

# DAN-ISO A/S

## PURrecy

”Bæredygtige isolationsprodukter”,



# Hvorfor?

- Meget, der gik i container
- Vi bør kunne gøre noget ved det her
- For meget god materiale til at bare brænde det

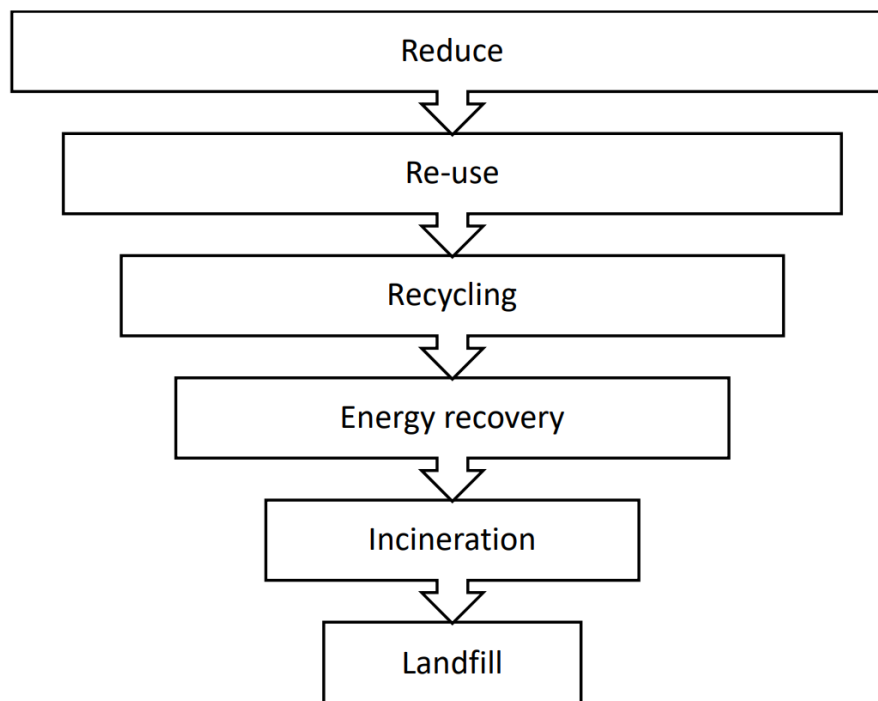


# Hvad har vi gjort indtil nu?



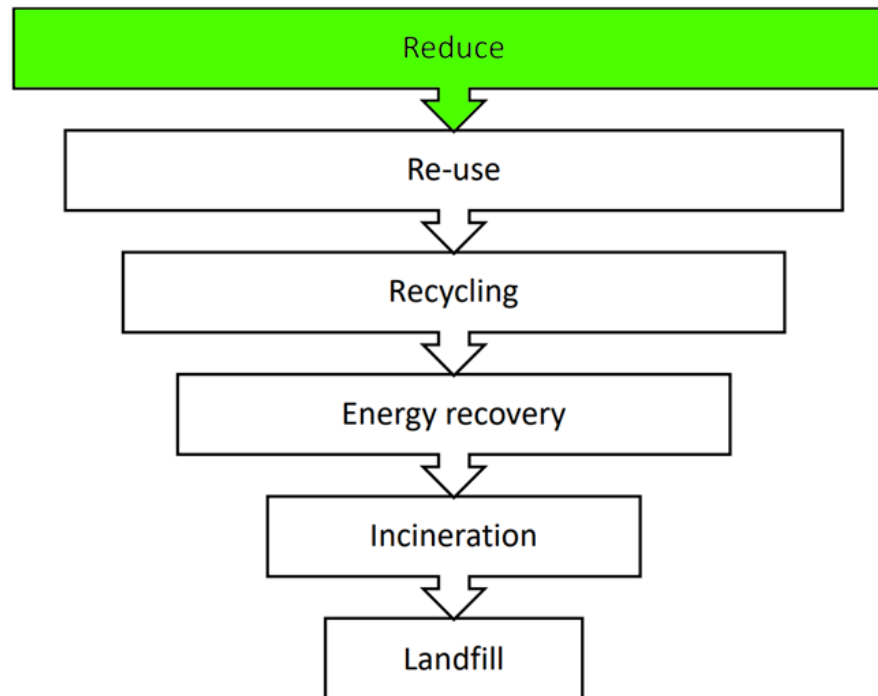
# Hvordan kan vi gøre det bedre?

- Hvad anbefales der at gøre med affald?
- EU Direktiv 2008/98/EF: Forebyggelse, genbrug, genanvendelse, energiudnyttelse, bortskaffelse
- Affaldshierarkiet (Lansinks Ladder)



# Hvad gør vi nu?

- Høj effektiv og optimeret produktion minimerer spild
- Højkvalitetsprodukter, der sikrer et langt levetid inden de skal udskiftes

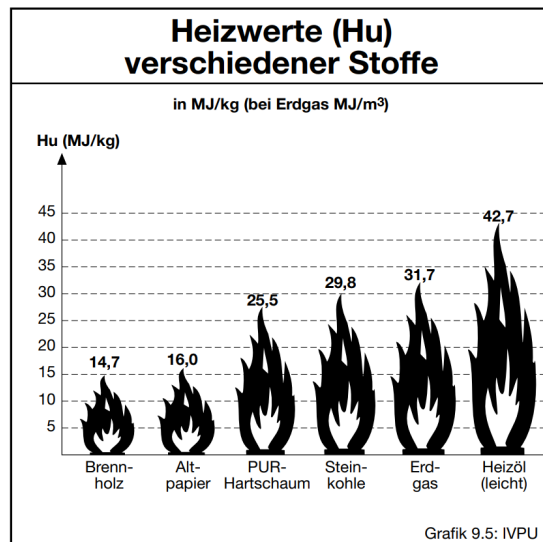


# Bæredygtig PUR

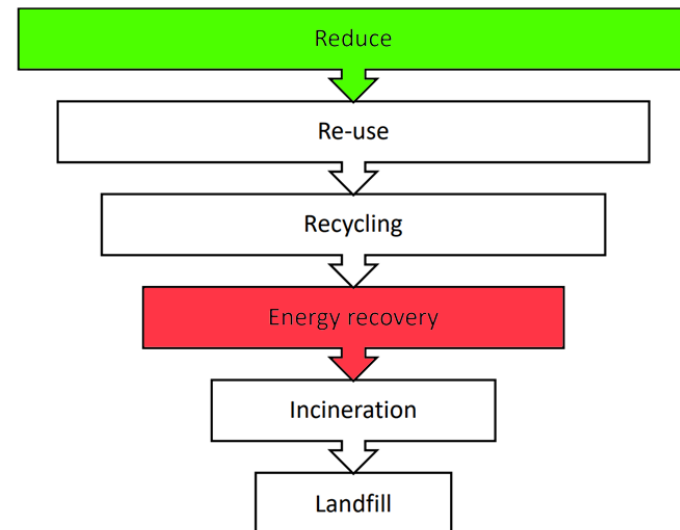
- PUR-affald er særdeles svært at genanvende
- Indtil for ca. 20 år siden var der bred enighed om, at det bedste man kunne gøre med PUR var at forbrænde og få energi ud af det.

The European PU industry, specifically for rigid PU foam, consider the recovery of energy from scrap material PUR foam from construction and demolition waste to be the best disposal option as laid down in various position papers [71,72].

Kilde: Zevenhoven, 2004, Treatment and Disposal of Polyurethane Wastes: Options for Recovery and Recycling

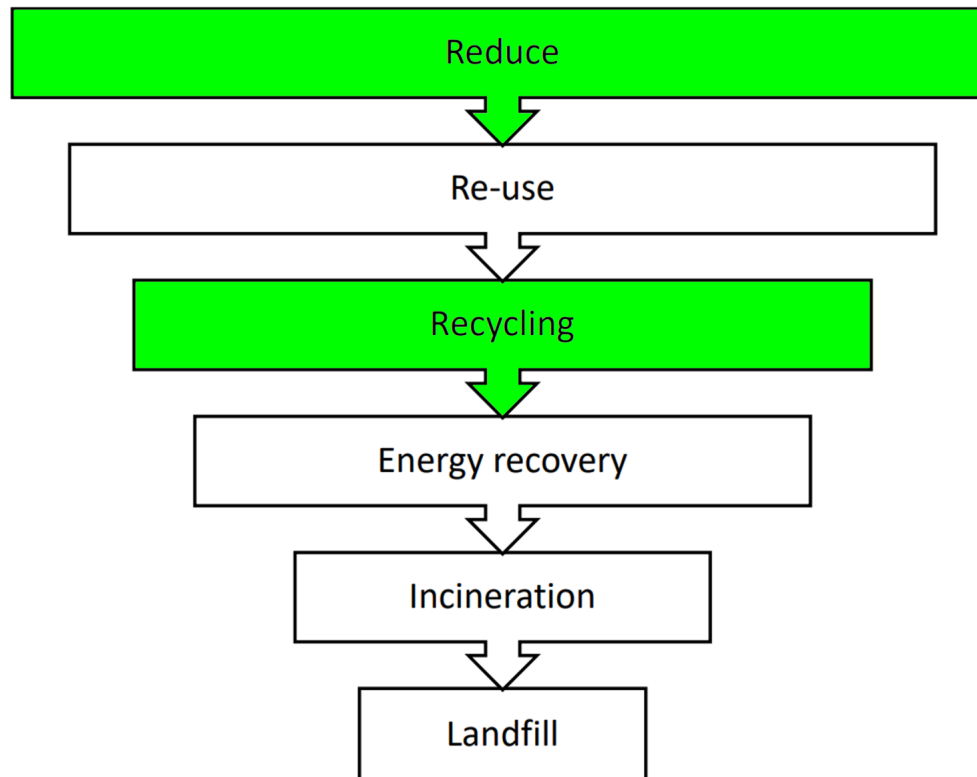


Brændværdi af PUR-skum sammenlignet med andre energikilder



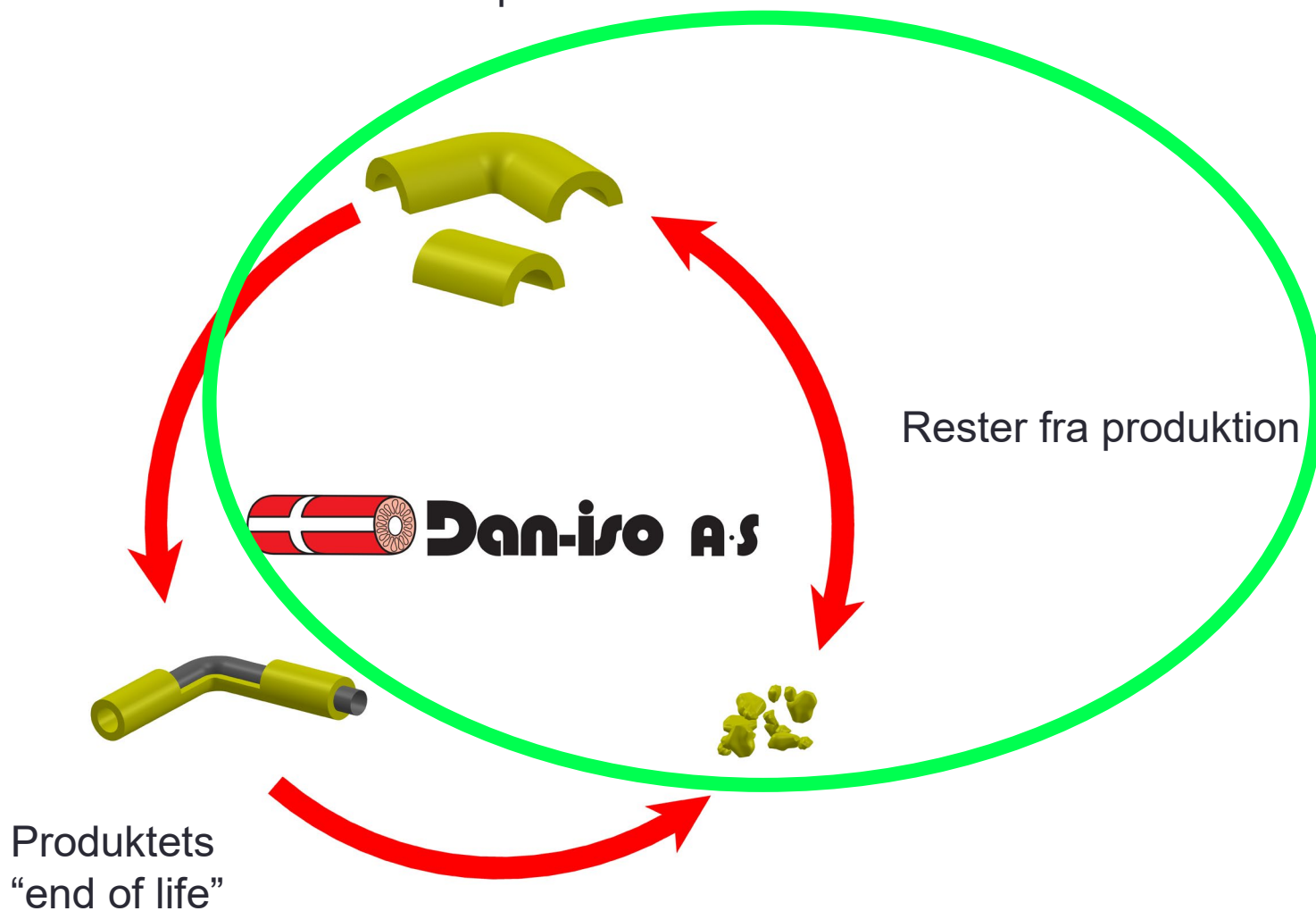
# Vores Mål med Projektet

- Vi gør meget allerede for at reducere materialeforbrug men,
- Vi vil gerne genanvende



# Vores vision for projektet

Dan-iso produkter





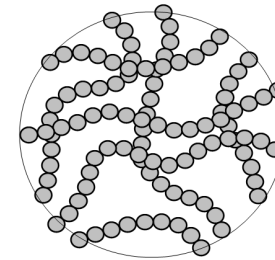
# Vores krav

- Vi skal kunne bruge vores egen affald
- Det skal være rentabel
- Det skal være bedre for miljø/klima
- Vi skal kunne gøre det "in-house"
- Der skal være simpelt

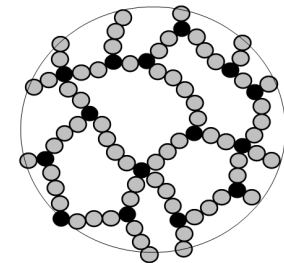


# Hvad vej skulle vi gå?

- PUR-skum kan ikke genanvendes efter de mest almindelige metoder.
- Hærdeplast indeholder stærke bindinger mellem polymerkæderne
- 4 hovedstrategier til genanvendelse
- Hvad skulle vi gå efter
- De lavthængende frugter for os



Termoplast



Hærdeplast

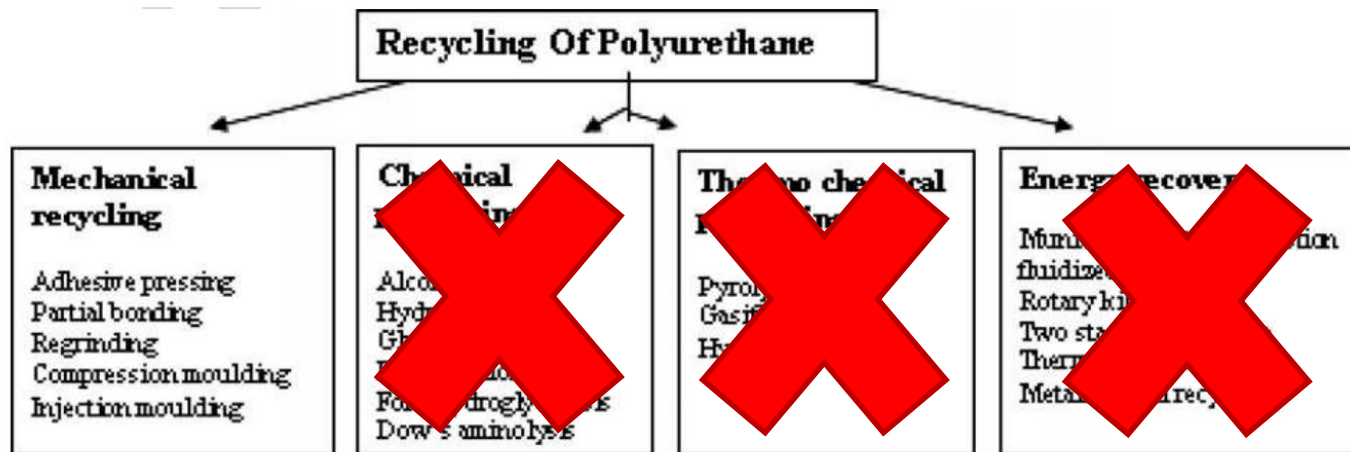


Fig. 1. Overview of options for polyurethane recycling [16].

# Mekaniske Metoder

- Der findes flere eksempler
- Ingen af dem egner sig til Dan-isos produkter eller produktion



Rebonded blødt skum



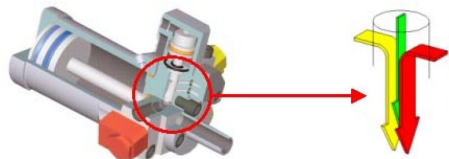
Genbrugt PUR plade fra Sundby



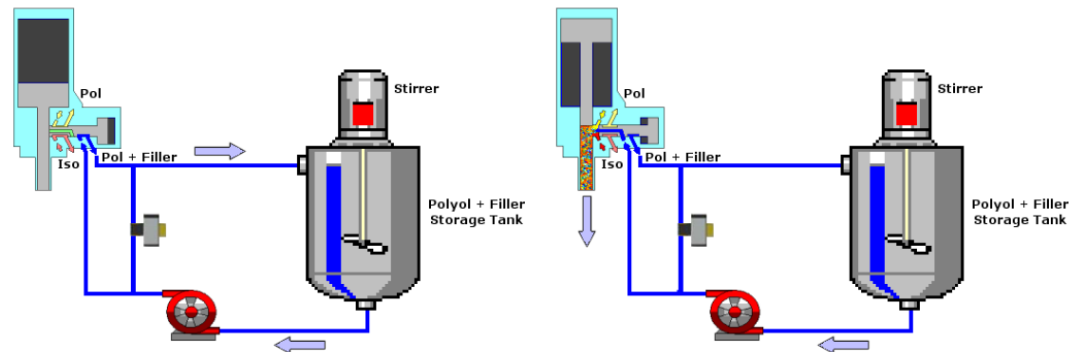
Beton med PUR granulat  
[Václavík et al., 2012]

# Har andre prøvet det?

- Der findes flere eksempler i den åbne litteratur
- Cannon Afros og Mobius Technologies har udviklet maskinprototyper til formålet



Picture 7 - Cannon FPL /3 Mixing Head with High Efficiency Axial Components Mixing



Picture 8 – Cannon prototype filler injection kit layout showing recycling and pouring phases

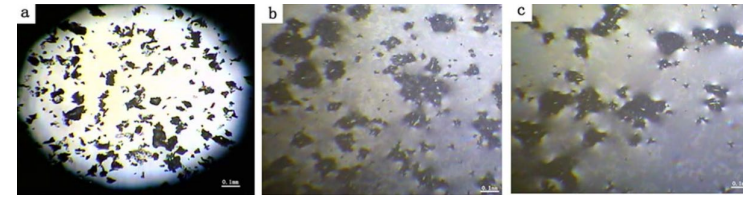
## CONCLUSIONS

The results obtained show that recycled PU powder can be used in moulded car seats at levels of up to 7% on the overall foam weight. Mobius selected this level as it was demonstrated in earlier trials that at such a level, the mechanical and physical properties of the moulded foam parts were not significantly affected and seat foams were still meeting the specific OEM specifications for car seats.

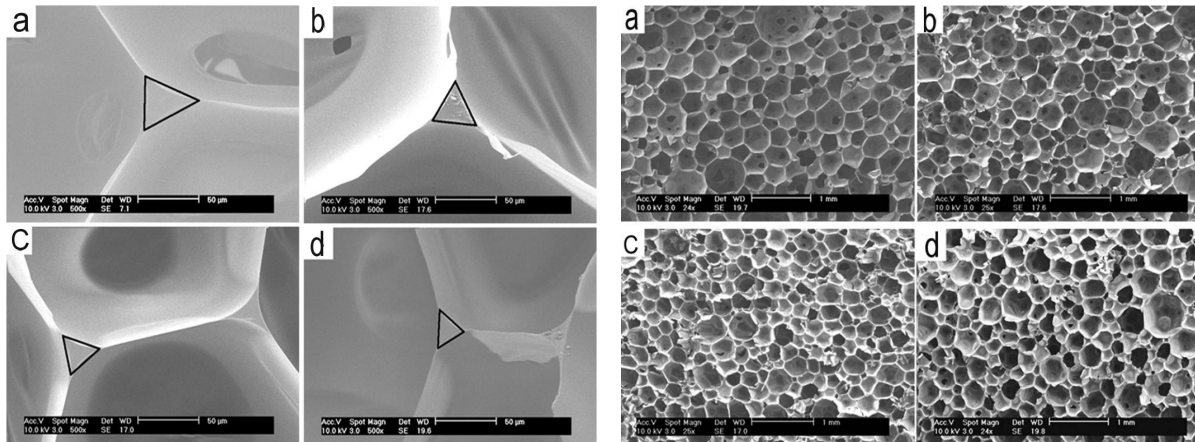
Kilde: ANDREOLLI, STEFANO & CHARIATI, CHRISTIAN & BERTHEVAS, PAUL & VILLWOCK, ROBERT. (2015). Innovative Filler Injection System for Powdered Recycled Urethane.

# Har andre prøvet det?

- Yang et al. (2013) opnåede op til 15% (Fudan University, Shanghai)
- Gode egenskaber ved både 5 og 10%
- 15% kræver en del ekstra processer samt tilføjelse og blanding af tilsætningsstoffer efter PUR



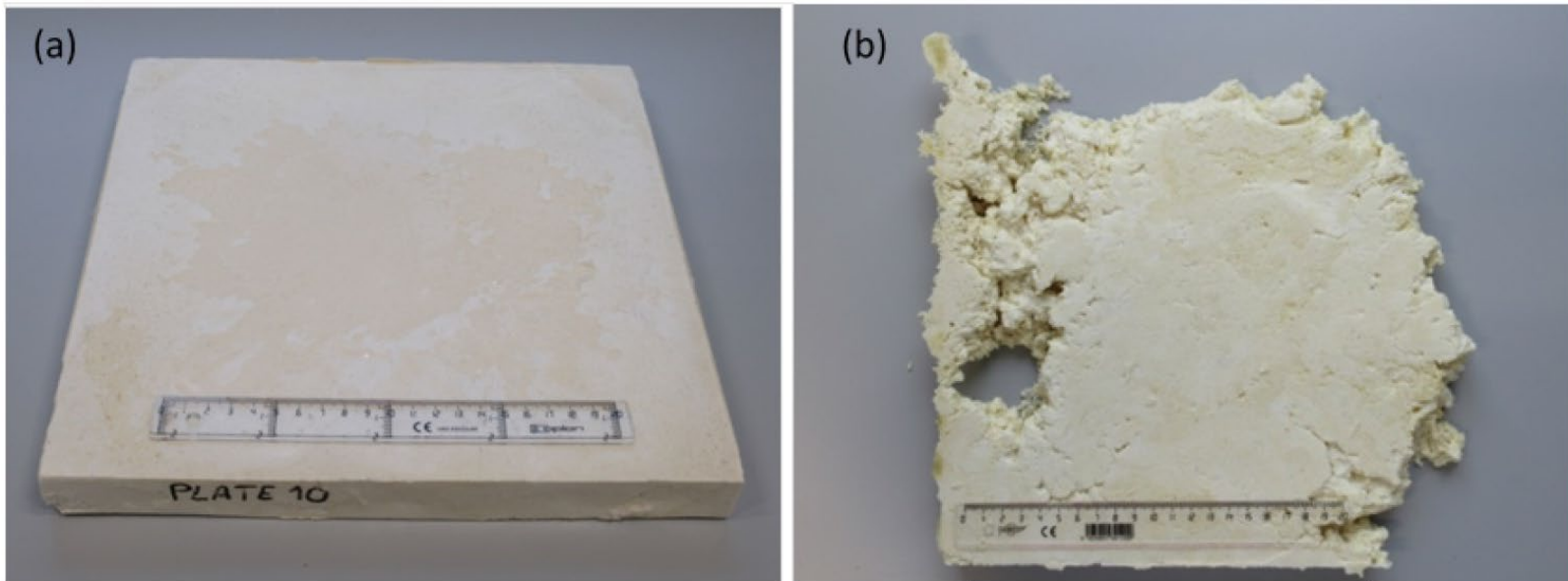
Dispersion af partikler i polyol



Skumstruktur ved forskellige mængde genbrugsmateriale

# Har andre prøvet det?

- Aranberri et al. (2022) opnåede op til 5% med gode resultater
- Anbefaler op til 3% for bedste resultater
- En maks. grænse på 3 til 10% bliver ofte nævnt i kilderne
- Grænsen kan gå op til 15%, men så bliver det kompliceret og dyrt
- Alligevel så Dan-iso det som en udfordring, der var værd at tage op

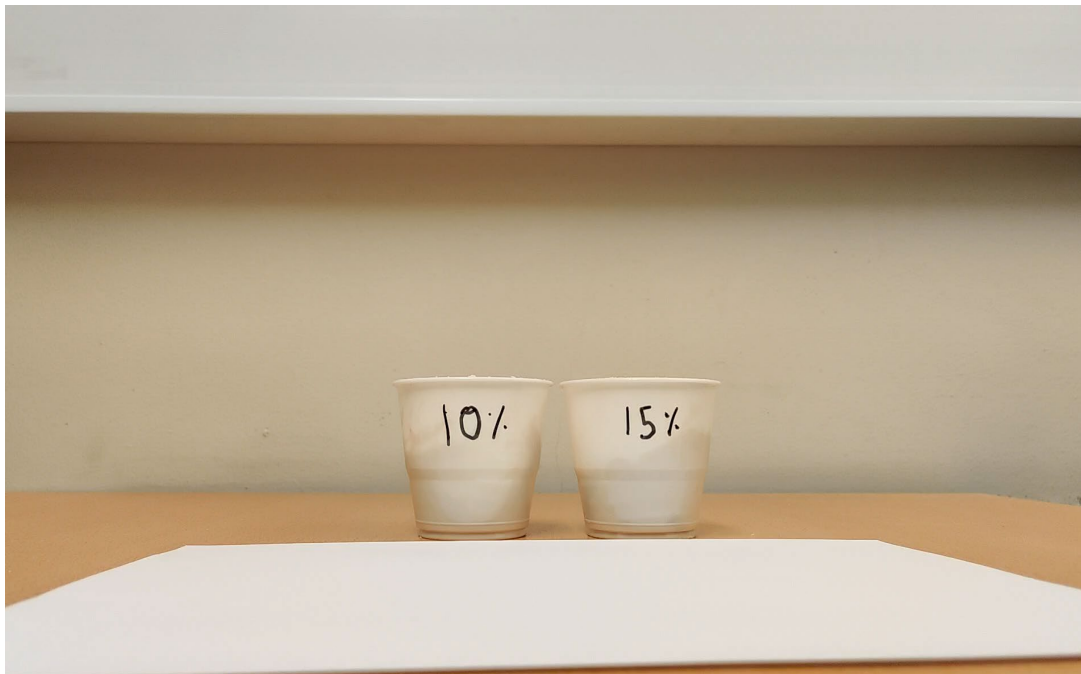


(a) Plates of rigid polyurethane foams with 3 wt% and (b) 10 wt% of recycled polyurethane foam powder.

[Aranberri et al. 2022]

# Indledende Forsøg

- Selv ved små mængder granulat, bliver væsken meget tyk
- Dette stiller meget stor krav til eksisterende produktionsudstyr
- Der var ikke så nemt (alligevel)

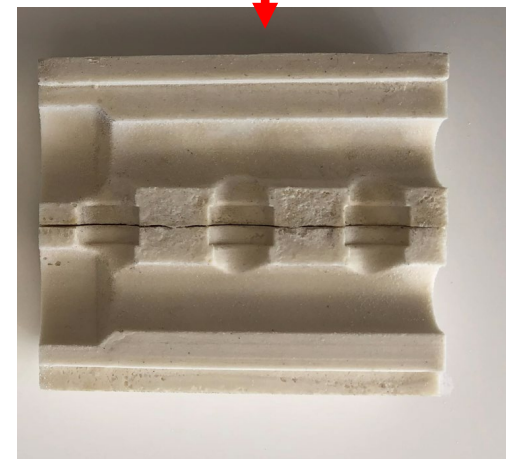
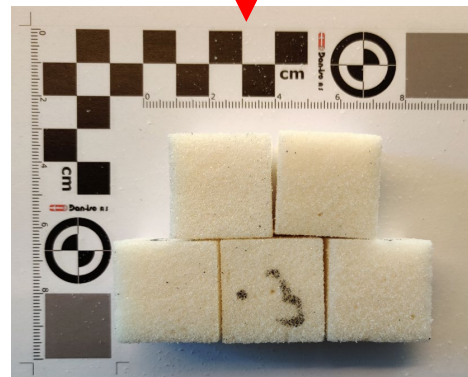


Sample	Polyol	Polyol/ PPU5wt%	Polyol/ PPU10wt%	Polyol/ PPU15wt%
Viscosity (mPa s)	1900	3400	5480	>10,000

Viskositet af polyol med tilsat PUR  
[Yang et al. 2013]

# Iterativ udvikling

- Små mængder til at starte med (2 til 3%)
- Langsom, med sikker fremgang op til >25%
- Altid med fokus på praktisk anvendelse
- Der skal stå et færdigt produkt klar i den anden ende





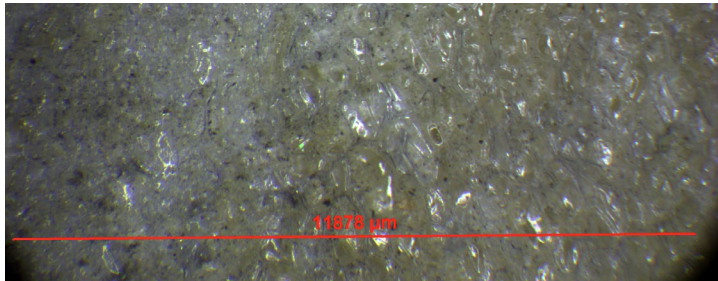
# Identifikation af nøgleparametre

- Inputparametre:
  - Blæsemidler
  - Blandingsmetoder
  - Overflade på partiklerne
  - Partikelstørrelse
  - ...
- Materialeegenskaber:
  - Densitet
  - Trykstyrke
  - Lambda
  - Stivhed
  - ...
- Produktionsparametre:
  - Samspil med forskellige formgeometrier
  - Samspil af processerne med vores skummaskiner
  - Ekstra processer, der skal implementeres
  - ...

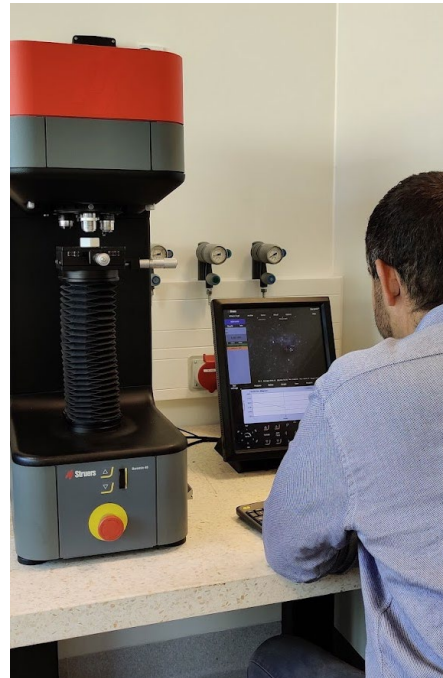


# Undersøgelser af materialet

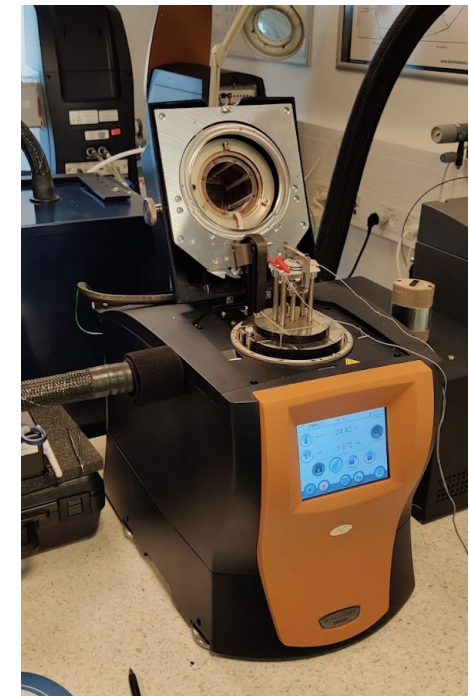
- Egenskaber på materialet, samt produktionsparametre, der styrer dem, er blevet undersøgt ved diverse metoder



Trykstrykemålinger



Mikroskopiundersøgelser

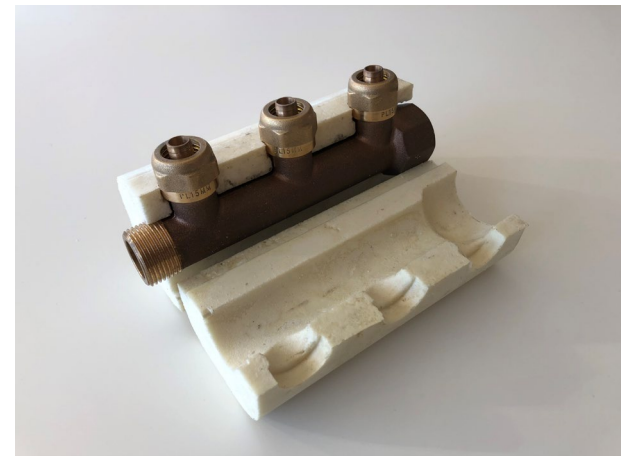


Måling af termiske egenskaber

# Hvor er Dan-iso?

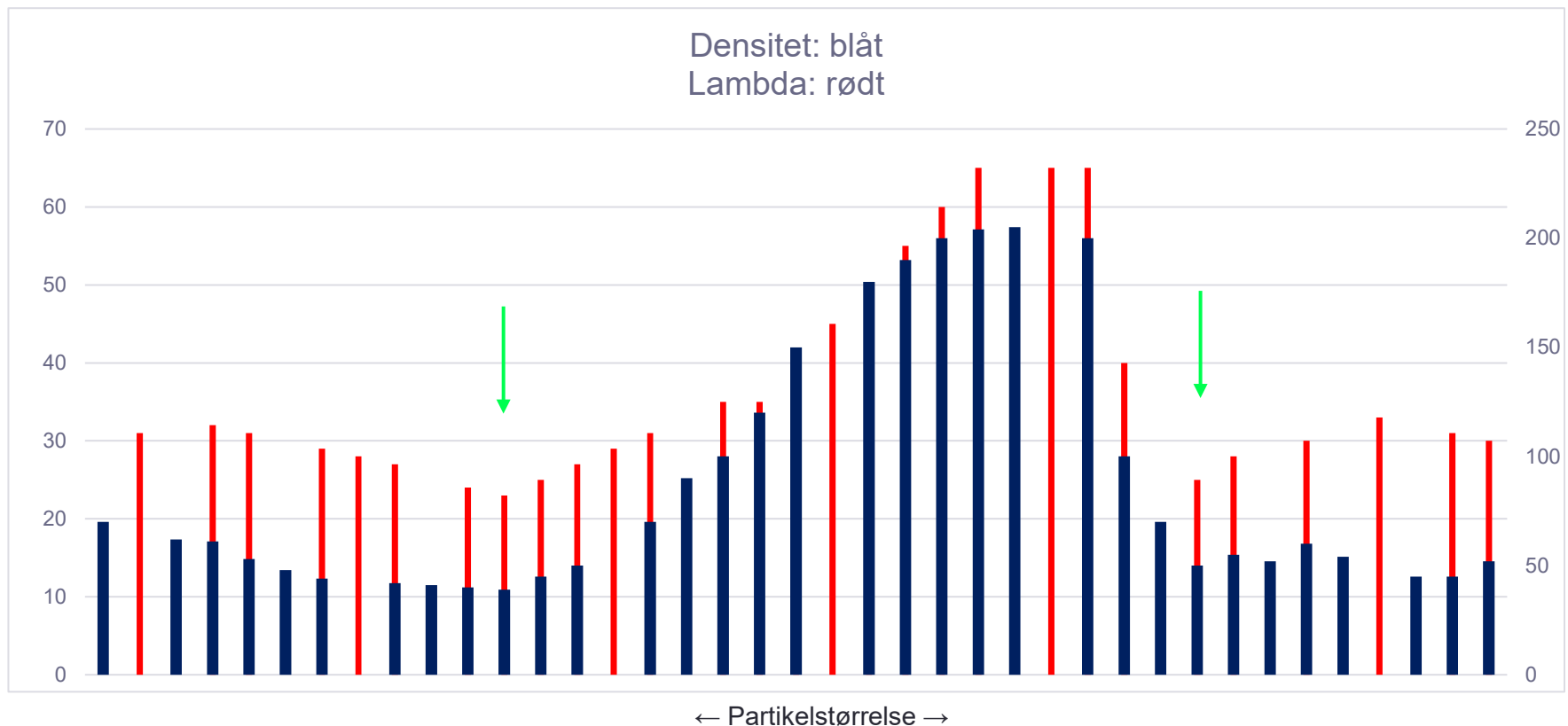
To spor:

- Spor 1: 40% til 45% genanvendt materiale
  - **Fordele:**
    - Høj procent af genanvendt materiale
    - Kræver få nye processer
    - Kan implementeres i vores nuværende produktion
    - God trykstyrke
    - Materialeudnyttelse ~95%
  - **Ulemper:**
    - Lambdaværdi stiger en smule ( $2-3\text{mW/m}\cdot\text{K}$ )
    - Kosmetisk forskelligt fra ren skum
- Spor 2: 23% til 27% genanvendt materiale
  - **Fordele:**
    - Rigtig god isolering
    - Enkelte målinger viser lidt bedre værdier end ren skum ( $1-2\text{mW/m}\cdot\text{K}$ )
    - Meget alsidig i forhold til forskellige geometrier
    - Materialeudnyttelse ~97%
  - **Ulemper:**
    - Fald i trykstyrke sammenlignet med skum af samme densitet
    - Kræver flere nye processer
    - Kræver udvikling og test af en hel ny maskine og proces



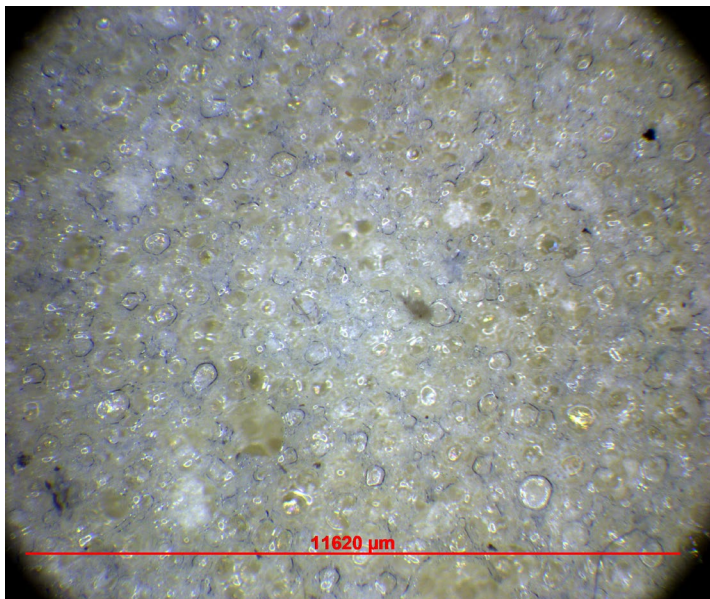
# Hvorfor to spor?

- Indledende undersøgelser viser to "sweet-spots"
- Udgangspunktet har været densiteten samt lambdaværdi
- Andre egenskaber, så som trykstyrke, topper også i nærheden de to "sweet-spots"
- Der sker "et eller andet" lige der

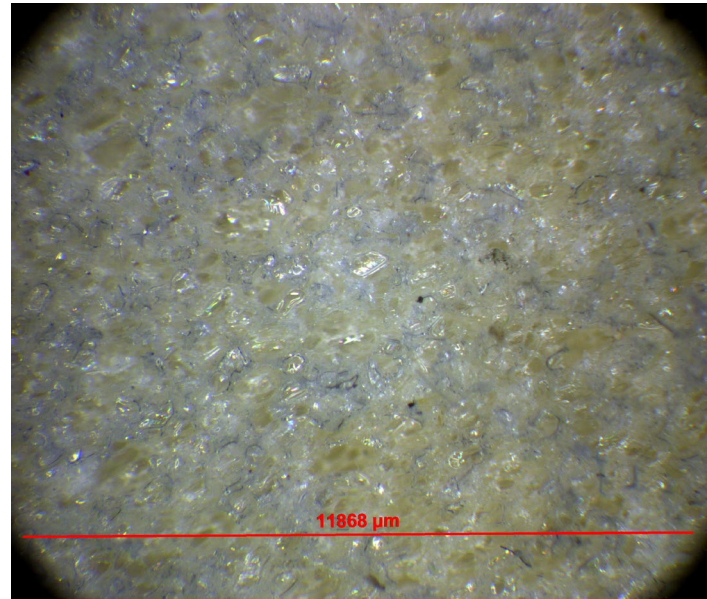


# Hvorfor lige der?

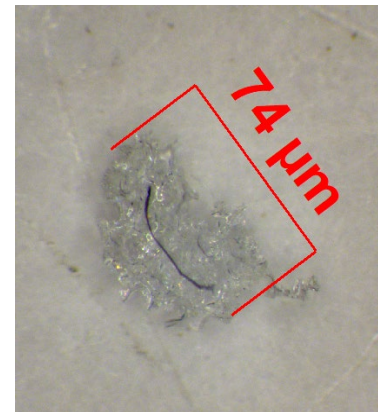
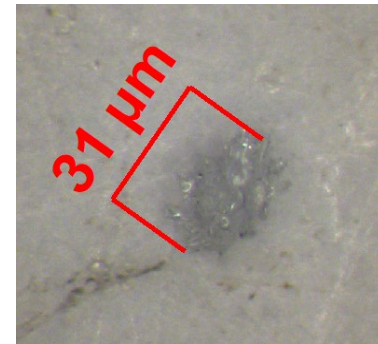
- Sammenspillet mellem væsken og partikeloverfladen er afgørende
- Mikroskopiske undersøgelser kaster lys over mulige årsager



Mikroskopisk struktur af ren skum



Mikroskopisk struktur af skum med 25% PUR-rester



Partikler under  
mikroskop

# Hvorfor lige der?

Ved små partikler:

- Vi ser en meget ensartet dispersion af partiklerne lige der
- Den karakteristiske overflade på partiklerne "passer" til cellestørrelsen
  - Godt under opskumning
- "Pakning" af partiklerne i væskestadiet er ensartet

Pore structure of 15% sample

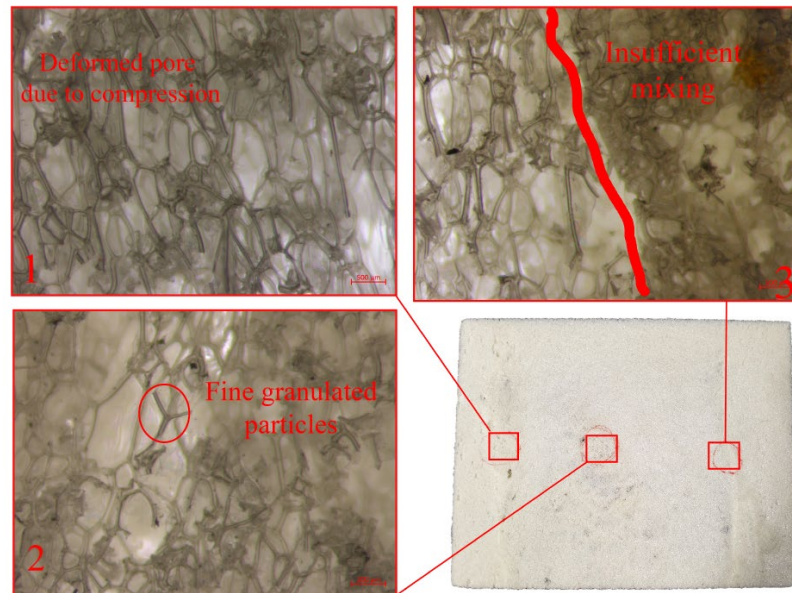


Figure G.2. Fine granulated 15% sample

Mikroskopisk struktur af skum med 15% regenerat som små partikler viser "gode" celler

# Hvorfor lige der?

Ved store partikler:

- Partiklerne tillader væsken at løbe sig omkring dem
- Den karakteristiske overflade på partiklerne suger ikke for meget energi fra reaktionen
  - Godt under opskumning
- ” Sidst men ikke mindst, begge områder/teknikker egner sig til produktion

Pore structure of 35% coarse granulated sample

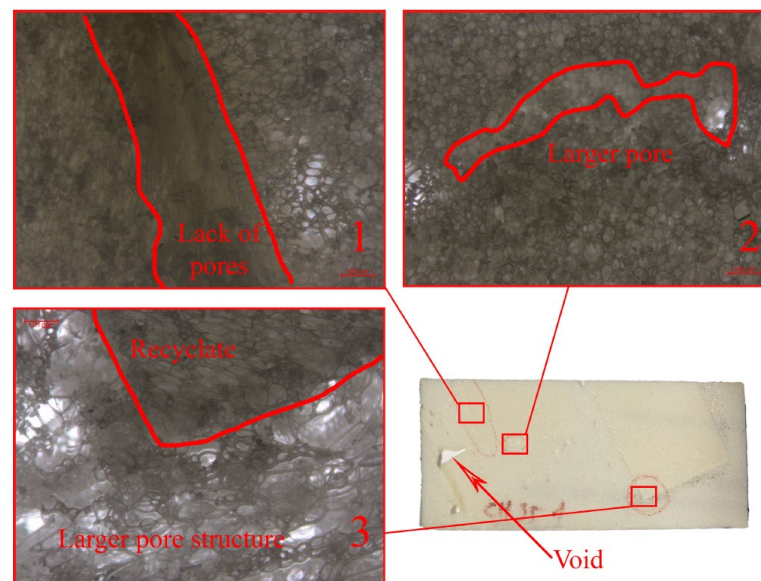


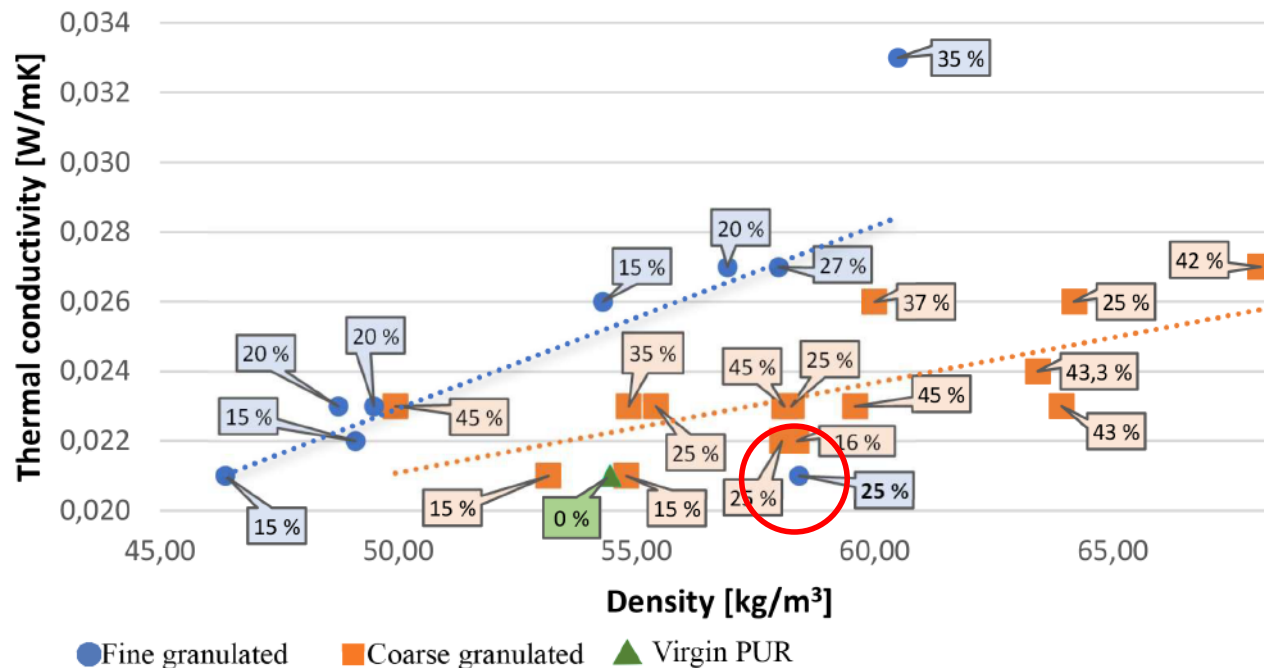
Figure G.7. Coarse granulated 35% sample

Mikroskopisk struktur af skum med 35% regenerat som små partikler viser små huller omkring partikeloverflade som ikke giver negative påvirkninger af egenskaberne

# Detaljeret parametrisk studie

- De mekaniske og termiske egenskaber ved forskellige genanvendelsesprocenter og produktionsteknikker er blevet undersøgt
- Ved de seneste produktionsteknikker opnår vi enestående isoleringsværdier med op til 25% regenerat

**Thermal conductivity measurements**





# Indledende EPD

- Indledende EPD foretaget i samarbejdet AAU Build viser betydelig forbedringer ift. Standard PUR

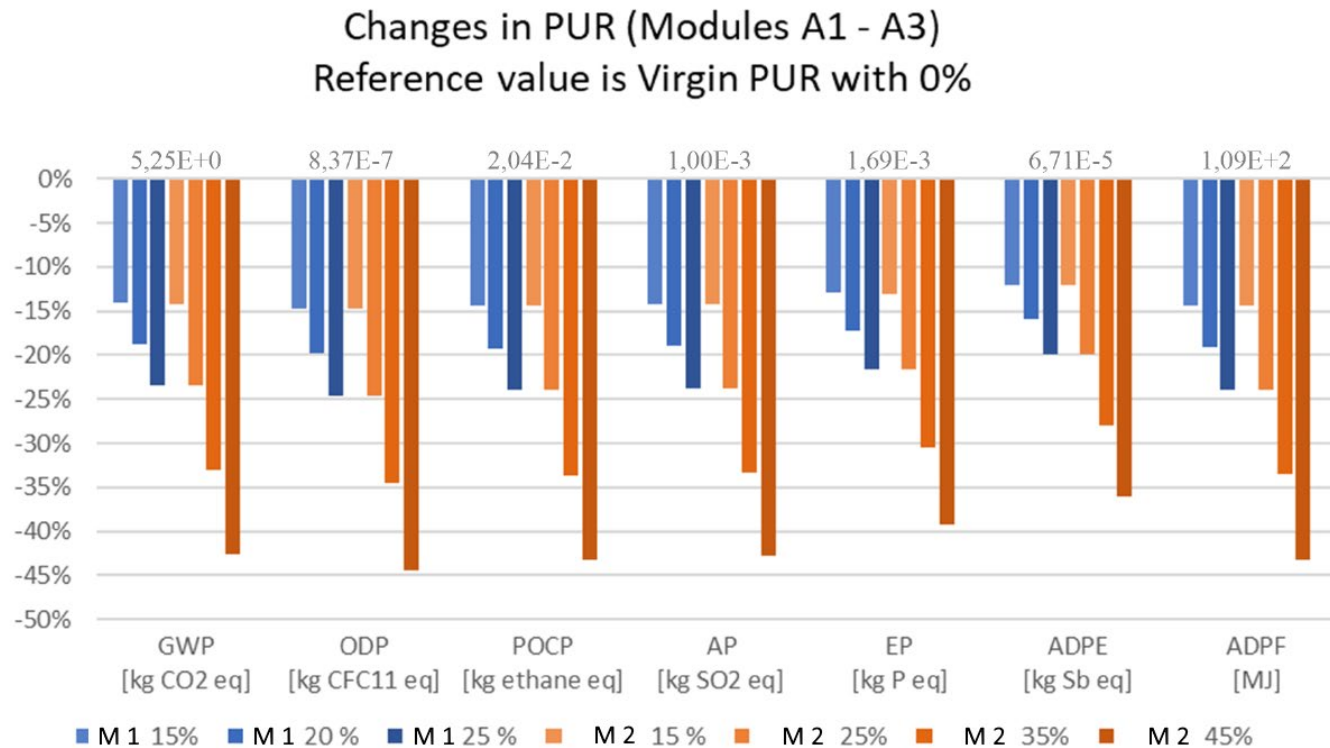
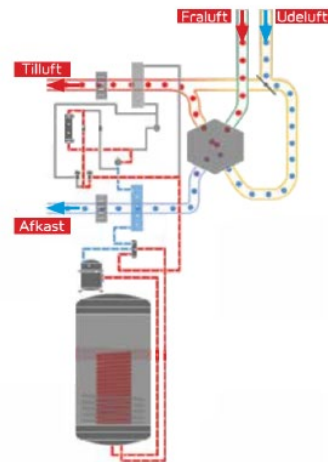


Figure G.3. Changes in PUR. (Modules A1 - A3)

# Hvad nu?

- Opnå en dybere forståelse, som kan give højere regenerat værdier
  - Køre videre af de spor, vi arbejder med nu
- Undersøge praktiske anvendelsesmuligheder
  - Projekt med AAU Build om bl.a. DHW og energiforbrug
- Undersøge bæredygtighed
  - Projekt med AAU Build LCA/LCC på materialet
- Vi har to stabile processer, på vej til at blive automatiseret



# Cirkulær Produkter

Dan-iso produkter  
(op til 40% genbrugsmateriale)

