

Mot hållbart byggande: Livscykelanalys av (järnvägs)broar



**ROYAL INSTITUTE
OF TECHNOLOGY**



Guangli Du, doktorand, Håkan Sundquist,

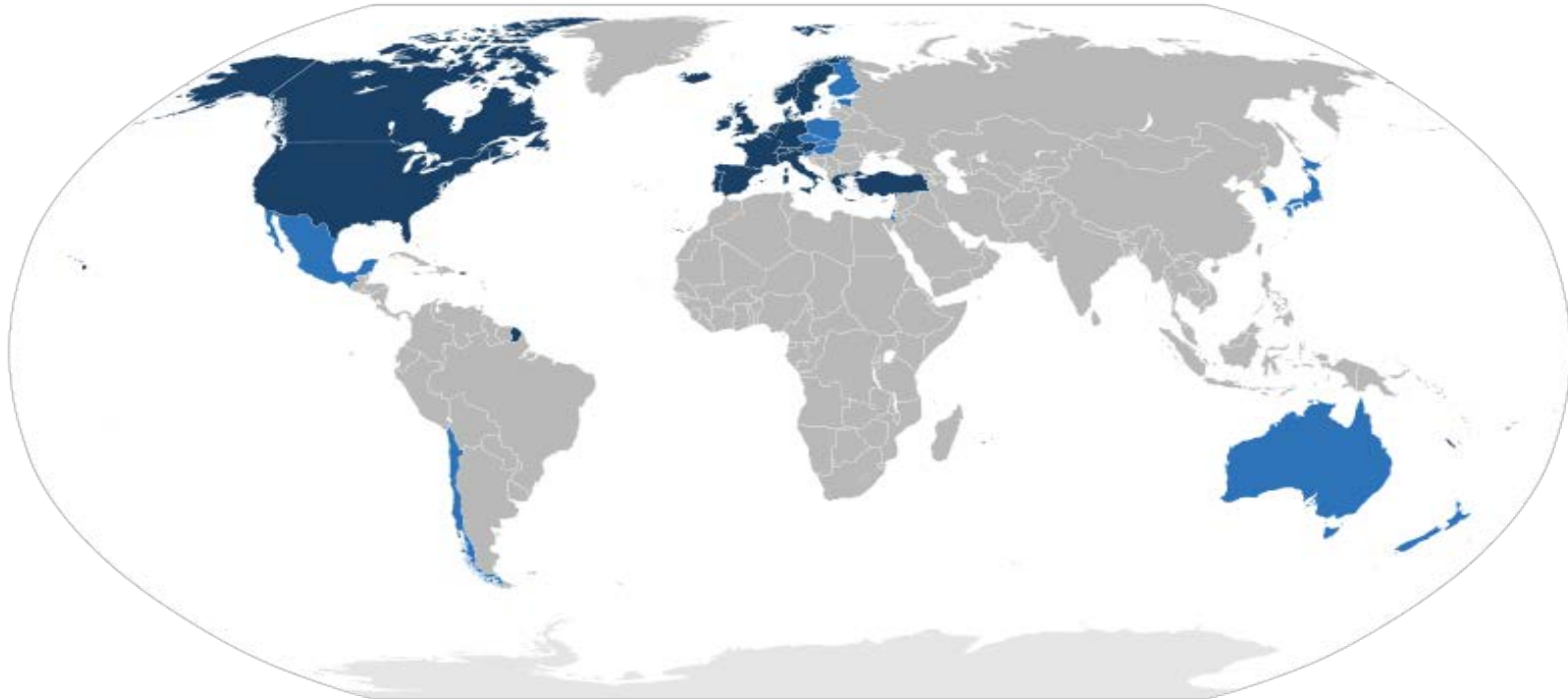
Raid Karoumi

KTH, avdelningen för Bro- och Stålbyggnad

En utmaning med hänsyn till vår miljö



Bygg- och byggande står för en stor del av miljöproblemen



Environmental allocation due to construction in *OECD countries*
(Building and climate change, 2007)

25%-40%
Energi-
användning

30%
Användning
av råmaterial

30%-40%
Global
uppvärmning

30%-40%
Produktion
av avfall

Optimering av broar

- Hur väljer vi den optimala bron?
 - Livscykelanalys (**LCC**) - d.v.s. den bro som under livstiden ger den lägsta samhällskostnaden och största nyttan. (Investering, DoU, Trafikantkostnader)
 - Den bro som under sin livstid ger den minsta lokala miljö-påverknigen (**MKB**)
 - Den bro som under sin livslängd ger lägst global miljöpåverkan (**LCA**)
 - Den bro som ger det optimala **estetiska** intrycket och bidrar till samhällets **kulturvärden**
 - Den bro som ger mesta möjliga **säkerhet** för trafikanten (Den strukturella säkerheten ska naturligtvis alltid finnas med!)

LCA - MKB

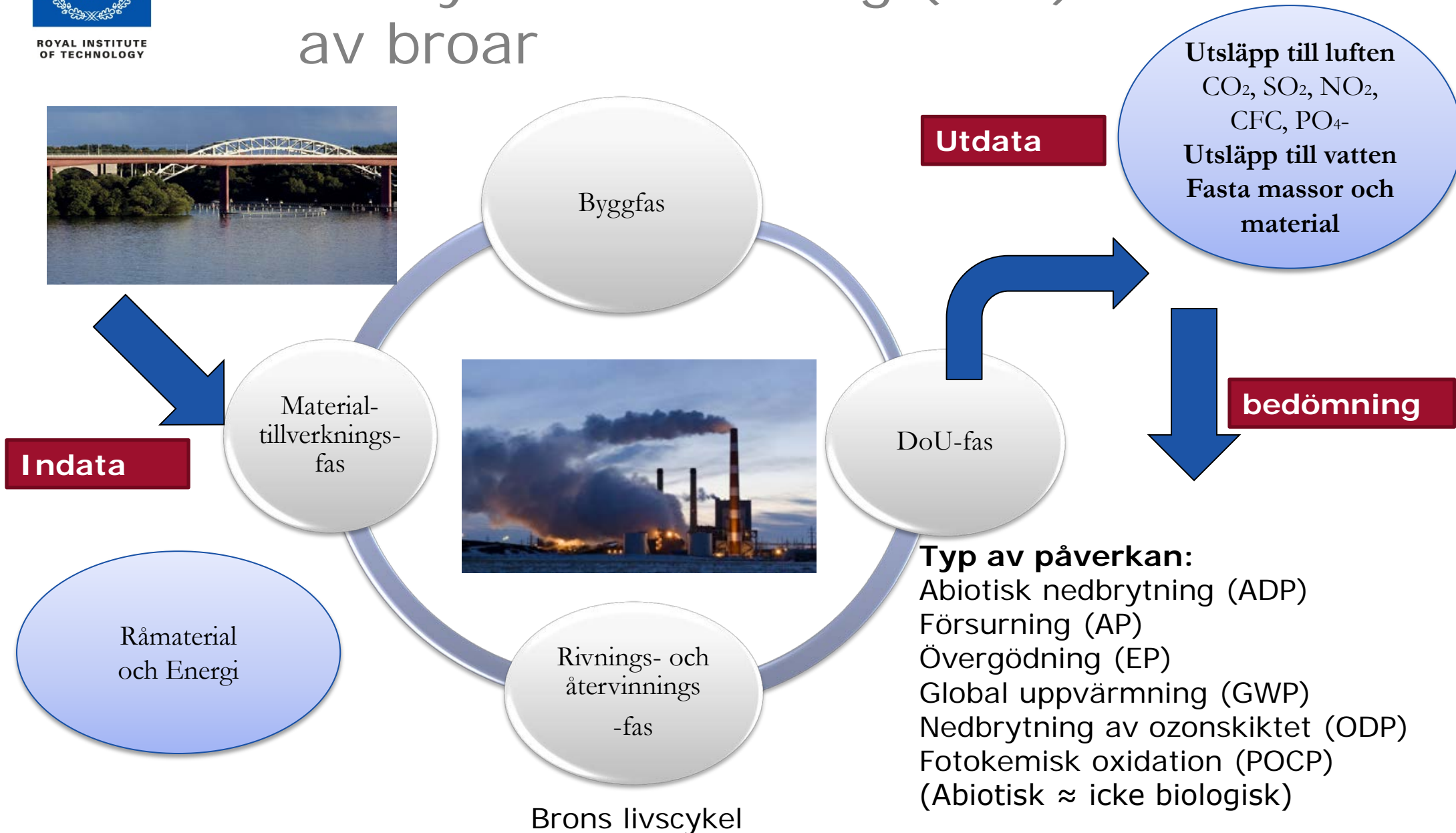
- Konsekvensen på miljön av det vi bygger innehåller ju väldigt många frågor, men en uppdelning kan vara:
 - Global inverkan (LCA)
 - Frågor och problem som flyttar mellan länder och kontinenter t.ex. CO₂-utsläpp.
 - global uppvärmning
 - Lokal inverkan på växter, fauna, vatten,... brukar vara de frågor som tas upp i miljökonsekvensbeskrivningar (MKB)

Det finns naturligtvis en koppling mellan lokala och globala frågor

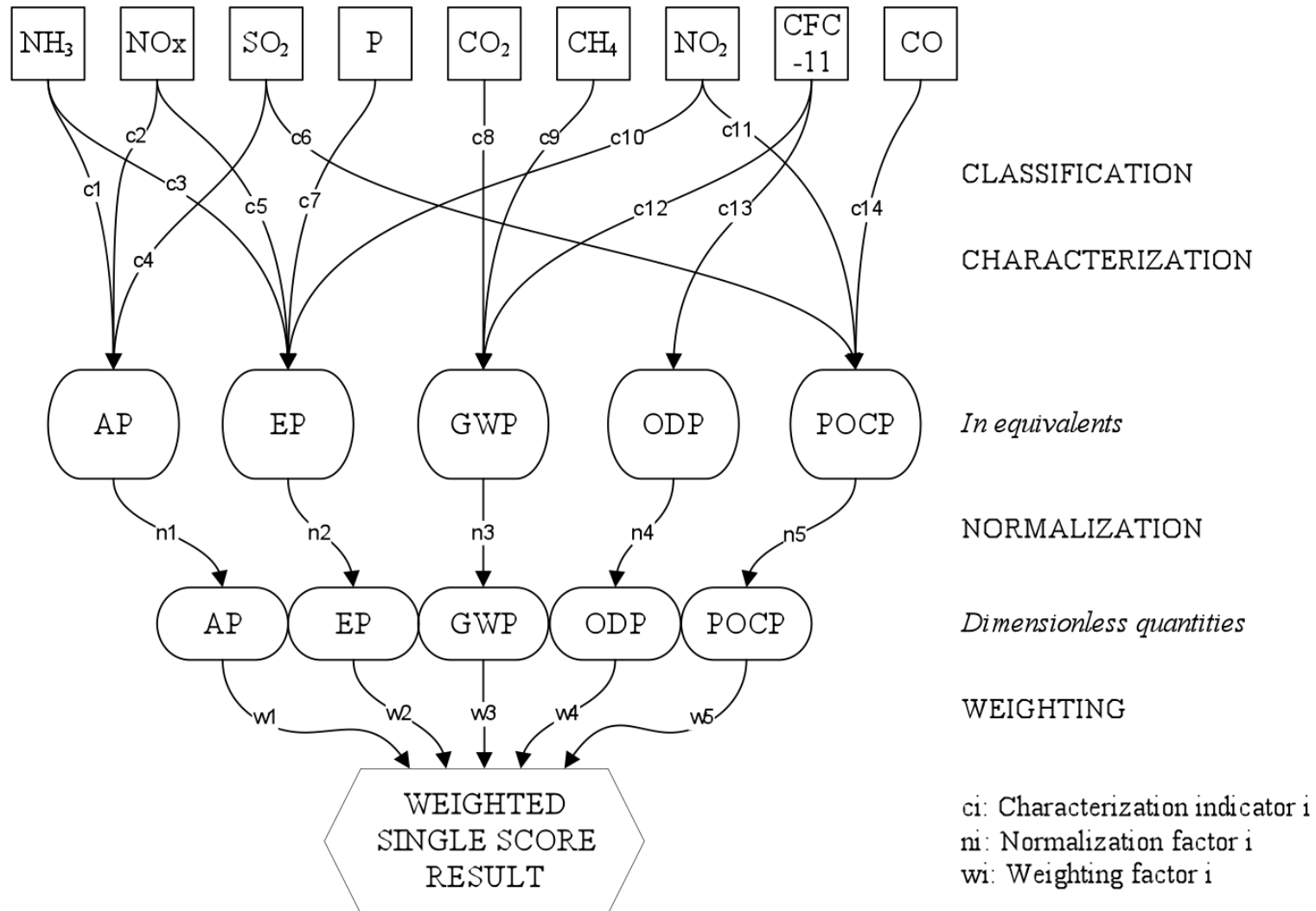
- Bygger vi en massa för att rädda djur och växter så kommer byggandet att orsaka utsläpp som kanske höjer temperaturen på jorden så att djur och växter ändå går under...



Livscykel bedömning (LCA) av broar



Från utsläpp av skilda kemiska substanser till påverkan via viktning till jämförelse mellan olika "farligheter"



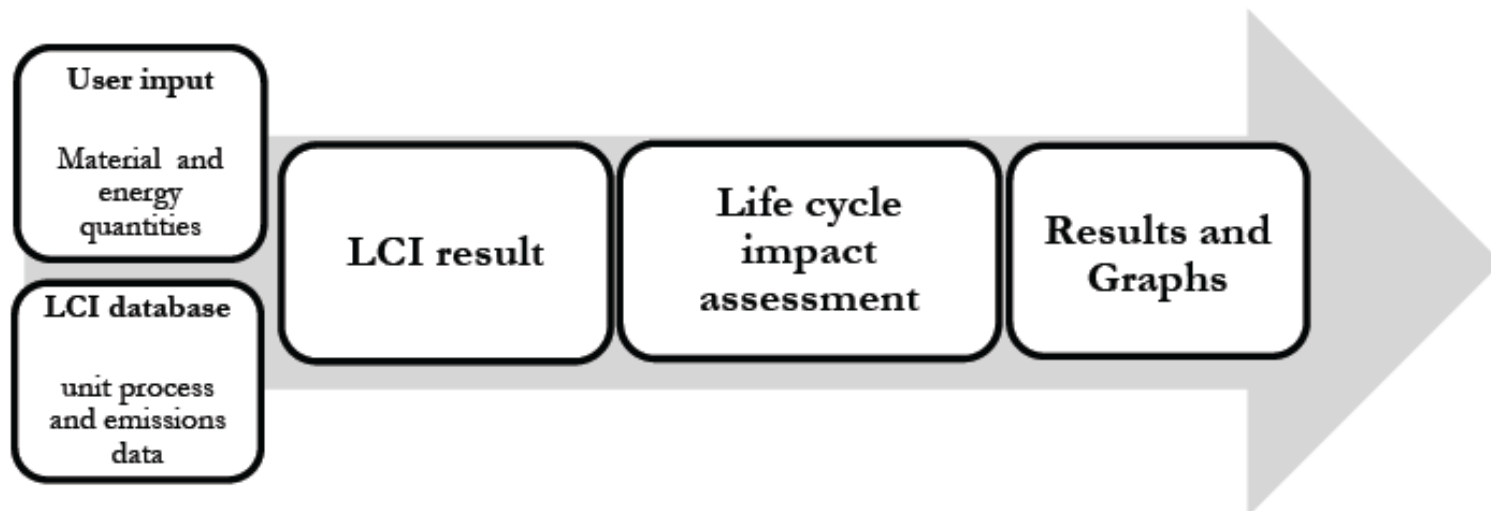
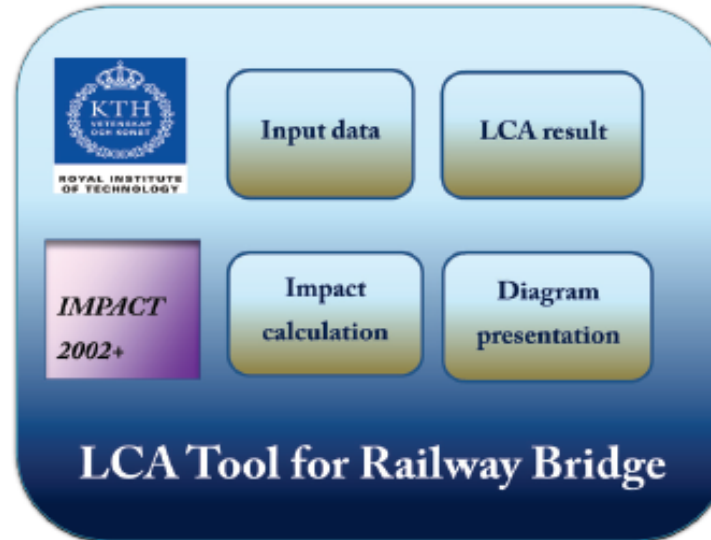
Huvudmålen för våra studier

- Undersöka de viktigaste frågorna i LCA-analysen
- Upprätta en generell ram för hur man ska göra LCA
- Implementera LCA för praktiska studier av t.ex. broar

Vad kan vi förvänta oss med studierna

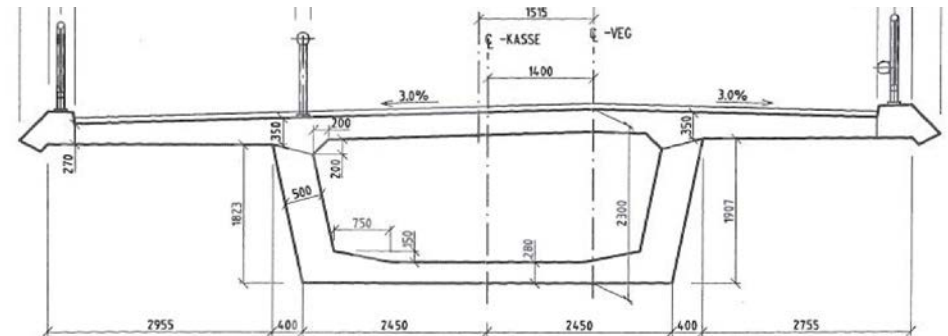
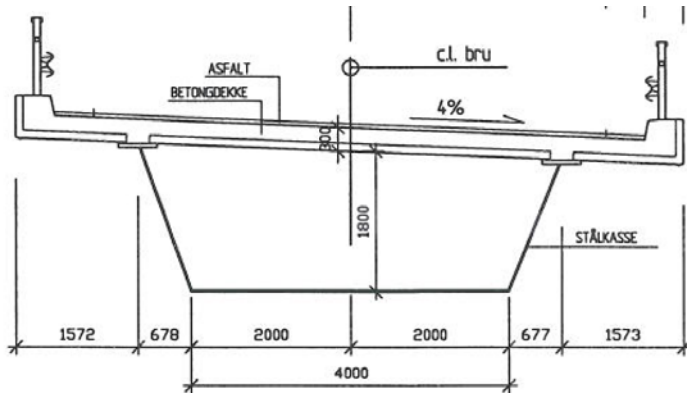
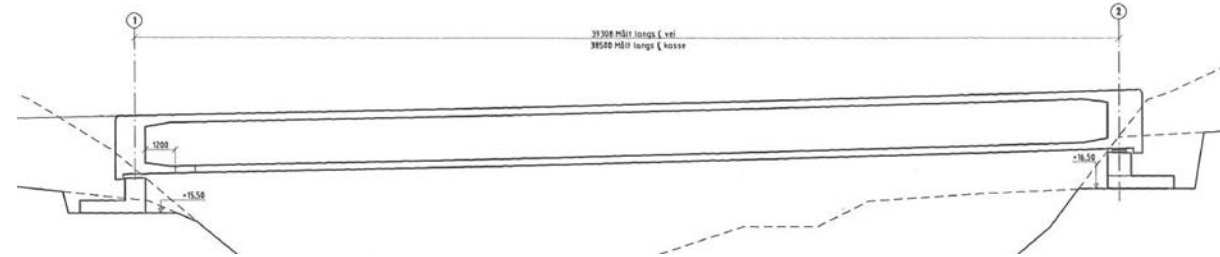
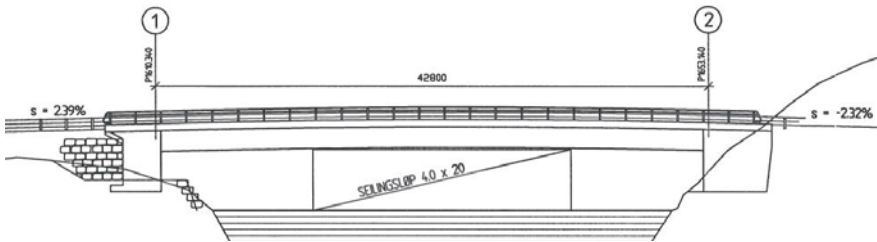
- Sätta upp kriterier för hur man ska konstruera och bygga för att minska de globala miljöeffekterna, särskilt viktigt är byggarbetets inverkan
- Optimera scenarier för brons livscykelpåverkan
- Jämföra olika förslag inte bara när det gäller kostnader (LCC) utan även när det gäller LCA

Vi har utvecklat enkla verktyg för LCA-analyser och utveckling pågår



Exempel

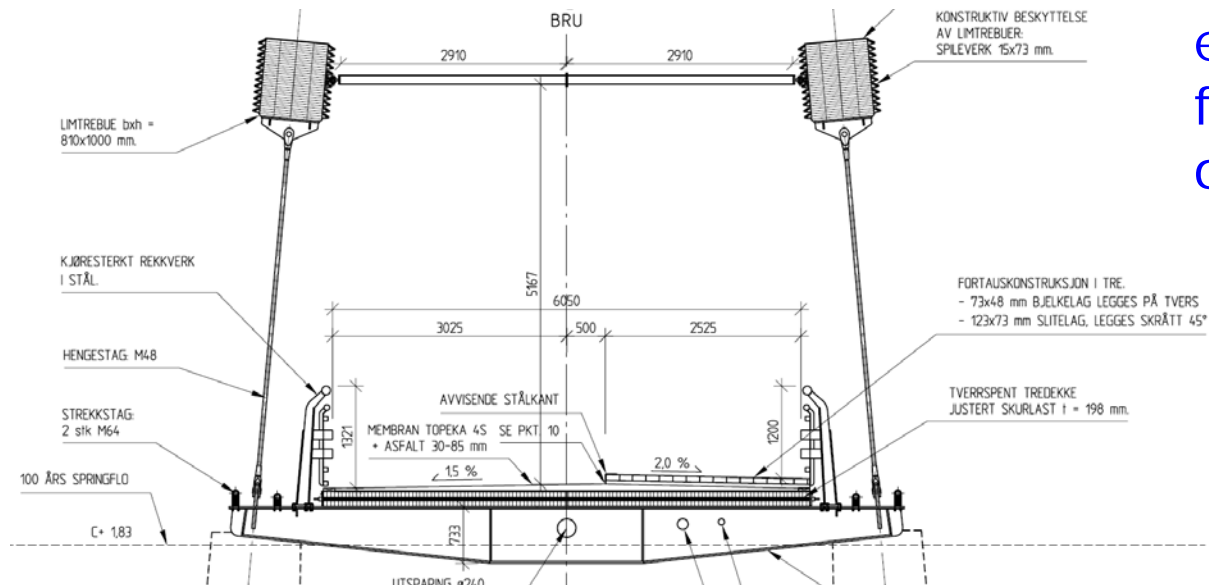
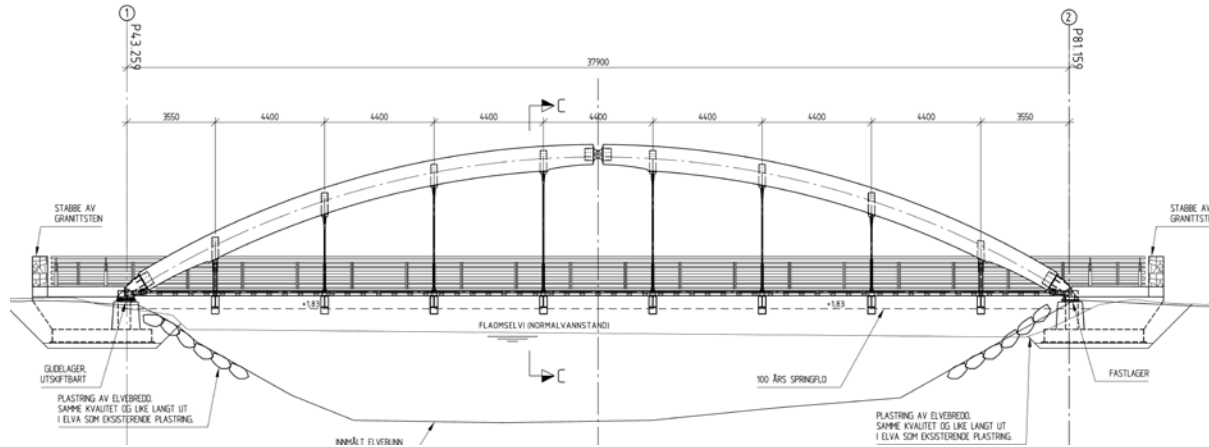
I samarbetsprojektet ETSI har vi jämfört tre nybyggda norska broar m.a.p. LCA



Samverkansbro

Förspänd betongbro

Och förstås en träbro



Och den viktade LCA-effekten/m² blev gynnsammast för betongbron och ogynnsammast för träbron!

Vi har utvecklat ett Excel-baserat LCA verktyg för broar med järnvägsbroar som exempel

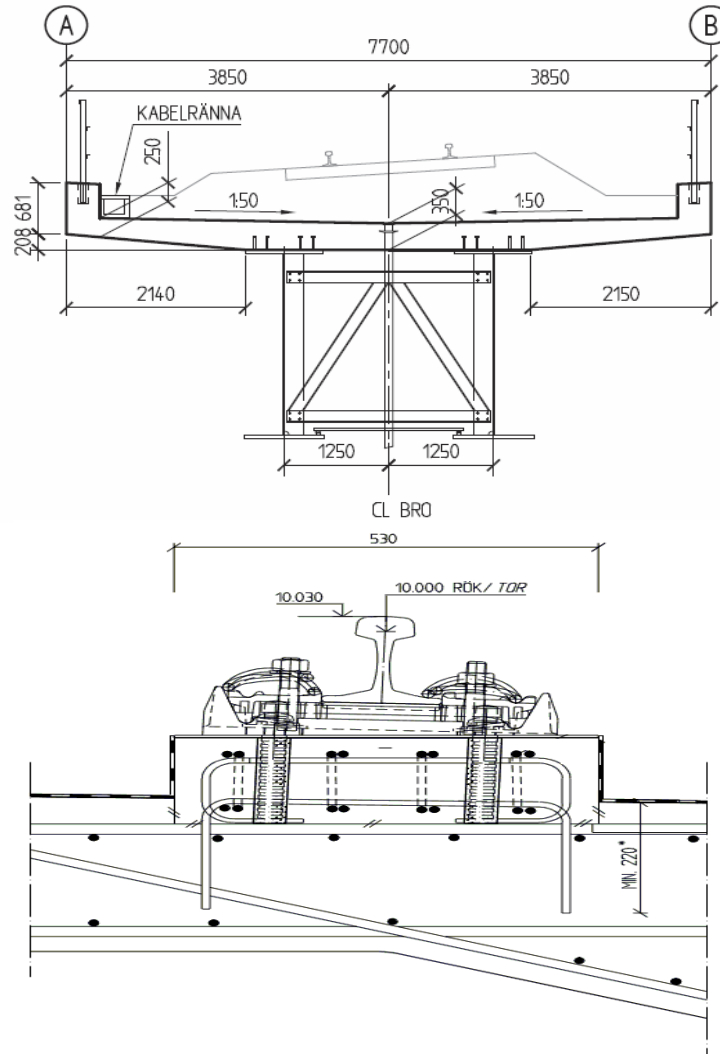
Material manufacture phase	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Structural components Railway track system Superstructure Substructure</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>Material and Energy Concrete, steel, painting, timber, rubber, aggregate, electricity, reinforcement, fuel</p> </div> </div>																																
Construction phase	Energy consumption of construction machines																																
Maintenance phase	<p>Maintenance schedules with related traffic disturbances and transportation</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Structural</th> <th style="width: 45%;">Maintenance activity</th> <th style="width: 15%;">Ballast track</th> <th style="width: 25%;">Fixed-slab track</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Track direction</td> <td>0.5 year</td> <td>no repair</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rail replacement</td> <td>25 years</td> <td>25 years</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sleeper renewal</td> <td>50 years</td> <td>no repair</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fastener renewal</td> <td>25 years</td> <td>25 years</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rubber pad renewal</td> <td>25 years</td> <td>25 years</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ballast renewal</td> <td>20 years</td> <td>no repair</td> </tr> <tr> <td>Superstructure</td> <td>Repainting</td> <td>30 years</td> <td>30 years</td> </tr> </tbody> </table>	Structural	Maintenance activity	Ballast track	Fixed-slab track		Track direction	0.5 year	no repair		Rail replacement	25 years	25 years		Sleeper renewal	50 years	no repair		Fastener renewal	25 years	25 years		Rubber pad renewal	25 years	25 years		Ballast renewal	20 years	no repair	Superstructure	Repainting	30 years	30 years
Structural	Maintenance activity	Ballast track	Fixed-slab track																														
	Track direction	0.5 year	no repair																														
	Rail replacement	25 years	25 years																														
	Sleeper renewal	50 years	no repair																														
	Fastener renewal	25 years	25 years																														
	Rubber pad renewal	25 years	25 years																														
	Ballast renewal	20 years	no repair																														
Superstructure	Repainting	30 years	30 years																														
End of life phase	Bridge demolition Concrete crushing, steel recycling, waste landfill																																

Case study: LCA of the Banafjäl Bridge

- Stål betong samverkansbro
- Enkelspår ballasterat
- 42 m spännvidd, 7,2 m bredd
- Botniabanan
- Prova alternativ med oballasterat spår



Two design alternatives:



Original design:
Ballastspår

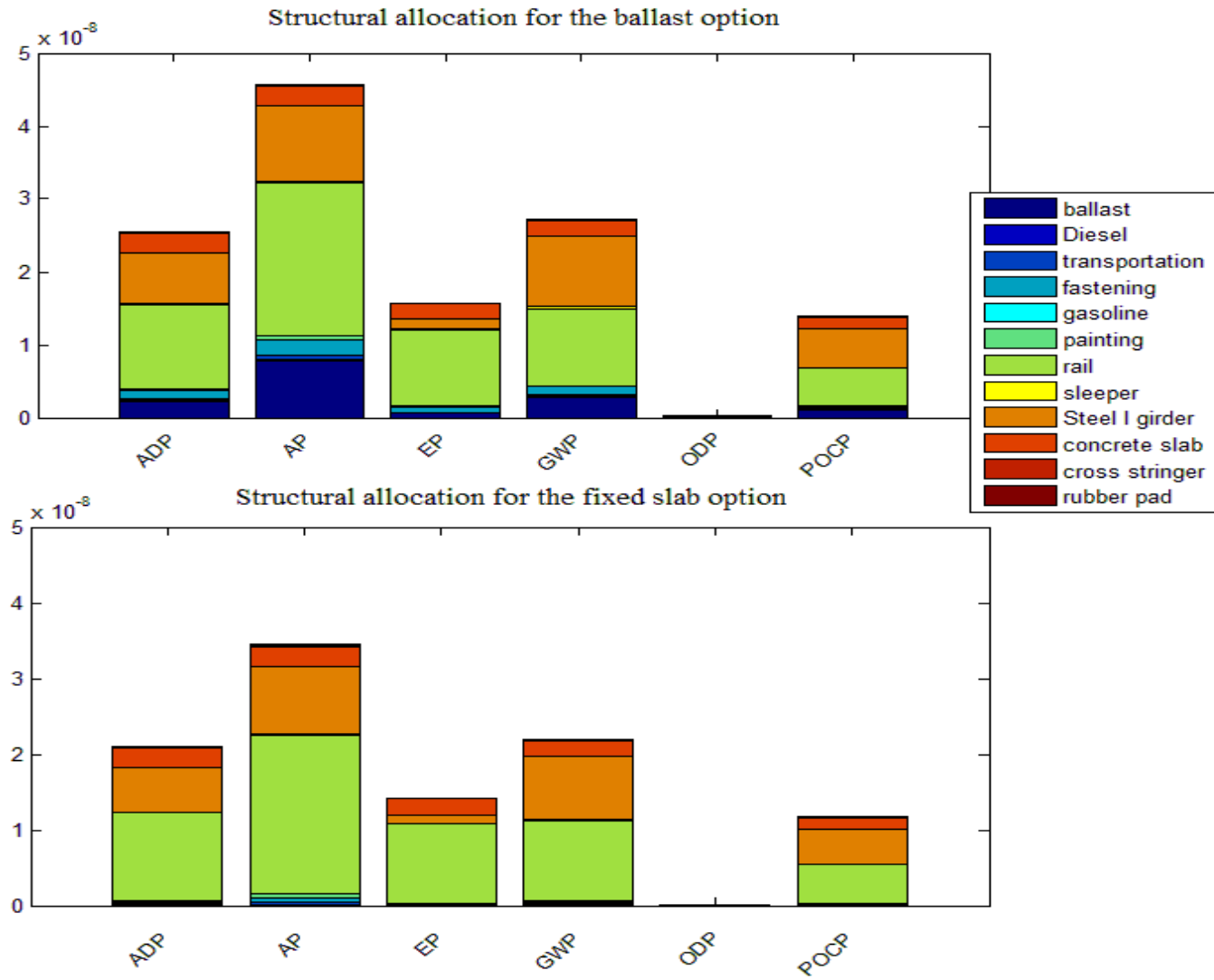
Redesign

Alternativ design:
Slab track

Result

Impact categories

- Abiotic Depletion (ADP)
- Acidification (AP)
- Eutrophication (EP)
- Global Warming (GWP)
- Ozone Layer Depletion (ODP)
- Photochemical Oxidation (POCP)



LCC - LCA

- Det finns mycket indata som är gemensam för LCC och LCA t.ex. mängder och intervall för DoU, reparation m.m.
- LCA kräver mer extra data t.ex. för transporter och arbetsplatsresurser
- Kopplingen mellan LCC och LCA gör att om man byggt dyrt har man troligen orsakat mycket miljöförstörande utsläpp
- Konstruktiv optimering som innebär minskade mängder innebär troligen minskade miljöförstörande utsläpp

Slutsatser

- Det behövs utveckling av enhetliga, erkända riktlinjer och kriterier vilka databaser för indata som man bör tillämpa inom vårt område. Resultaten blir delvis beroende av vilka databaser och vilken metodik som används
- Det finns hyggligt bra indata för materialens LCI för t.ex. stål, betong armering... men
 - Byggprocessens påverkan är mycket dåligt undersökt, t.ex. transporter, spill, maskiner, människor, "tillfälliga fabriken"...
 - Drift och underhåll påverkar förstås LCA, men om något är osäkert så är det just detta
- Analysens noggrannhetsnivå är delvis godtycklig, och det har visat sig att miljöprofilen varierar från fall till fall även för samma brotyp.



Tack så mycket!
Frågor?!