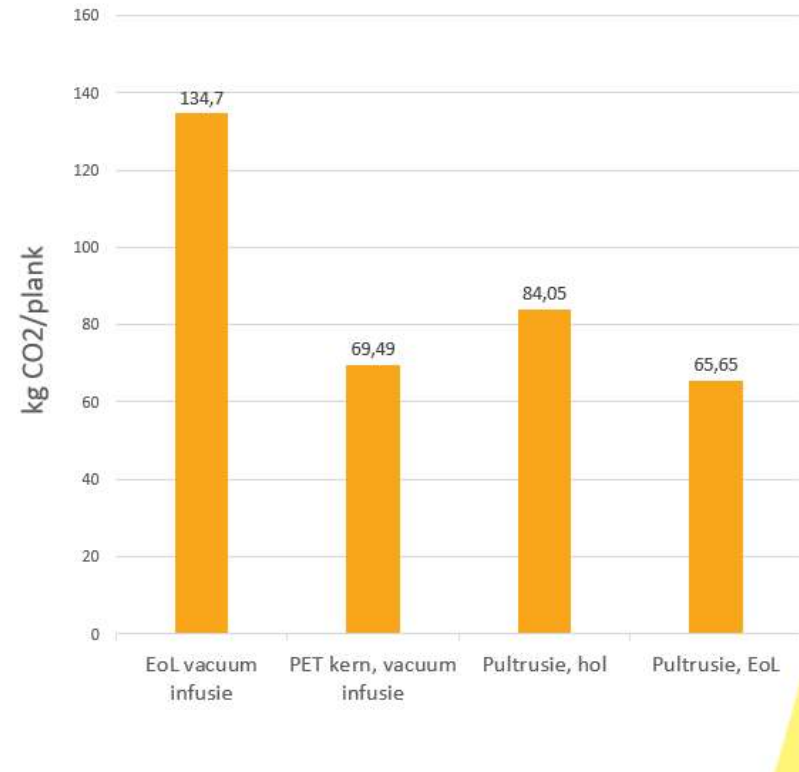
**Infusie met 50% EoL**

**Infusie met PET-kern (geheel virgin)**

**Pultrusie, hol (geheel virgin)**

**Push-Pultrusie met 70% EoL**

▶ *percentage EoL doorslaggevend voor footprint*



**BiinC**  
composites  
innovations  
sustainability

**EuCIA**  
European Composites  
Industry Association

# RAAK-project Hybride Hergebruik (2019 – 2021)

## Vraagstelling: zijn combinaties mogelijk?

- Combinatie met andere lastige EoL kunststoffen
- Voorwaarde van design for circularity
- Lange-duur gedrag (kruip, uitloging)



Op basis van onderzoek en demonstrators

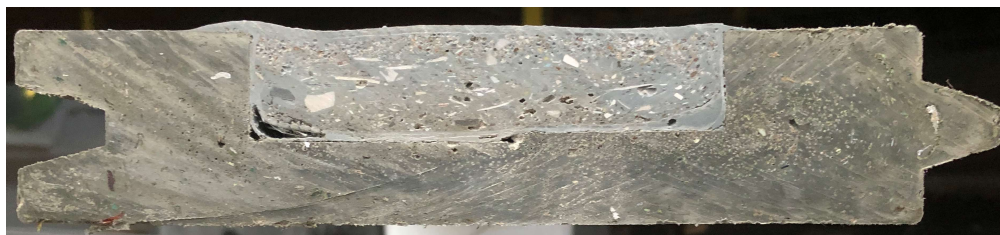


**Mix-plastics (DKR 350)**  
**60.000 ton / jaar**

**Oude autobanden**  
**9 miljoen stuks / jaar**

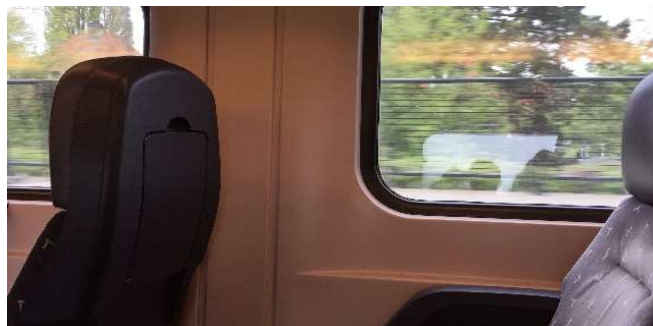


# Hergebruikt composiet als kruipvaste inlay





# Hergebruikt composiet voor dwarsliggers



# Geleidewerkbalk met autoband-kern



# Conclusies

Windesheim principe hergebruik EoL thermoset composities:

- + waterbestendig, sterk, robuust, hoog percentage EoL
- zware producten met eenvoudige vorm (profiel, plaat)

Brengt thermoset composieten in circulaire economie

Technisch bewezen producten: demonstrators

Ontwerpmethode volgens Eurocode/CUR96

Positieve business-case: 60 - 70 gew.% hergebruikt composiet

Industrialisatie en hybride toepassingen komen op gang