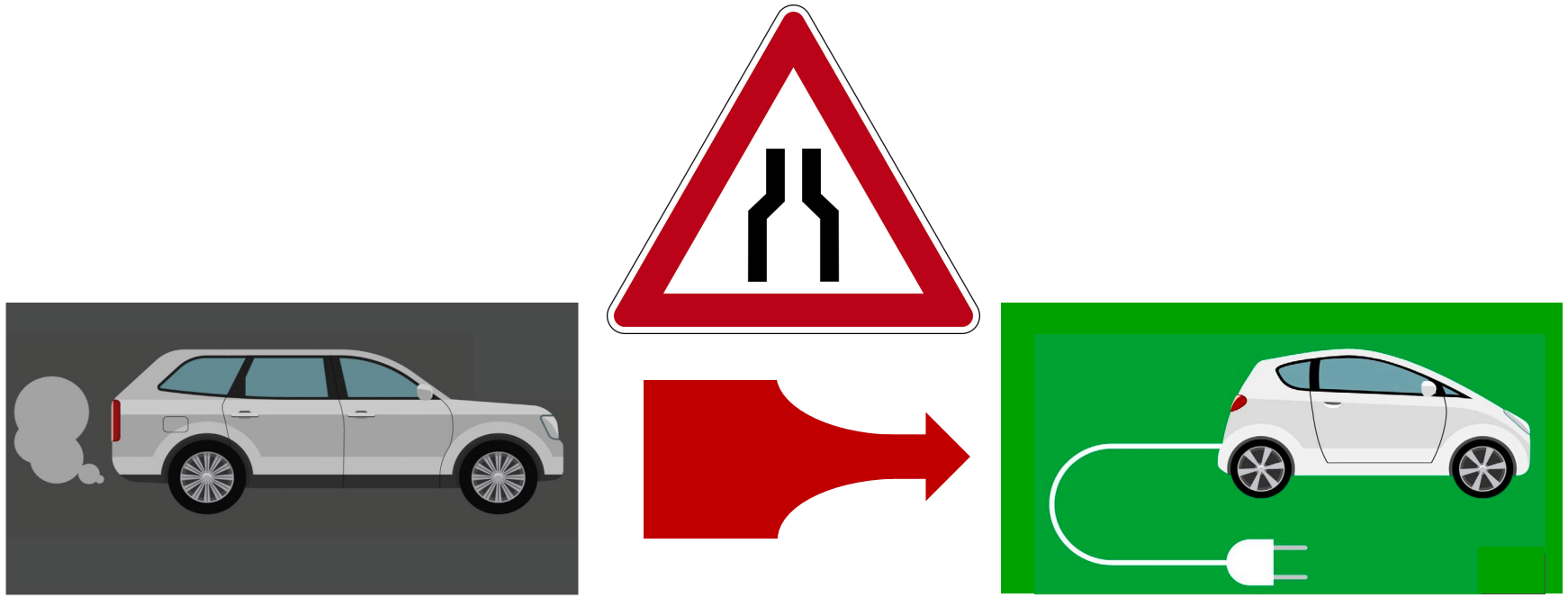
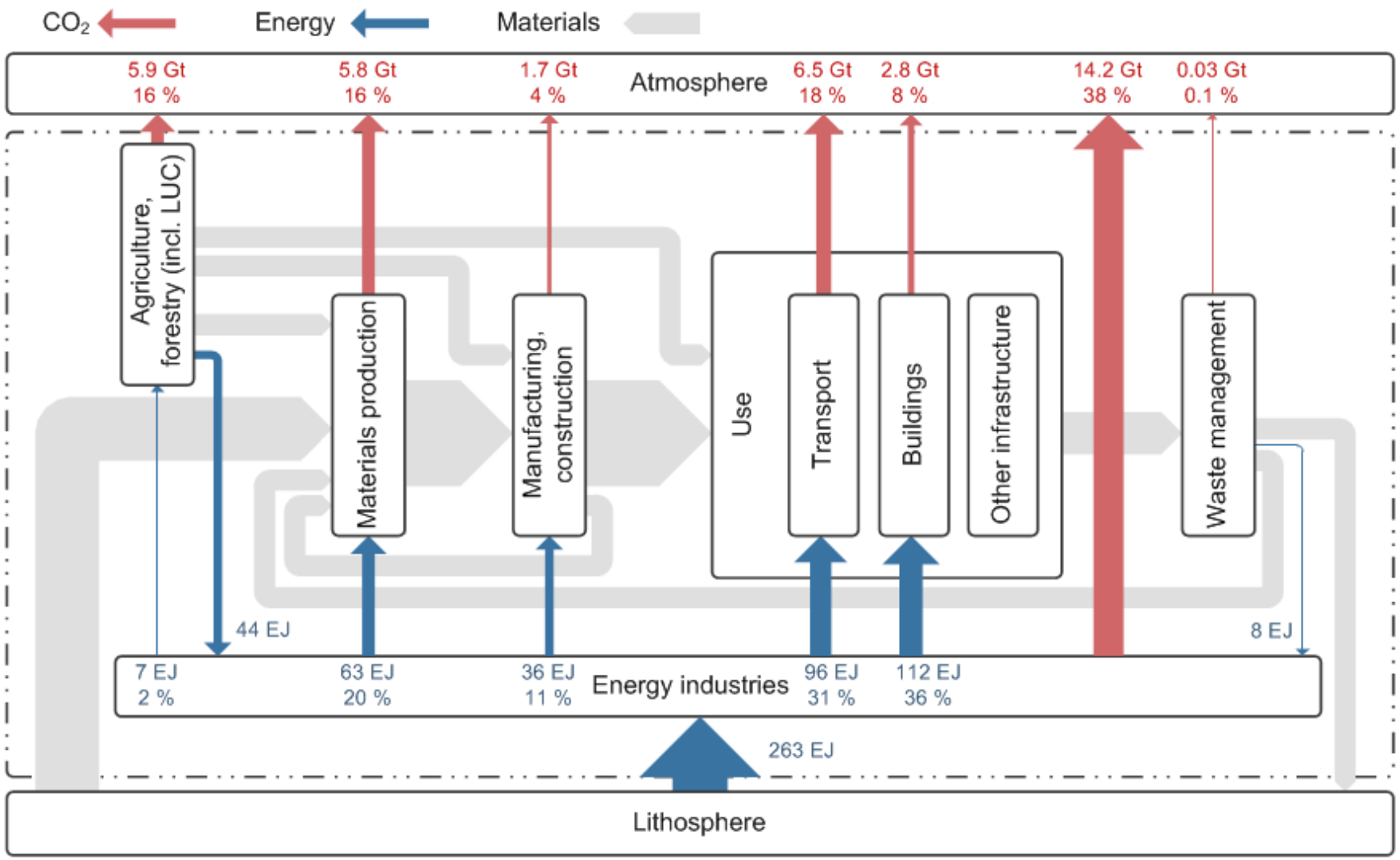
# Utfordringer med en rask elektrifisering: Bruk og verdikjede, en oversikt over situasjonen

Daniel B. Müller



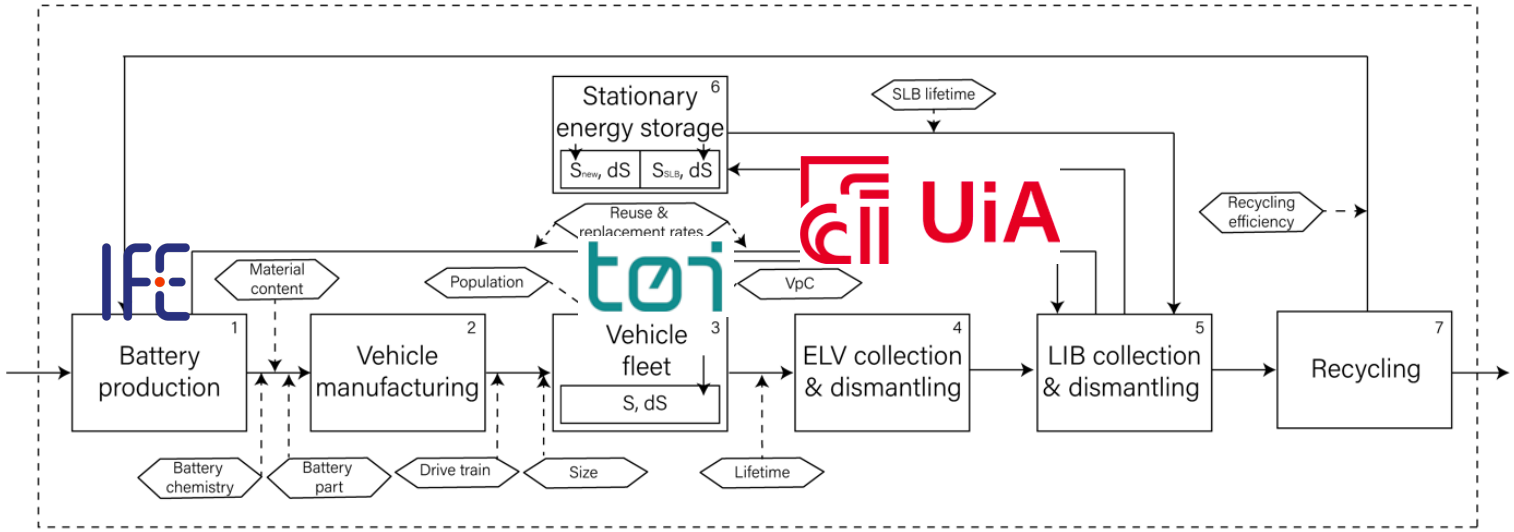
# Menneskelige aktiviteter og klimagassutslipp: et komplekst metabolsk system av materialer, energi og utslipp

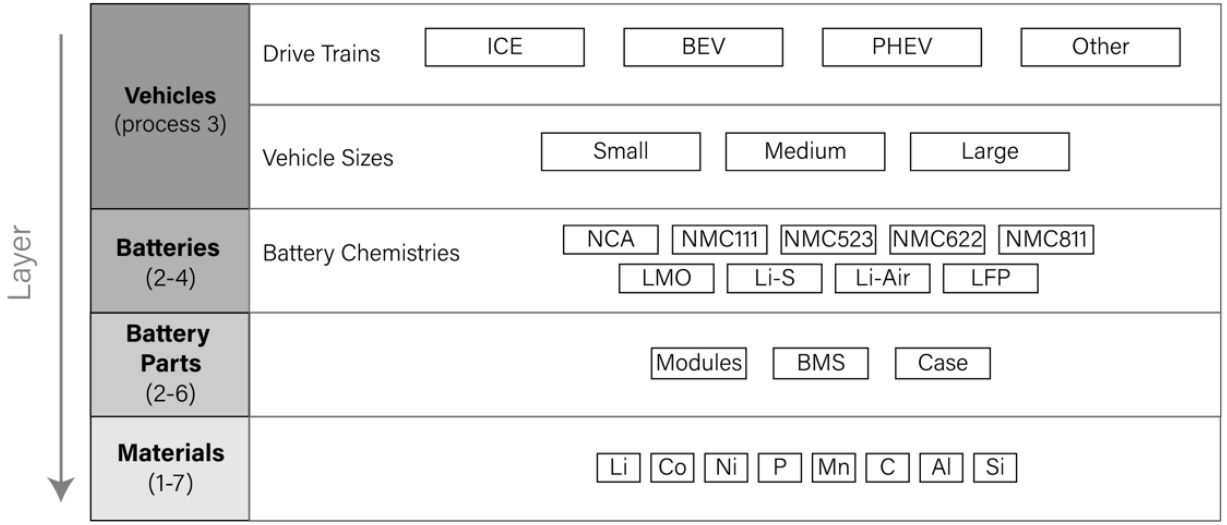



Müller et al. 2013

# NFR prosjekt BATMAN

BATMAN




Aguilar Lopez et al. 2022

**Dynamisk MFA modell**

- Global LIB system
- Tidshorisont 2000-2050
- 5 lag, inkl. 8 materialer (Li, Co, Ni, P, Mn, C, Al, Si)
- Kalibrering ved hjelp av historiske data, alternative scenarier (f.eks. IEA) og ekspertintervjuer

Circular Energy Storage Research and Consulting

NIKKELVERK A GLENCORE COMPANY

Hydro

Elkem

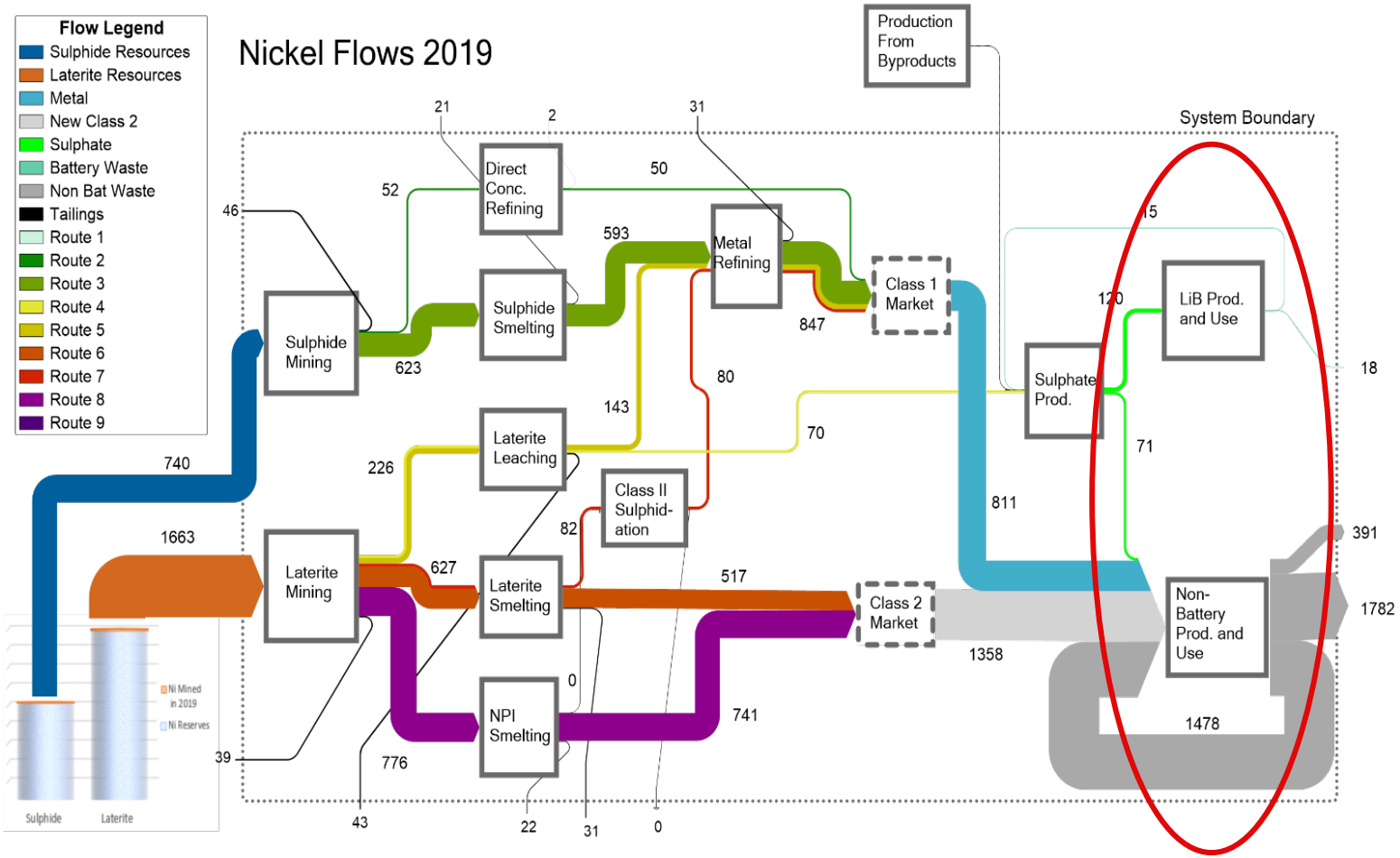
British Geological Survey

Nickel INSTITUTE

EUROPEAN ALUMINIUM

JRC EUROPEAN COMMISSION

# Eksempel nickel




## Bruk av nikkel

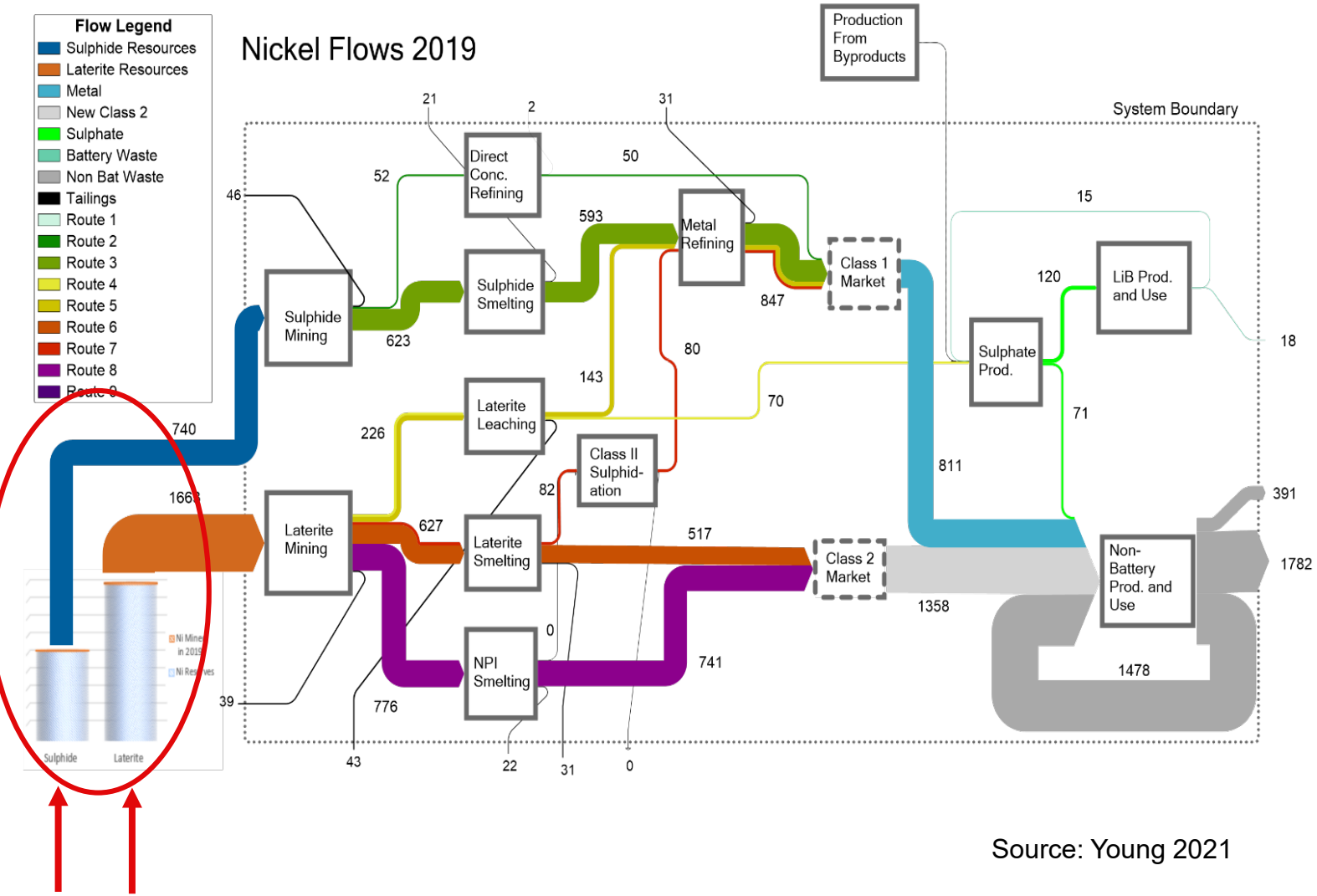
- Størrste parten av Ni går til **rustfritt stål**

- **Batterier** utgjør en liten andel
  → Men øker raskt
  → Kan bli like stor som rustfritt stål

Hvordan kan vi øke nikkelproduksjon?

Source: Young 2021

# Eksempel nickel

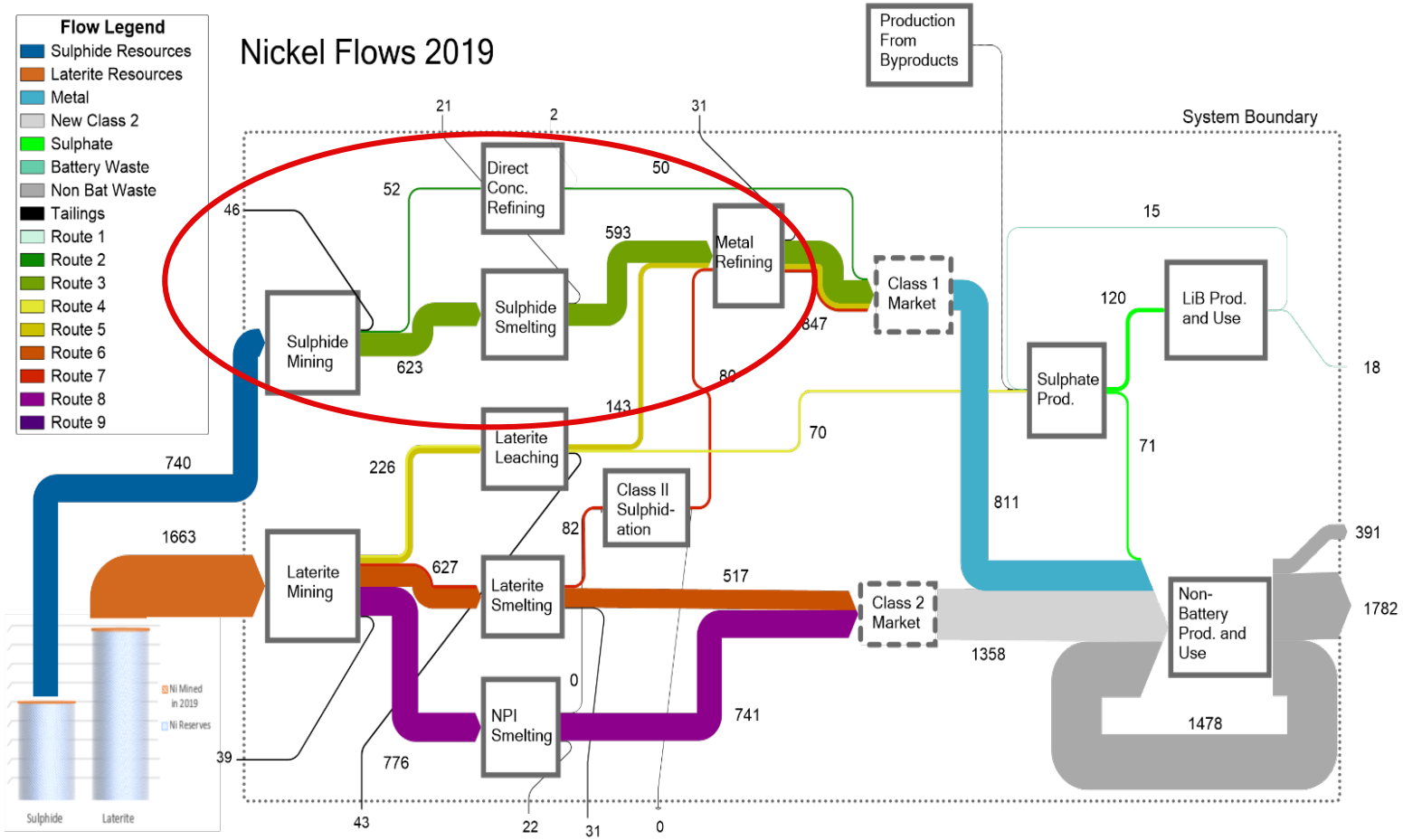



## Produksjon av nikkel

2 typer malm – **sulfid** og **lateritt** (oksid)
→ Forskjellige behandlingsruter

Source: Young 2021

# Eksempel nickel



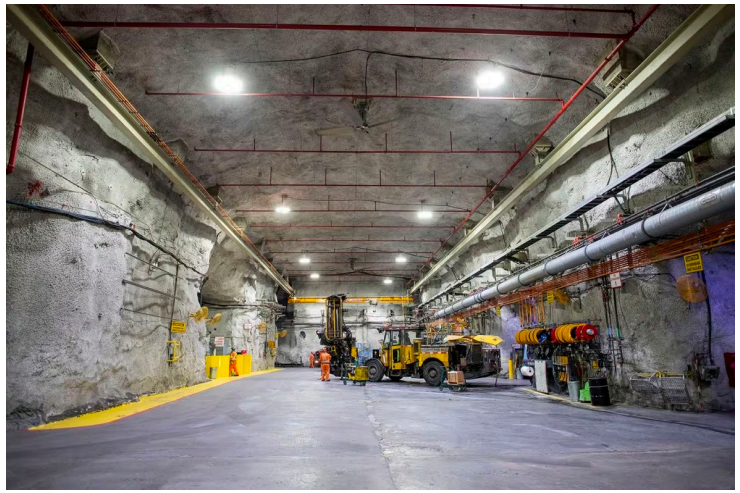

Source: Young 2021

## Produksjon av nikkel

### Sulfidmalm

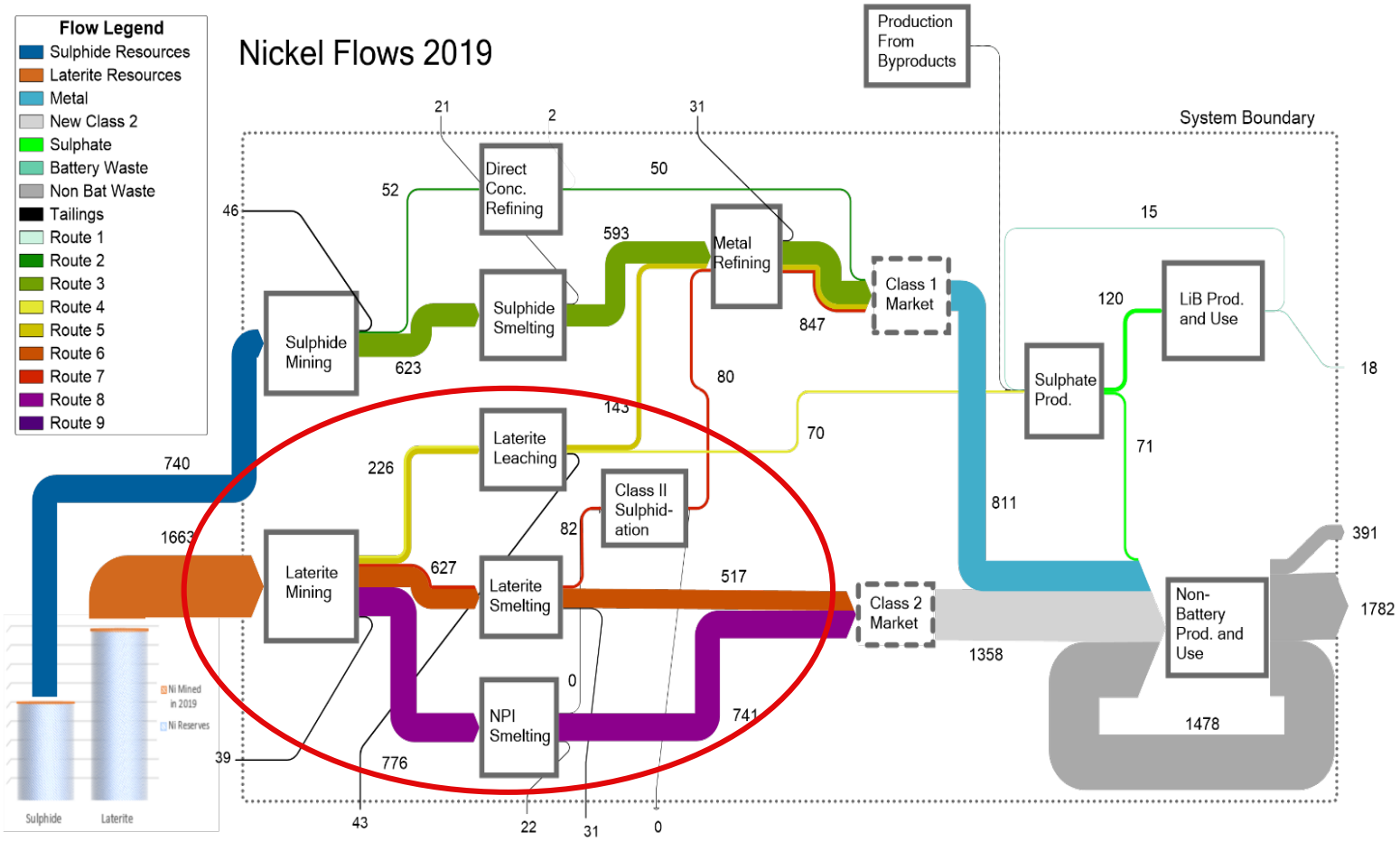
- vulkansk eller hydrotermisk opprinnelse
  → vanligvis underjordisk gruvedrift
- bi-produkter som Co, Cu, Ag, Au, …
- enkelt å behandle, lite energibruk

→ Store investeringer, men økologisk i drift



Sulfidgruve i Sudbury, Kanada

# Eksempel nickel




Source: Young 2021

## Produksjon av nikkel

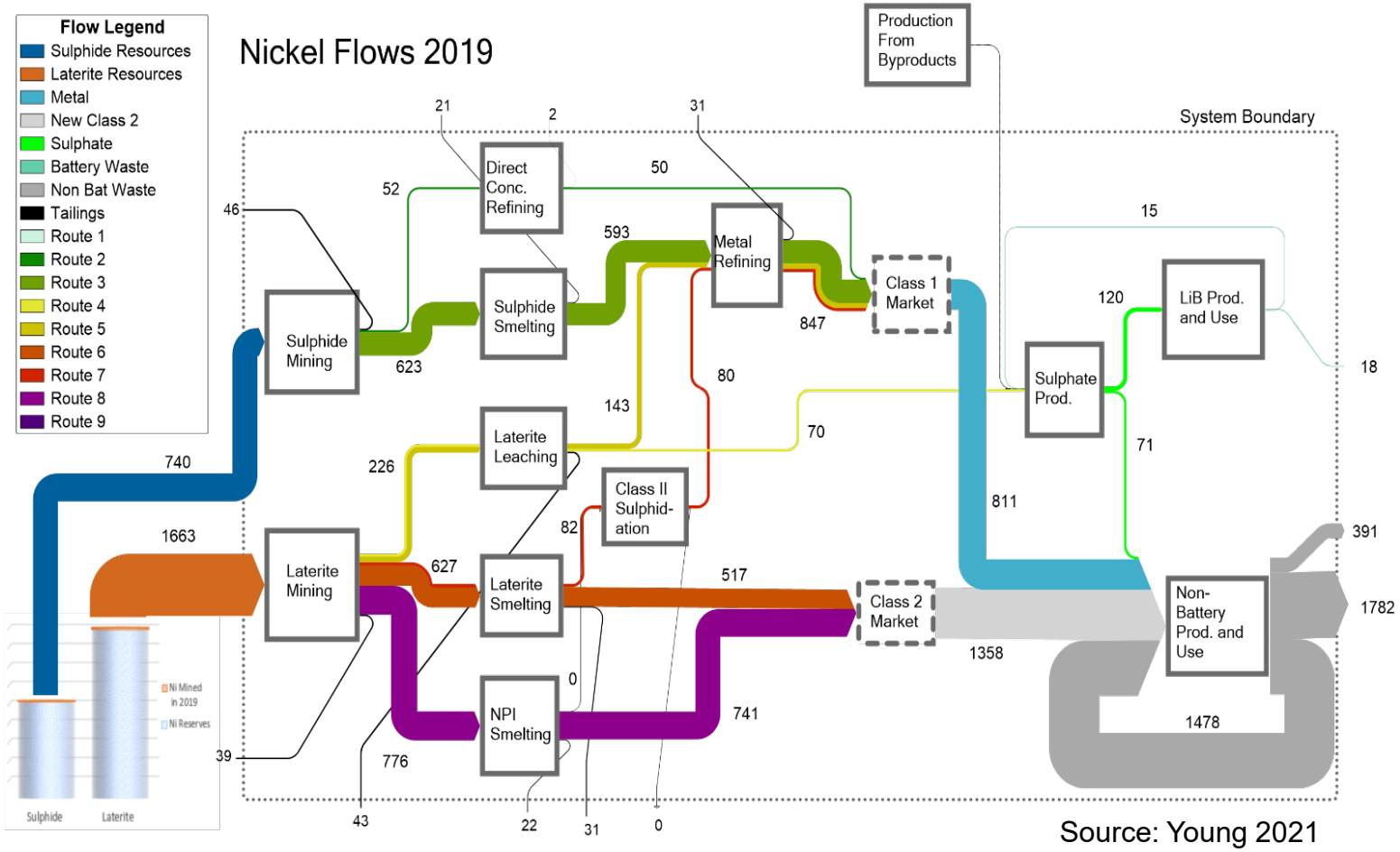
**Latterittmalm**

- dannes nær overflaten gjennom forvitring
- dagbrudd
- kompleks behandling
  → Nye teknologier, mye energi, kjemikalier

→ Kan bygges opp raskt, men store utslipp

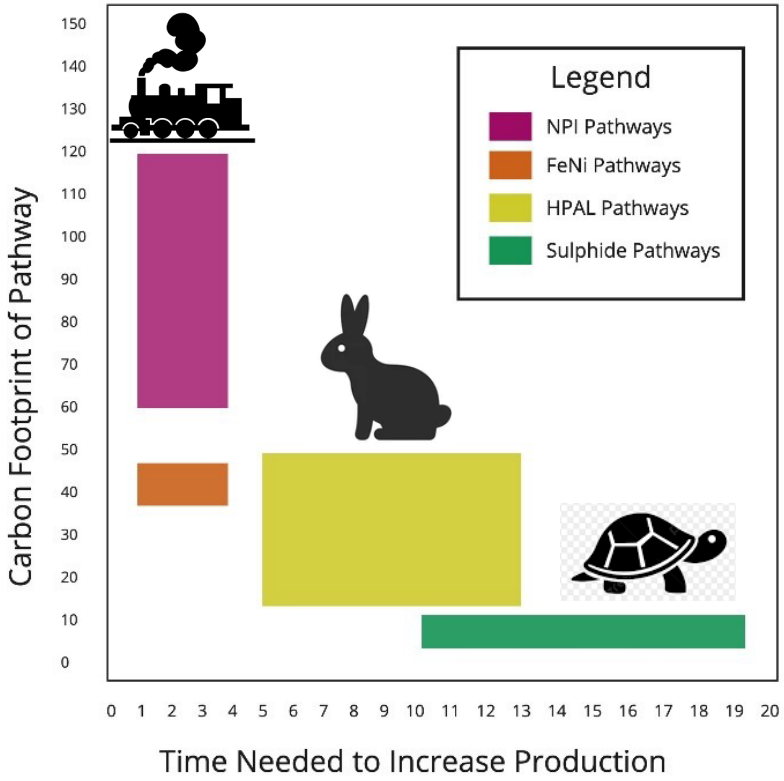
Laterittgruve i Indonesia

# Eksempel nickel




Source: Young 2021

## Oppbyggingshastighet vs. karbonutslipp




**Løsninger EU:**

1. $CO_2$-krav for batterier (Batteriregulering)
   → forskyver problemet til stål
2. CBAM (Green Deal)
   → forskyver problemet til land utenfor EU

Behov for systemiske tilnærminger for å unngå problemforskyving

# Eksempel litium

Global anthropogenic lithium cycle 2021

Source: McNeil 2022; McNeil et al. 2024

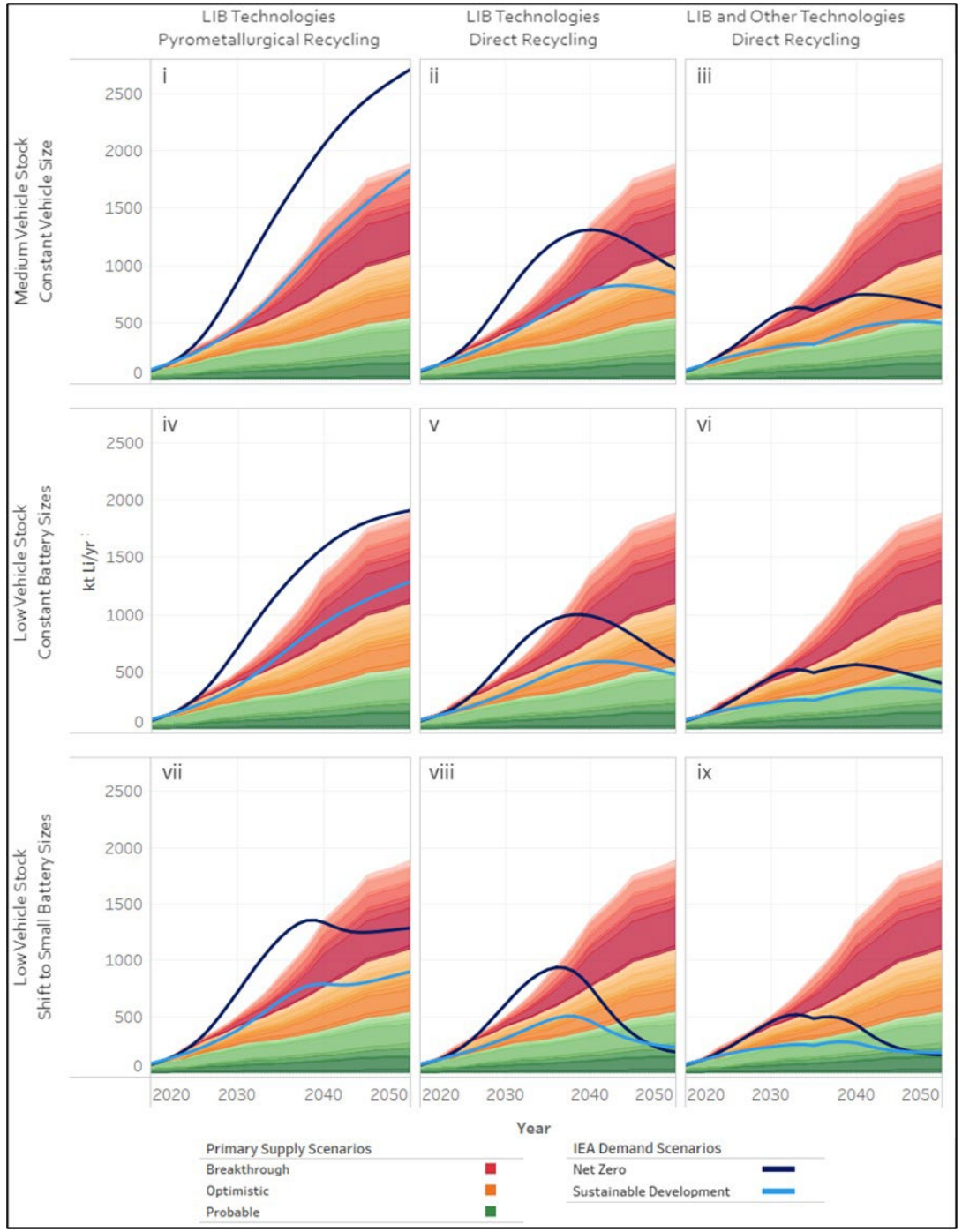
**2 kilder av litium**:

- Saltlaker (brines)
- Mineraler fra harde bergarter (hard rock minerals)

**Li produksjon fra saltlaker** kan bygges opp fort, men krever mye vann i aride regioner.
→ DLE er i utvikling

**Li produksjon fra mineraler** er mer kompleks og tar lengre tid for å bygge opp.

➢ Begge møter sterk lokal motstand.




# Scenarier for primær litium tilbud og etterspørsel

- **Med en rask elektrifisering er det veldig sannsynlig at litium produksjon blir en flaskehals.**

- **Å forhindre en flaskehals krever**
  - → Gjennombrudd i **gruveutvikling**
  - → **Resirkuleringsruter** som gjenvinner litium (direkt res.), Lite bidrag de neste 10-15 år
  - → Alternative **transportløsninger** (Li-frie batterikjemi, mindre batterier, mindre biler)

Source: McNeil 2022 / Billy et al. 2024

# Konklusjoner

1. En **<u>rask</u> elektrifisering** kan lede til utfordringer med råmaterialforsyning og økt utslipp
   → Ikke geologisk begrensninger, men utvikling av en bærekraftig infrastruktur

2. Det trengs **nye teknologiske løsninger** i hele verdikjeden
   → Leting, gruvedrift og materialproduksjon: ofte store investeringer med en usikker framtid
   → Batteriproduksjon: rask utvikling av nye batterikjemi som ikke bruker kritiske råmaterialer
      → Veien videre er fortsatt åpent: leder til usikkerhet
      → Kan påvirke lønnsomhet av materialproduksjon og resirkulering & gjenbruk
   → Resirkulering & gjenbruk: sentralt på lengre sikt, men liten virkning de neste 10-15 år

3. Men de er ikke tilstrekkelig: **ansvarlig forbruk**
   → Mindre batterier: lettere og mindre biler, mindre rekkevide
   → Transport- og urbane planlegginsløsninger med færre biler

**→ Systemiske tilnærminger i forskning, industri og politikk**

# Takk!

daniel.mueller@ntnu.no

**Online tools:** https://folk.ntnu.no/romainb/mfa-apps

- Material use in Li-ion batteries (Aguilar)
- Carbon footprint and recycling of aluminium in cars (Billy)
- Stock dynamics visualization (Billy)

BATMAN

## Business Partners

NIKKELVERK A GLENCORE COMPANY
Hydro
Elkem
agder energi
FIVEN

## Associated Partners

BatteriRetur
grønn kontakt
EnFo
AKT agder kollektivtrafikk as
Entelios

## Research Partners

NTNU
UiA University of Agder
IFE
tøi

## Project Management

EYDE CLUSTER | NCE EYDE Norwegian Center of Expertise Sustainable Process Industry

## Advisory Board

BGS British Geological Survey
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Circular Energy Storage Research and Consulting
EUROPEAN ALUMINIUM
Nickel INSTITUTE
Statistisk sentralbyrå Statistics Norway
eit RawMaterials
Empa Materials Science and Technology