

Kierrätysmuovien hiilijalanjälki ja käyttömahdollisuudet ratarakenteissa

TkT Heikki Luomala, DI Rami Halme ja TkT Ilari Jönkkäri

Miksi tutkia kierrätysmuovien hiilijalanjälkeä ja käyttömahdollisuuksia ratarakenteessa?

- Yleiset päästövähennystavoitteet kannustavat löytämään vaihtoehtoisia materiaaleja ja ajattelutapoja
- Nykyisin hävitetään polttamalla vaikeasti hyödynnettäviä kierrätysmuovijakeita
- Voitaisiinko kierrätysmuoveja käyttää ratarakenteessa materiaalina?
- Saavutettaisiinko siten päästövähennyksiä?

- Sopiva tekijä poikkitieteelliseen tutkimukseen oli saatavilla
- Esitys perustuu Rami Halmeen materiaalitekniikan opintoihin kuuluvaan diplomityöhön ”*Kierrätysmuovien hiilijalanjälki ja käyttömahdollisuudet ratarakenteissa*”

Tarkastellut muovilaadut

Kierrätysmuovin käyttäminen ratarakenteessa on järkevää, jos

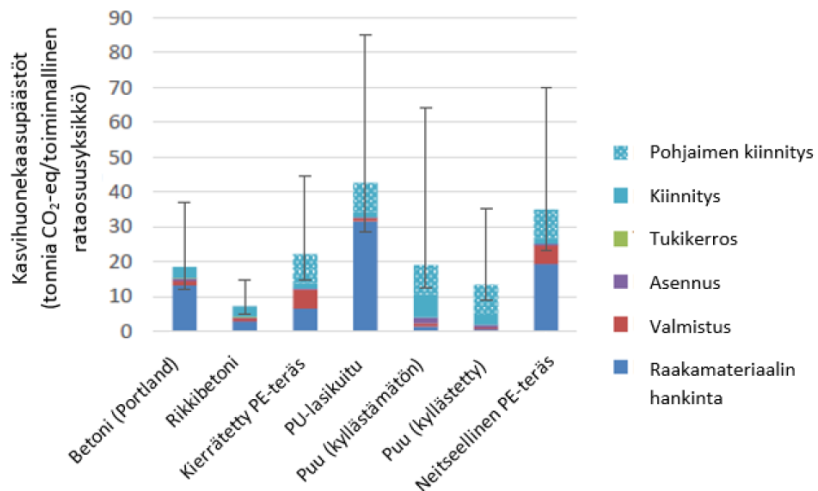
- Löytyy teknisesti soveltuva käyttökohde
 - **D-työssä pohditaan kierrätysmuovin mahdollisuuksia betoni- ja puuratapölkkyjen korvaajana**
- Saavutetaan CO₂ päästöjen vähennys, joko
 - **Korvaamalla nykyinen materiaali ympäristöystävällisemmällä**
 - **Kierrättämällä nykyisin polttoon menevä kierrätysmuovi materiaalina**

Tarkasteltuja kierrätysmuoveja olivat nykyisin polttamalla hyötykäytettävät

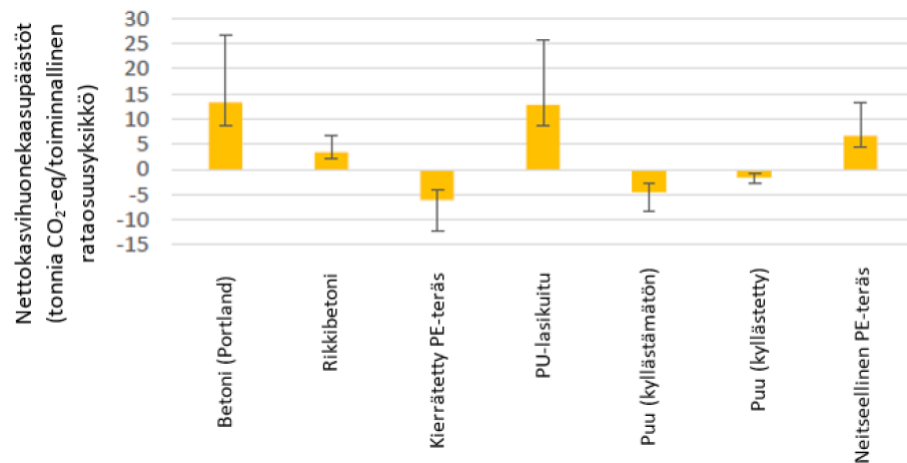
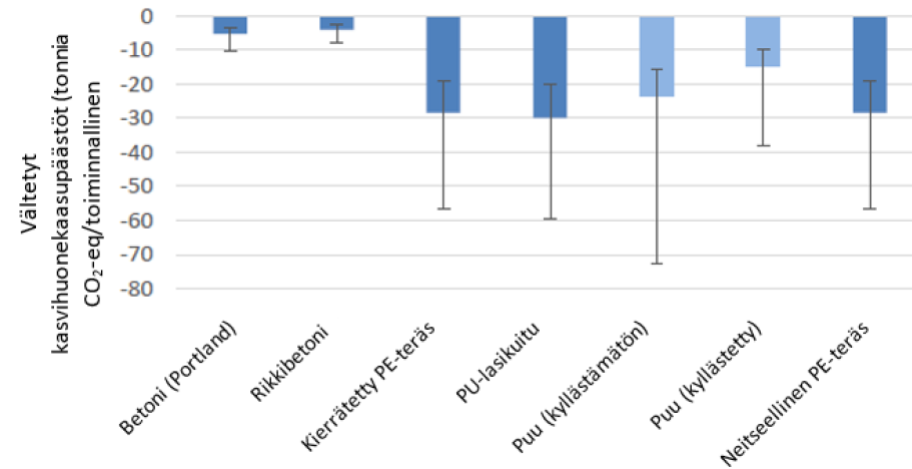
- **SER-jäte, ABS-muovi**
- **Nestepakkauskartongin pulperoinnin rejekti (LPB), PE-muovi**

Hiilidioksidipäästöt eri pölkkyateriaalivaihtoehdoilla

Ensimmäisen elinkaaren päästöt



Toisen elinkaaren avulla vältetyt päästöt



Nettopäästöt, kun materiaali kierrätetään

<https://rivm.openrepository.com/handle/10029/624641>

Kierrätysvirtojen suuruus ja kierrätyksen päästöt

Suomen vuotuisella kierrätysvirralla pystyttäisiin valmistamaan ratapölkkyjä:

- SER-jätteestä kierrätetystä ABS-muovista n. 15,3 km rataa (25225 pölkkyä)
- Nestepakkauskartongin pulperoinnin rejektistä n. 19,3 km rataa (31730 pölkkyä)

Jos betoniset ratapölkkyt korvattaisiin kierrätysmuovilla, hiilidioksidipäästöt vähenisivät edellisen kalvon laskentatavalla:

- ABS 2860 tCO₂e
- LPB 3610 tCO₂e (= 1200 omakotitalon lämmityksestä syntyvä CO₂ päästö)

Jos tarkastellaan pelkkää muovin kierrättämistä materiaalina polttamisen sijaan, päästöt vähenisivät

- ABS 13300 tCO₂e
- LPB 11000 tCO₂e

=> Kierrättäminen materiaalina olisi järkevää!



Kierrätysmuovien ominaisuuksien testaus

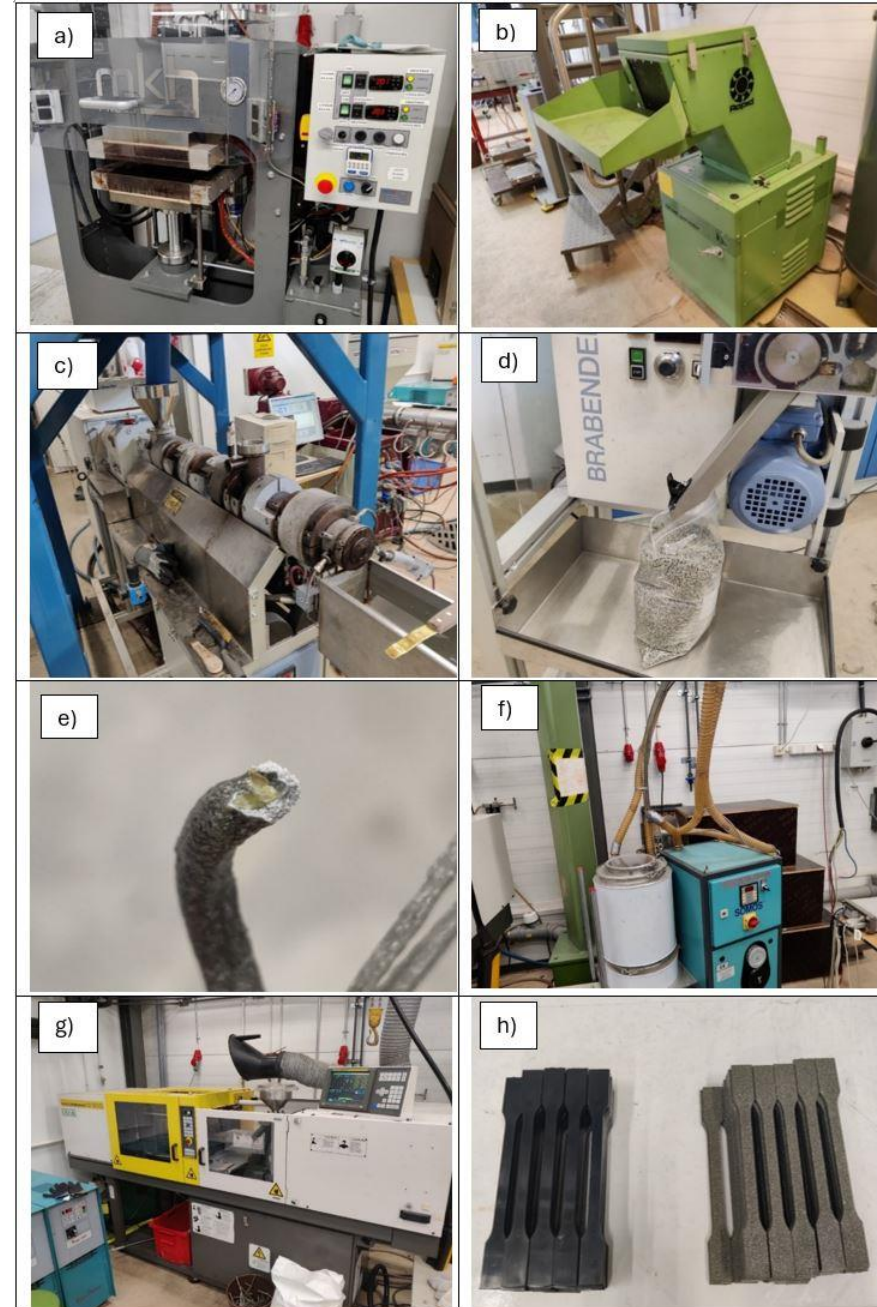
Toteutettiin mekaaniset kokeet kahdelle kierrätysmuoville ABS ja LPB

Valmistettiin koesauvoja vakiintuneella menetelmällä



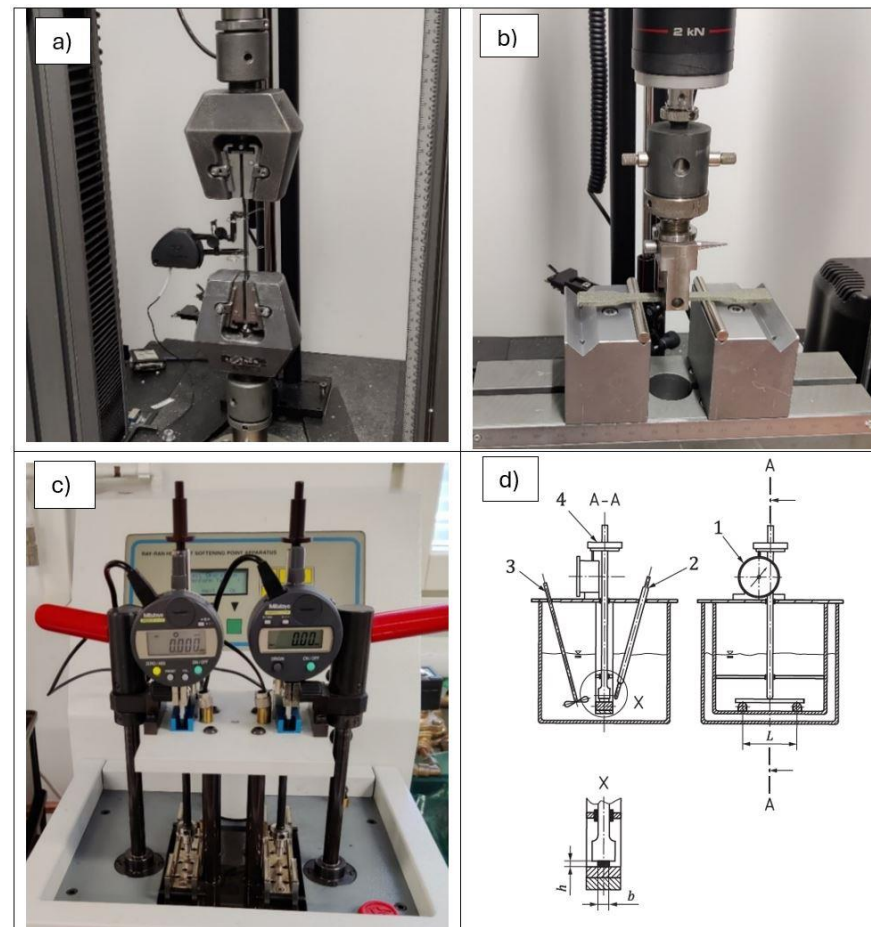
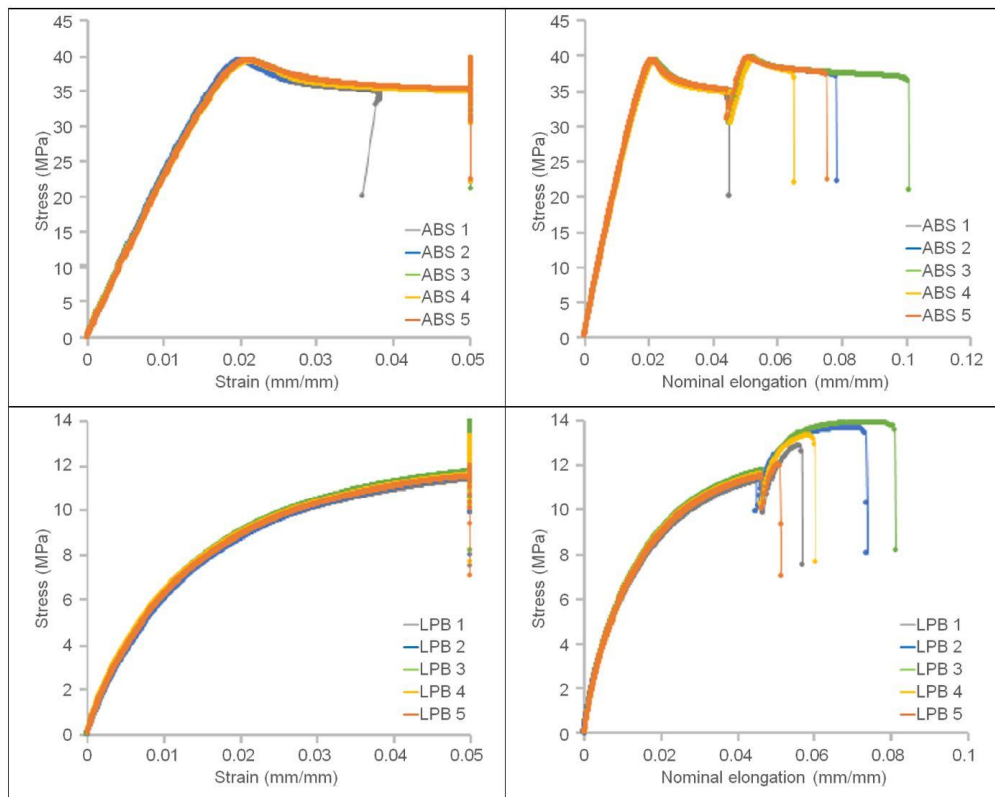
Tehtiin standardin mukaiset kokeet

- Vetokokeet: lujuus, jäykkyys
- Taivutuskokeet: taivutuskimmo kerroin
- Lämpötilan vaikutus lujuuteen
 - VICAT ~ pehmenemislämpötila
 - HDT ~ suurin käyttölämpötila



Mekaaniset koemenetelmät

Mekaaniset ominaisuudet vastasivat kohtalaisesti neitseellisten muovien ominaisuuksia ja hajonta koekappaleiden välillä oli varsin pientä



Mekaanisten kokeiden tulokset

Materiaali	Kimmomoduuli (MPa)	Myötölujuus (MPa)	Myötövenymä (%)	Murtolujuus (MPa)	Murtovenymä (%)	Veto- lujuus (MPa)
ABS	2367,5	39,38	36,4	36,4	7,1	39,6
LPB	842,7	-	12,8	12,8	6,4	13,2

Materiaali	Kimmokerroin (MPa)	Taivutuslujuus (MPa)
ABS	2314,9	70,8
LPB	765,9	18,5

Materiaali	Vicat (°C)	HDT (°C)
ABS	103	76,9
LPB	95,3	43,1

Mekaaniset ominaisuudet

SER-jätteestä kierrätetyllä ABS-muovilla on 3-4 kertaa paremmat mekaaniset ominaisuudet pulperoinnin rejektiin verrattuna.

Millaiset ominaisuudet ratapölkky materiaalilta vaaditaan?

Jo kumotussa standardissa ISO 12856-1:2014 on esitetty arvoja, jotka muovisen ratapölkyn tulisi täyttää. Taulukko on kolmiportainen erityyppisille radoille. ABS menee lähimmäksi B luokan vaatimuksia.

Taivutusominaisuuksiltaan kierrätetty ABS ei aivan sellaisenaan kelpaa 22,5 tonnin maksimiakselipainon ja 160 km/h nopeusrajoituksen rataosuudelle (puupölkkyjä vastaava pölkkymitoitus).

Pieni määrä esimerkiksi lasikuitua vahvikkeeksi tuulivoimalan siivistä kierrätettynä, niin kelpoisuus olisi mahdollisesti saavutettavissa.

Vielä on selvitettävää...

UV-valon vaikutukset kierrätysmuovimateriaalista valmistetun ratapölkyn ominaisuuksiin.

Kierrätysmuovista valmistetusta ratapölkystä käytössä irtoavan mikromuovin määrä ja haitallisuus.

Materiaalin tasalaatuisuus jäte-erien välillä.

Täysikokoisen ratapölkyn testaus.

Yms...

Yhteenveto

Kierrätysmuoveilla on mahdollista pienentää hiilijalanjälkeä, kun

- Muovi kierrätetään materiaalina polttamisen sijaan
- Muovilla on useampi elinkaari materiaalina

SER-romun ABS-muovista olisi mahdollista valmistaa mekaanisesti riittävän kestäviä ratapölkkyjä, jotka soveltuisivat hyvin puupölkkyraiteelle.

Myös radanpidon hiilijalanjälki pienenee, jos vertailukohtana käytetään betoniratapölkkyjä.



Kuva: Copilot AI kuva pyynnöllä ”Rautatien molemmilla puolin kukkia ja ratapölkkyt valmistettu vanhoista tietokoneen näytöistä”

Kiitos!

Lisätietoja:

heikki.luomala@tuni.fi

ja oheinen opinnäyte sekä
tieteellinen artikkeli

Rami Halme

KIERRÄTYSMUOVIEEN HIILIJALANJÄLKI JA KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET RATA- RAKENTEISSA

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastajat: TkT Ilari Jönkkäri
TkT Heikki Luomala
Lokakuu 2022

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202210187677>

 Check for updates

OPEN ACCESS

EDITED BY
Sakdirat Kaewunruen,
University of Birmingham, United Kingdom

REVIEWED BY
Asela Kulatunga,
University of Exeter, United Kingdom
Karupiah Koppihraj,
Saveetha University, India

*CORRESPONDENCE
Heikki Luomala
✉ heikki.luomala@tuni.fi

RECEIVED 10 July 2024
ACCEPTED 09 October 2024
PUBLISHED 12 December 2024

CITATION
Luomala H, Halme R and Jönkkäri I (2024)
Reducing the carbon footprint of railway
sleepers using recycled plastics.
Front. Sustain. 5:1460159.
doi: 10.3389/frsus.2024.1460159

COPYRIGHT
© 2024 Luomala, Halme and Jönkkäri. This is
an open-access article distributed under the
terms of the Creative Commons Attribution
License (CC BY). The use, distribution or
reproduction in other forums is permitted,
provided the original author(s) and the
copyright owner(s) are credited and that the
original publication in this journal is cited, in
accordance with accepted academic
practice. No use, distribution or reproduction
is permitted which does not comply with
these terms.

Reducing the carbon footprint of railway sleepers using recycled plastics

Heikki Luomala^{1*}, Rami Halme¹ and Ilari Jönkkäri²

¹Faculty of Built Environment, Research Centre Terra, Tampere University, Tampere, Finland, ²Materials Science and Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Tampere University, Tampere, Finland

The primary contributors to greenhouse gas (GHG) emissions in railway transport include the energy consumed during transportation, the materials used for infrastructure construction, and maintenance. Track structures commonly employ materials with a substantial carbon footprint, such as concrete and steel. This article explores the feasibility of using materials with a smaller carbon footprint for track structures. Recycled plastics that are currently incinerated might serve as a viable alternative. The key research question revolves around whether GHG emissions resulting from track construction and maintenance can be reduced by utilizing recycled plastics. Among various track components, sleepers were chosen as a potential application for recycled plastic due to their substantial material usage and consequent impact on overall emissions. The study also investigated the necessary material properties for plastic sleepers and assessed whether recycled plastic could meet those requirements. The study investigated recycled plastic fractions, including waste materials recycled by incineration, acrylonitrile butadiene styrene (ABS) from waste electrical and electronic equipment (WEEE), and a byproduct of liquid packaging cardboard repulping (LPB repulping reject). These materials offer a reduced carbon footprint because they have already completed one life cycle and can still be recycled as material. To assess their mechanical properties, laboratory tests were conducted on injection-molded test rods made from recycled plastic components. These rods underwent tensile and bending tests using a universal testing device. Additionally, the softening temperatures of the materials were measured through Vicat and HDT tests. Finally, based on the amount of waste material flows, the emission reduction potential obtained using recycled plastic was evaluated. Recycled ABS is significantly more suitable for use in track structures due to its superior mechanical durability compared to LPB repulping reject. Additionally, recycling ABS as a sleeper material significantly reduces overall GHG emissions compared to incineration.

KEYWORDS

carbon footprint, recycled plastic, sleeper, emission reduction, ABS, LPB repulping reject, railway

1 Introduction

Evaluating the carbon footprint of railway system requires selecting appropriate indicators for calculation. These indicators can include primary energy, carbon dioxide CO₂ (global warming potential), particulate matter (PM₁₀) and nitrogen oxide (NO_x) (Tuchschnid et al., 2011). In this study, we focus on solely on CO₂ emissions. The distribution of emissions across train traffic, construction, and maintenance depends heavily on the line's traffic volume. On busy high-speed lines, energy consumption for moving trains can account for over 70% of total

<https://doi.org/10.3389/frsus.2024.1460159>