

Broer i aluminium – nyt materiale i moderne brodesign

René Yde Jensen og Geir Mosaker
Odense 24-03-2026

Hvem er vi

René Yde Jensen

Account Manager hos Hydro Extrusion Denmark,
12 års erfaring i Hydro,
Første 10 år som tekniker, udvikler og projektleder for løsninger inden for aluminiumskonstruktioner til alle brancher til dansk industri.



Geir Mosaker

Leder af Udvikling – Infrastruktur hos Leirvik
Uddannet ved Universitetet i Bergen,
Cand.scient. i anvendt matematik.
16 års erfaring hos Leirvik AS, først som designer og nu de seneste 6 år med forskning og udvikling af aluminiumsbroer.

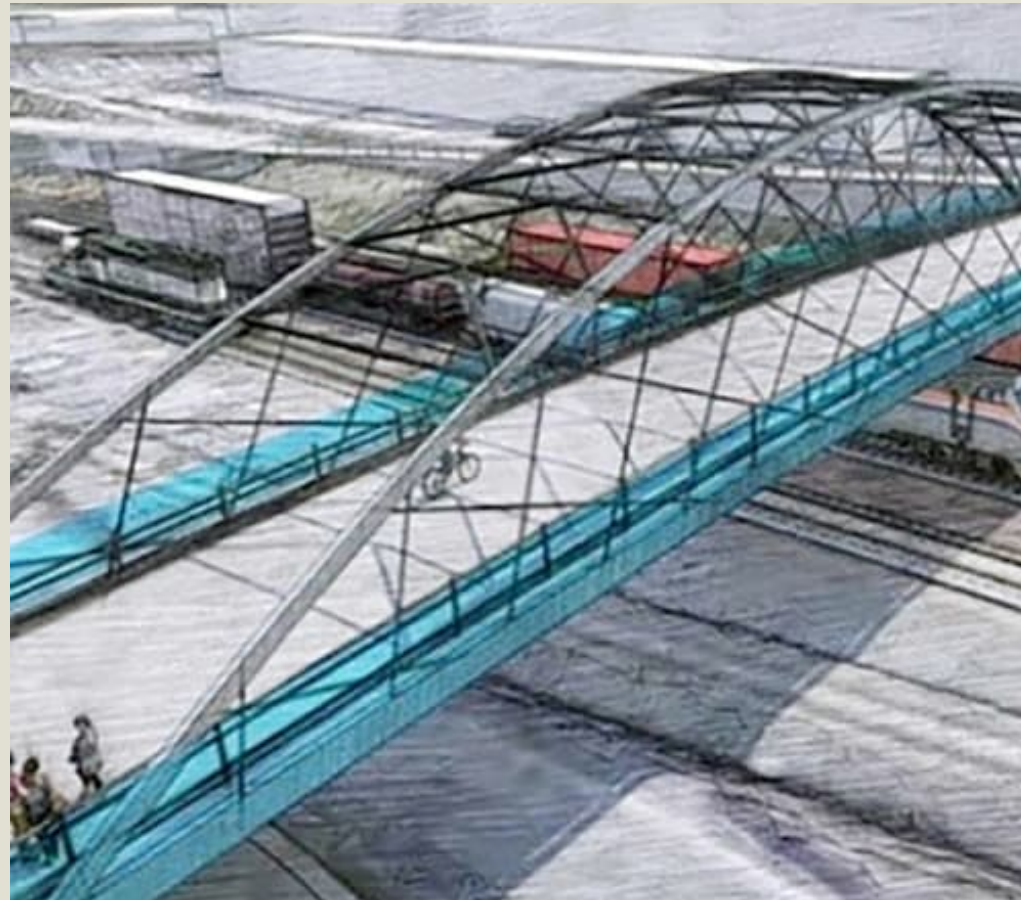


Martin Lundorff Jensen

Technical support hos Hydro Extrusion Denmark, 5 års erfaring i Hydro,
Første 3 år som tekniker, med ansvar for udvikling af aluminiumsprofiler til danske kunder.
De seneste 2 år siddet som Sustainable Coordinator med ansvar for optimering af grønnere aluminiumsprofiler.



Hangarbridge i Trondheim



Broer i aluminium – nyt materiale i moderne brodesign

Nyt konstruksjonsprincip i moderne
brodesign

Hangarbridge i Trondheim

Dansk Brodag – 23. marts 2026



SAFE STEPS
IF YOU SEE IT, YOU OWN IT

LQ ONE

Prosjektpartnere – Hangarbrua



Statens vegvesen

- Bro: Globalmodell
- Alle andre disipliner

COWI


- Bro: Dimensjonering

LEIRVIK®

Prosjektering

LEIRVIK®

- Prefabrikasjon
- Transport
- Montasje

 **Hydro**

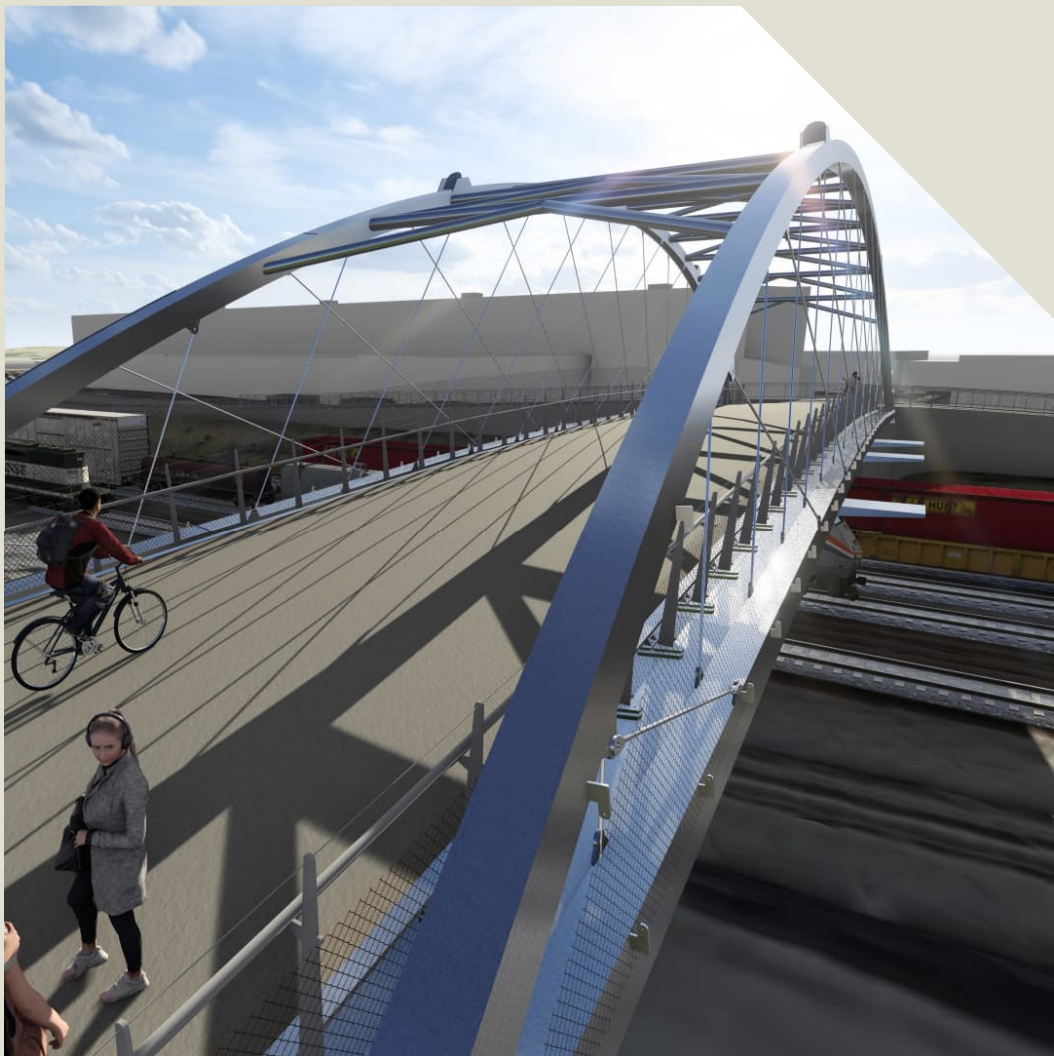
- Resirkulert dekk
- Profiler

Bygging



Originalplan

- Rustfritt materiale
- Underliggende bæring
- Søyle mellom togspor
- Hevet terreng
- 140tonn

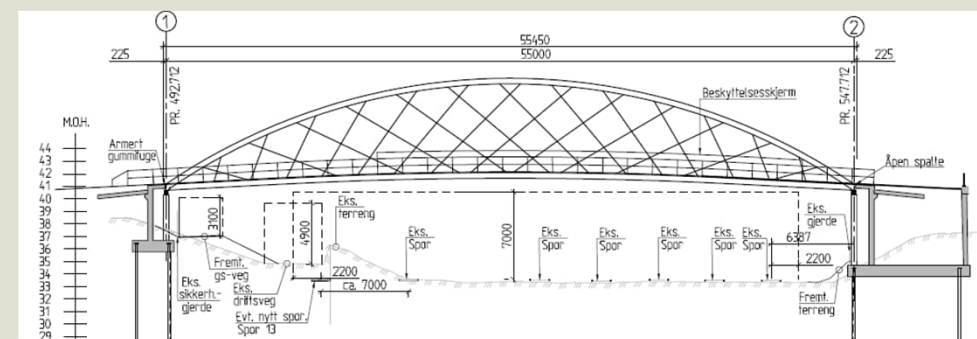
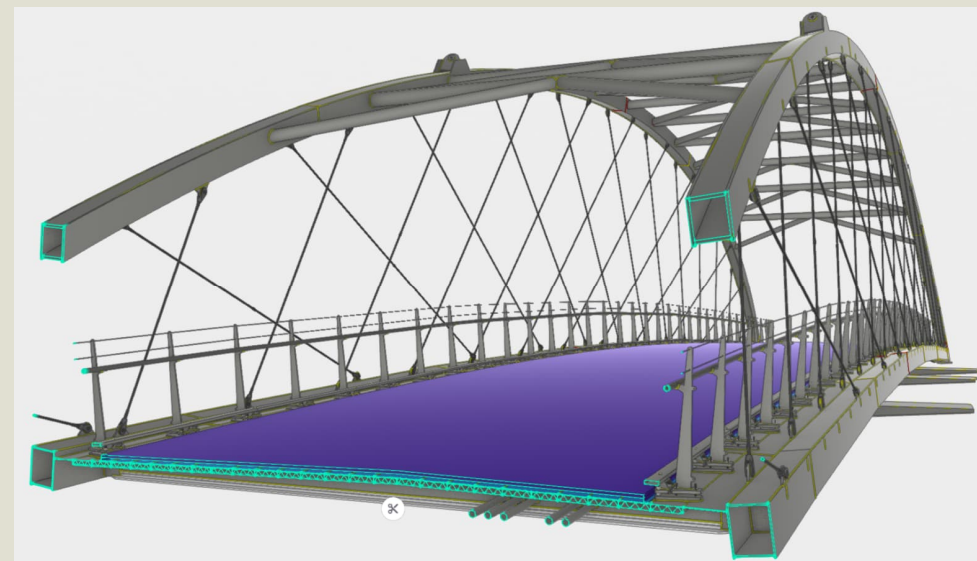


Forbedret konsept

- Aluminium materiale
 - Overliggende bæring
 - Ingen søyle mellom togspor
 - Senket terreng
 - 60tonn (sparer 80 tonn)
 - Ingen pæler under fundament
 - Enkel installasjon
- = Redusert total kostnad og risiko!

Konstruksjonen

- Aluminiumslegeringer:
 - AA5383-H321 (plater) i buen og gurt
 - AA6082-T6 (profiler) i dekk og fagverk
- Rustfritt stål (duplex) i strekkstag
- Ett spenn, total lengde 55 meter
- Bredde 9.5 meter, høyde 8.0 meter
- Gang- og sykkelbro – 3 baner:
 - 2 x 2m sykkelbane
 - 2.5m gangbane



Kort om stål vs aluminium

Regelverk	Stål	Aluminium
Prosjekteringsstandard	DS/EN 1993 (EC3)	DS/EN 1999 (EC9)
Utførelsesstandard	DS/EN 1090-2	DS/EN 1090-3
Materialstandarder	DS/EN 10025 etc	DS/EN 485 & DS/EN 755
Prosjektering av broer	Kap 4.3	<i>Ikke ennå utarbeidet</i>
Arbejdsbeskrivelse	Egen bok	<i>Ikke ennå utarbeidet</i>

Egenskap	Stål	Aluminium
Tetthet [kg/m ³]	7 850	2 700
E-modul [MPa]	210 000	70 000
Flytspenning [MPa], f_o	275, 355, 420	100 - 260
Flytspenning [MPa], $f_{o.haz}$	≥275, 355, 420	100 - 155

$$Alu = \frac{Stål}{3}$$

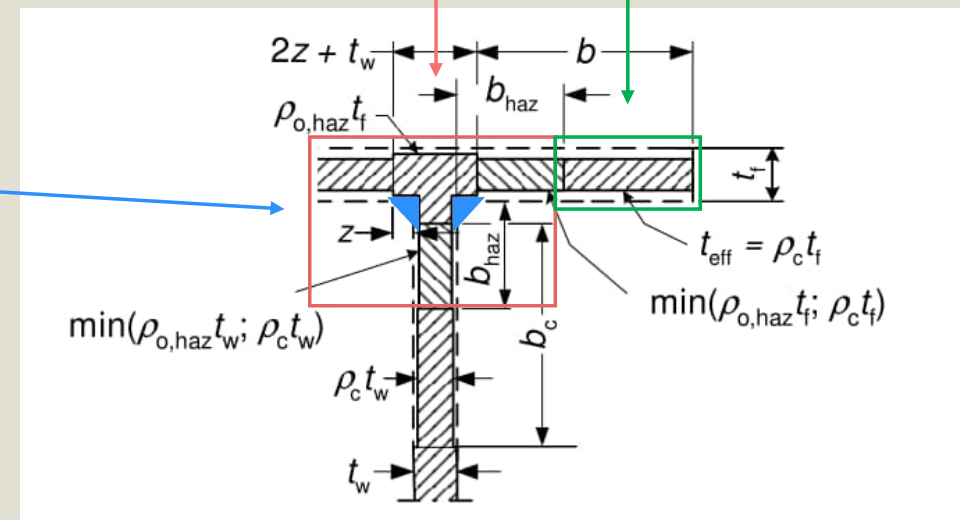
HAZ = Heat-affected zone: $\frac{f_{o.haz}}{f_o} \geq 1$ $\frac{f_{o.haz}}{f_o} \approx 0.50 - 1.00$

Prosjektering av aluminium – EN 1999-1-1

Kapasitetskontroller gjøres ved at man bruker effektive tverrsnitt basert på utbredelse av **HAZ** og **slankhet**.

I et designperspektiv er det viktig å ha kontroll på:

- Byggemetode / Plassering av sveiser
- **Langsgående sveiser**
- Tverrsveiser
- Midlertidige sveiser



Kapasitet mot knekking / buckling (aksialkraft)

→ Et eksempel som viser likhet og ulikhet mot stål

Reduserer kapasiteten på grunn av langsgående HAZ

Reduserer kapasiteten på grunn av global stabilitet

Reduserer kapasiteten på grunn av lokal knekking (klasse 4 tverrsnitt)

$$N_{b,Rd} = \chi \kappa A_{eff} f_o / \gamma_{M1} \quad (6.49)$$

where:

χ is the reduction factor for the relevant buckling mode as given in 6.3.1.2.

κ is a factor to allow for the weakening effects of welding. For longitudinally welded member κ is given in Table 6.5 for flexural buckling and $\kappa = 1$ for torsional and torsional-flexural buckling. In case of transversally welded member $\kappa = \omega_x$ according to 6.3.3.3.

A_{eff} is the effective area allowing for local buckling for class 4 cross-section. For torsional and torsional-flexural buckling see Table 6.7.

$A_{eff} = A$ for class 1, 2 or 3 cross-section

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \text{ for tverrsnittsklasse 1, 2 eller 3} \quad (6.47)$$

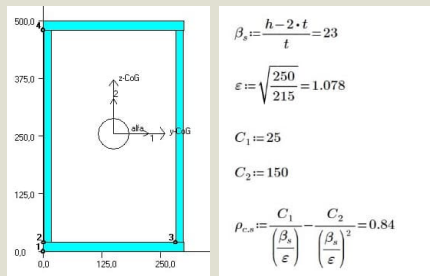
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \text{ for tverrsnittsklasse 4} \quad (6.48)$$

Aluminium

Stål

Box 500x300x20 – oppsveist av plater

1. Reduksjon for effektivt tverrsnitt (steg er klasse 4):



$$A_{gr} := 3.04 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff} := 2.813 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

2. Reduksjonsfaktor for langsgående sveiser:

Table 6.5 - Values of κ factor for member with longitudinal welds

Class A material according to Table 3.2	Class B material according to Table 3.2
$\kappa = 1 - \left(1 - \frac{A_1}{A}\right) 10^{-\bar{\lambda}} - \left(0,05 + 0,1 \frac{A_1}{A}\right) \bar{\lambda}^{1,3(1-\bar{\lambda})}$ <p>with $A_1 = A - A_{haz}(1 - \rho_{o,haz})$ in which A_{haz} = area of HAZ</p>	$\kappa = 1 \text{ if } \bar{\lambda} \leq 0,2$ $\kappa = 1 + 0,04(4\bar{\lambda})^{(0,5-\bar{\lambda})} - 0,22\bar{\lambda}^{1,4(1-\bar{\lambda})}$ <p>if $\bar{\lambda} > 0,2$</p>

Table 6.6 - Values of α and $\bar{\lambda}_0$ for flexural buckling

Material buckling class according to Table 3.2	α	$\bar{\lambda}_0$
Class A	0,20	0,10
Class B	0,32	0,00

$$\kappa := 1 + 0,04 \cdot (4 \cdot \lambda_{bar})^{(0,5 - \lambda_{bar})} - 0,22 \cdot \lambda_{bar}^{1,4 \cdot (1 - \lambda_{bar})} = 0,8$$

3. Reduksjonsfaktor for global stabilitet:

$$E := 70 \text{ GPa}$$

$$I_g := 4.514 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$A_{eff} := 2.813 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

$$L := 8 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_g}{L^2} = 4873 \text{ kN}$$

$$\lambda_{bar} := \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_o}{N_{cr}}} = 1.11$$

$$\alpha := 0.32$$

$$\lambda_{bar.o} := 0.0$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{bar} - \lambda_{bar.o}) + \lambda_{bar}^2) = 1.3$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{bar}^2}} = 0.51$$

4. Kapasitet – aksial knekking:

$$N_{b,Rd} := \frac{\kappa \cdot \chi \cdot A_{eff} \cdot f_o}{\gamma_{M1}} = 2236 \text{ kN}$$

Videre prosjektering og verifikasjon

→ Globalmodell – COWI:

→ RM Bridge

→ Lokal dimensjonering – Leirvik AS:

→ Mathcad / Excel

→ Basert på resultat fra RM Bridge

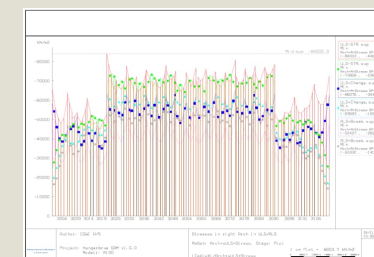
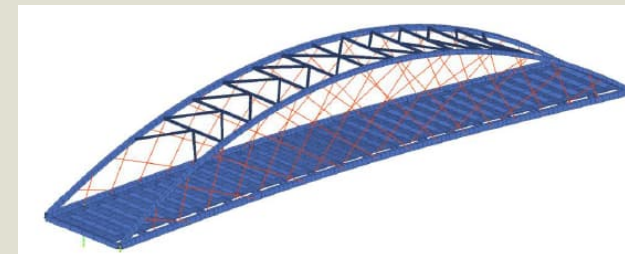
→ Uavhengig kontroll:

→ Vegdirektoratet – særlig fokus på FDV

→ Multiconsult – særlig fokus på konstruksjon

→ Ingen store uenigheter

→ Rådgiver hadde erfaring med aluminium fra tidligere prosjekt



Dynamisk analyse og faktisk oppførsel

→ Retningslinjer:

→ Sétra: *Footbridges – Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading. (2006)*

→ Egenfrekvens dekket:

→ Horisontalt 2.57Hz – OK

→ Vertikalt 2.37Hz – til dynamisk analyse

→ Dynamisk respons:

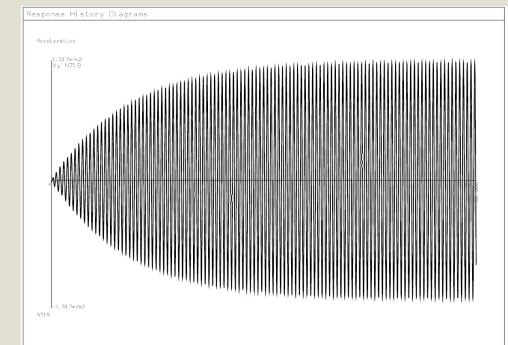
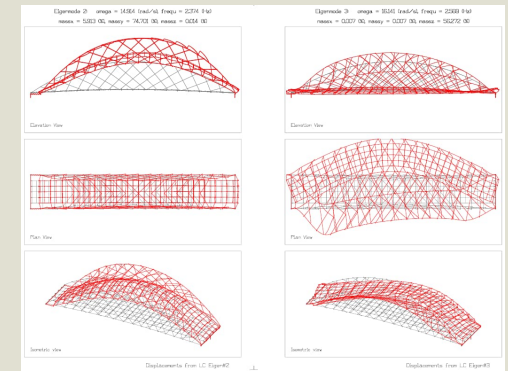
→ Last-tetthet: 0.5person/m²

→ Gir vertikal akselerasjon = 1.57m/s²

→ Sétra: Minste komfortnivå som er akseptabelt

→ 2 sykkelbaner = liten fare for opptredende last

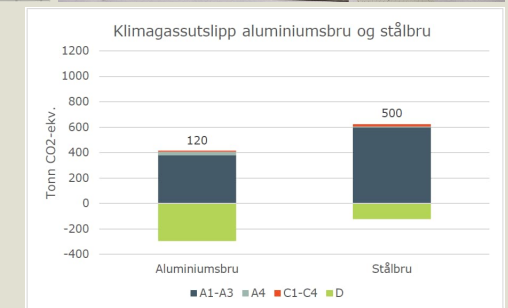
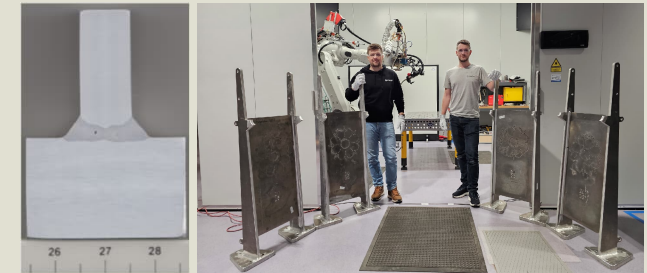
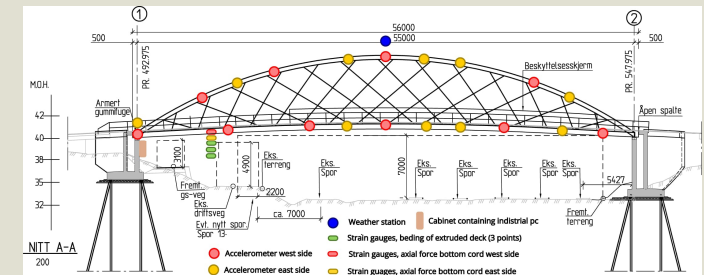
→ Prosjektert løsning for fremtidig massedemper



Acceleration ranges	0	0,5	1	2,5
Range 1	Max			
Range 2		Mean		
Range 3			Min	
Range 4				

Forsking og utvikling

- Monitorering:
 - 1 års måleprogram for trafikk / vær
- Lasersveis:
 - Rekkverksportal: T-joint, PL10 mot PL20
- LCA:
 - Aluminium = 75% reduksjon i klimagassutslipp
- Sandblåsing
- Prosesskode R762 (Arbejdsbeskrivelse):
 - Utkast til beskrivelse for broer i aluminium



Resirkulering – Fra helideck til bro-dekk



→ 1990: Gyda-plattformen blir installert på norsk sokkel

Resirkulering – Fra helideck til bro-dekk



→ 2022: Gyda transporteres til land for demolering

Resirkulering – Fra helideck til bro-dekk



→ 2023: Aluminium fra helikopterdekket blir sortert fra andre materialer

Resirkulering – Fra helideck til bro-dekk



→ 2024: Aluminium resirkuleres av Hydro

Resirkulering – Fra helideck til bro-dekk



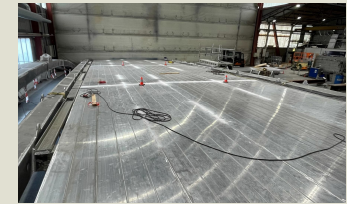
→ 2024: Nye profiler presses og friksjonssveises til paneler

Resirkulering – Fra helideck til bro-dekk



→ 2024: Dekkepaneler mottatt hos Leirvik AS og installert i fabrikk

Resirkulering – Fra helideck til bro-dekk



→ 2024: Ferdig prøvemontert i fabrikk

Byggebilder



Byggebilder



Byggebilder



Byggebilder



Byggebilder



Byggebilder





Broer i aluminium

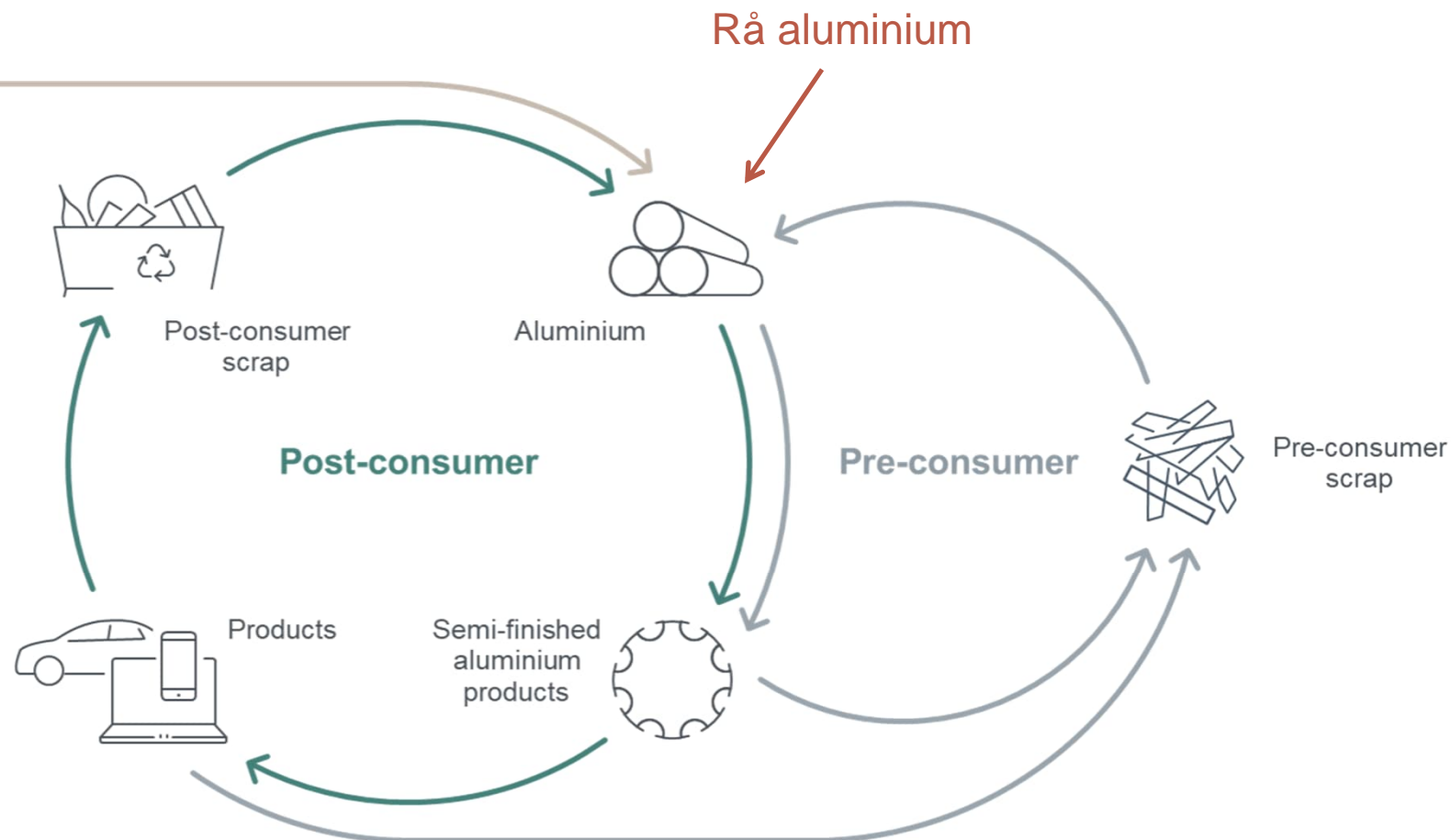
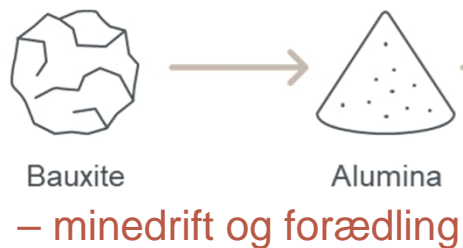
– Kort fortalt, hvad er genbrugt aluminium.

René Yde Jensen

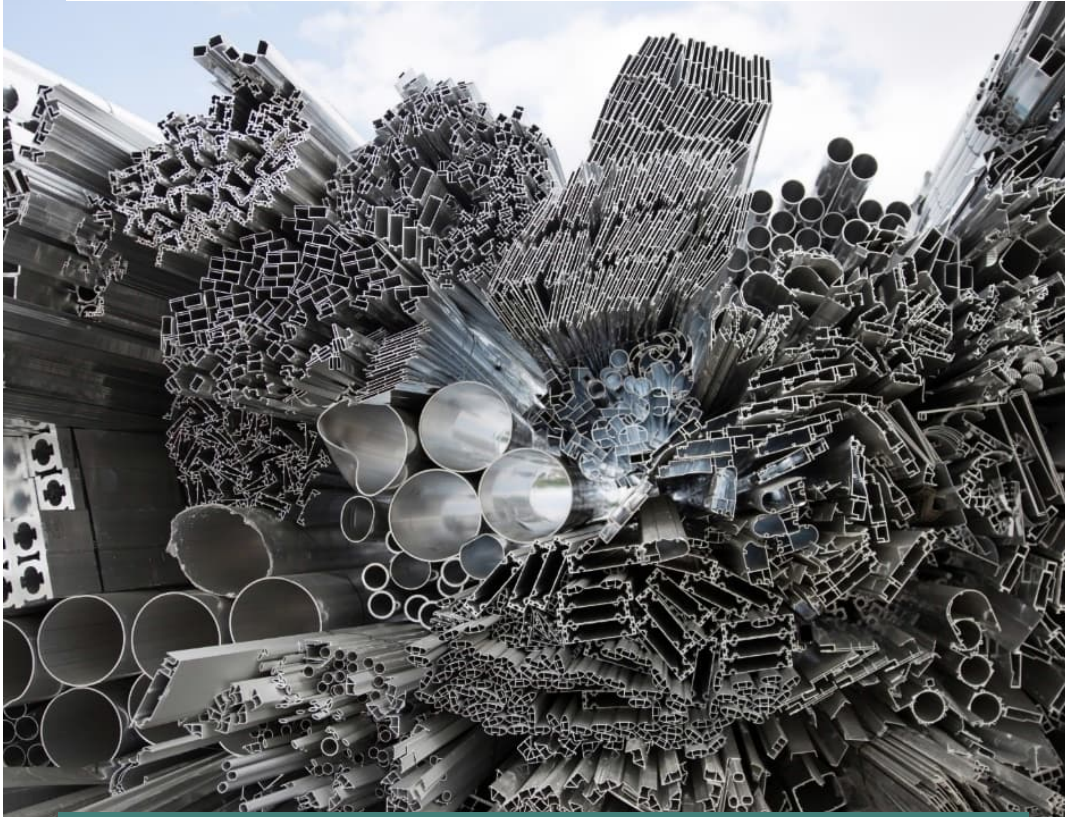
Odense 24-03-2026

Aluminiums værdikæde

Primær aluminium



Der er to kilder til genbrugt aluminium



Pre-consumer skrot

Aluminium der aldrig blevet brugt i et produkt. F.eks. proces skrot

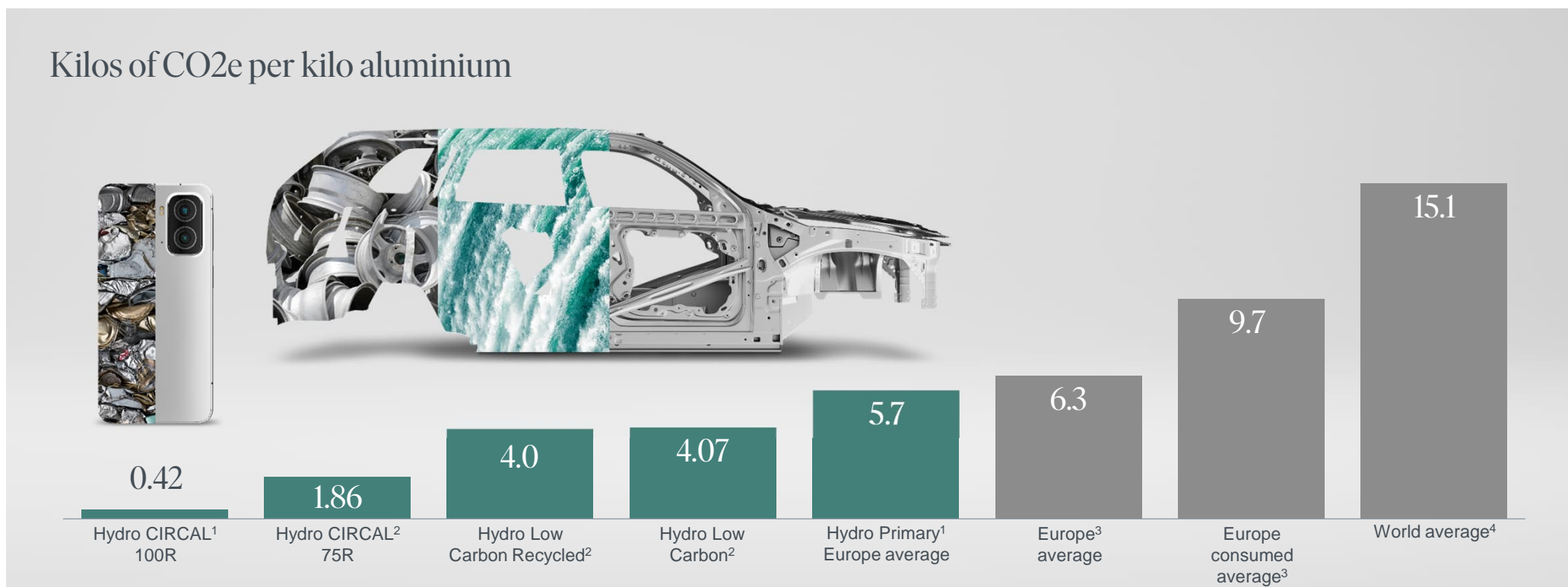


Post-consumer skrot

Aluminium der har været brugt af forbrugere og derefter skrottet.

Det betyder noget, hvor og hvordan aluminium produceres

CO2-aftryk fra næsten nul til mere end 15 kg



¹ Hydro interne estimater ² Verificeret af DNV og certificeret i henhold til EPD EN 15804+A1 på et niveau pr. batch ³ Kilde: EAA (2018) ⁴ Kilde: International Aluminium Institute (2022)

Uendeligt genanvendeligt – en høj genanvendelsesrate



En af verdens største energireserver, som i stigende grad udnyttes gennem genbrug og 'Design for Disassembly'

75%

af alt aluminium
nogensinde
produceret er stadig
i brug



5%

af oprindeligt
energiforbrug til
genanvendelse

>90%

Genanvendelsesrater
for aluminium
Inden for bilindustrien
og byggeri

Broer i aluminium





Takk for oppmerksomheten



Hydro Extrusion Denmark:

René Yde Jensen
Account Manager
+ 45 42 92 72 22

Rene.Jensen@hydro.com



Leirvik AS:

Geir Mosaker
Head of Development
+47 40 04 16 85

geir.mosaker@leirvik.com



Hydro

Industries that matter