

# Nostoja rautatietutkimuksesta

Paalutuskoulutus 2026

Heikki Luomala  
Infrarakenteiden apulaisprofessori

1968

Geotekniikan ja rakennusgeologian opetus- ja tutkimustoiminta käynnistyy

2000

Maa-, pohja- ja ratarakenteiden tutkimusryhmä perustetaan

2020

Tutkimuskeskus Terra perustetaan

## Tutkimusryhmät

40

Opetus- ja  
tutkimushenkilöstö

Maarakenteet  
**TerraRoad**

Ratarakenteet  
**TerraRail**

Geotekniikka  
**TerraGeo**

Infrarakenteiden  
digitalisaatio  
**TerraDigi**

Laboratorio- ja  
mittauspalvelut  
**GeoLa**

[research.tuni.fi/terra](https://research.tuni.fi/terra)

# Missio

Teemme kansainvälistä huippututkimusta, opetamme laadukkaasti ja vaikutamme myönteisesti koko yhteiskunnan kehitykseen.

# Visio

Terra tunnetaan valituilla erikoisaloilla kansainvälisen tason huippuosaajana. Terra on Suomen arvostetuin infra-alan kouluttaja ja innovatiivisuudestaan tunnettu kumppani haastavissa tutkimus- ja kehityshankkeissa. Terran vaikutuksesta infra-ala on noussut ansaitsemaansa arvostukseen sekä yhteiskunnassa että yliopistoyhteisössä.

**Kv-tason  
huippuosaamiset**

**Kansallinen  
huippuosaaminen**

**Perustehtävät:  
opetus ja palvelututkimus**

# Ratarakenteiden tutkimusryhmä TerraRail

Tutkimusta yhteistyössä Väyläviraston ja muun alan teollisuuden kanssa (operaattorit, komponenttivalmistajat, suunnittelutoimistot, OTKES, jne.)

Osaamisalue kattaa junan kulkuominaisuudet, rataan kohdistuvat kuormat, radan komponentit ja rakenteet; mitoitus, materiaalit ja elinkaari.

- Tavoitteena on tuottaa lisäarvoa radanpitoon, jotta suunnitellut ratkaisut ovat turvallisia, pitkäikäisiä, kestäviä ja elinkaaritehokkaita.
- Tärkeä näkökulma on osaamisen lisääminen ja asiantuntijuuden varmistaminen: opinnäytteet ja täydennyskoulutus (RASU).



# Tutkimusohjelma Toimiva ja turvallinen rata (TUTOR) 2025-2028



# Betoniratapölkyn elinkaari

# Radan päällysrakenteen vaurioituminen

- Kiskot kuluvat: sivukulumista kaarteissa, pystykulumista kaikkialla => mitattavissa oleva profiilimuutos.
- Sepeli hienonee: raidegeometria ei pysy => mitattavissa oleva rakeisuusluku.
- Puiset ratapölkkyt katkeilevat ja lahoavat => vähintäänkin silmämäärin havaittavissa olevia vaurioita.
- Betoniratapölkyn vaurioituminen: antaako se lainkaan viitteitä etukäteen? Mikä on sen jäljellä oleva käyttöikä?



# Betoniratapölkky

Tehtaassa valmistettu esijännitetty betonirakenne

- mahdollistaa tukevan kiskonkiinnityksen
- pitää hyvin raideleveyden ja kiskon kallistuksen
- tuottaa hyvän raiteen poikittaisvastuksen
- kestävä ja pitkäikäinen komponentti
- suunniteltu käyttöikä 40 vuotta

Yli 40 vuotta vanhat betonipölkkyt olivat jälkijännitetyjä



# Betoniratapölkky

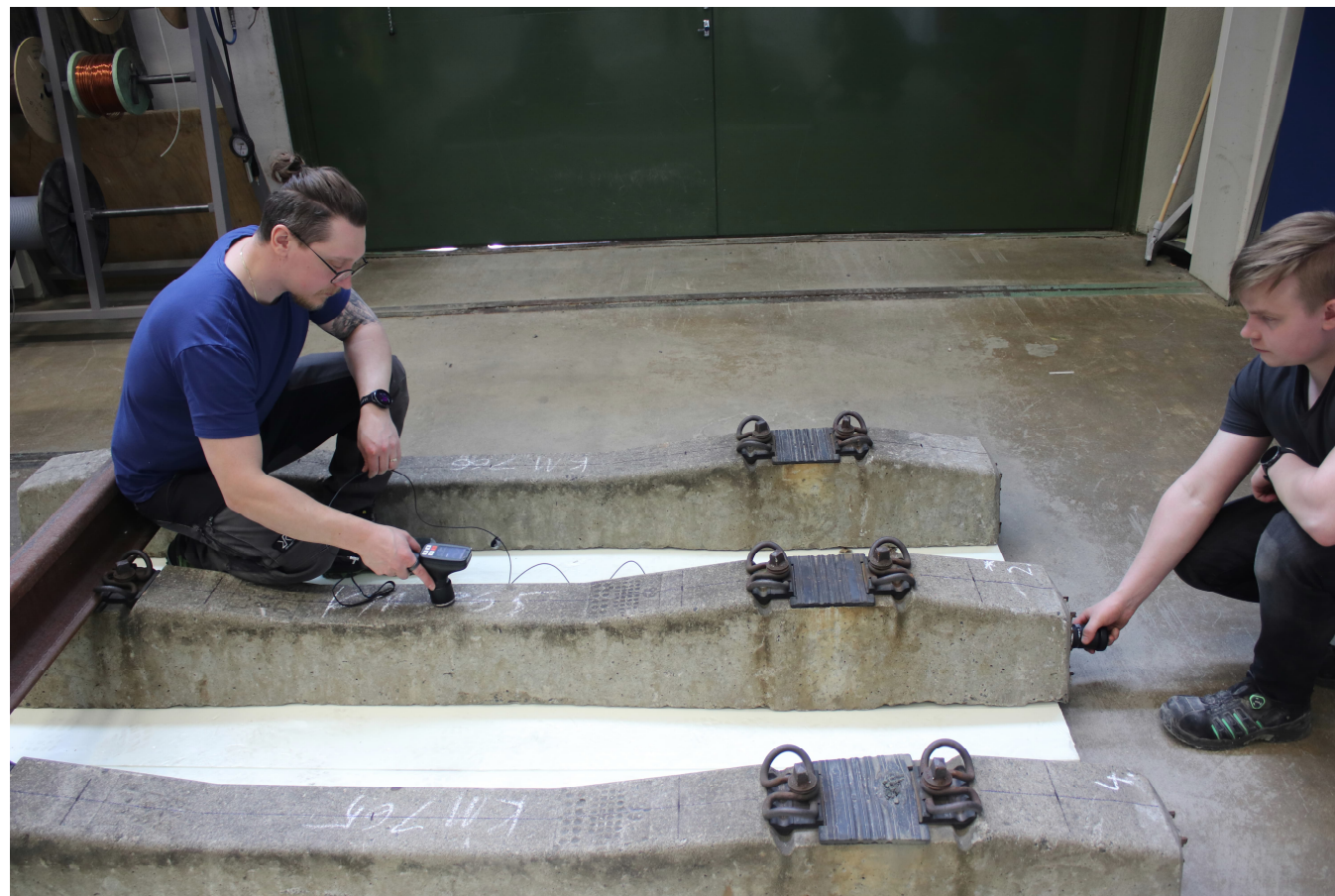
Merkitys on suuri

- n. 80 % rataverkosta on varustettu betonipölkkyillä
- uushankinta-arvo on miljardiluokassa
- suunniteltu käyttöikä on päättymässä lähitulevaisuudessa suurella joukolla pölkkyjä

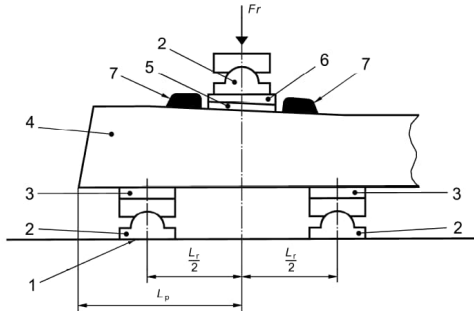
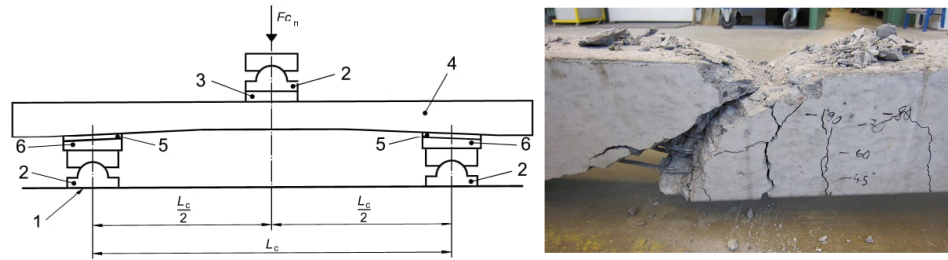
Millä strategialla lähdetään uusimaan, kun rahaakaan ei oikein olisi?

Käynnissä olevassa tutkimuksessa on selvitetty NDT-testauksen mahdollisuuksia kunnan arviointiin.

Tehty myös mekaanisia kuormituskokeita pölkkyille ja betonille.



# Mekaanisia kuormituskokeita



# Etenkin jälkijännitetyissä pölkyissä on havaittu pituussuuntaisia halkeamia

- Halkeamat näyttävät silmällä tietyssä olosuhteessa vakavilta, mutta ovat poranäytteiden perusteella kuitenkin pääosin pinnallisia.
- Eivät vaikuta mekaaniseen kestävyYTEEN, ainakaan vielä.
- Betoni on tiivistä ja sillä on suuri puristuslujuus. Karbonatisoitumista ei havaita.
- Laskennallisen tarkastelun perusteella käyttöikää olisi jäljellä vielä kymmeniä vuosia
  - Sovellettu julkisivubetoneille kehitettyä sääräsitukseen perustuvaa mallinnusmenetelmää



# Tilanne pakkasrasituskokeen 25 syklin jälkeen

Pakkasrasituskoee näyttäisi vaurioittavan betonia melko nopeasti.

Tutkimus ja tulosten tulkinta on tältä osin vielä kesken

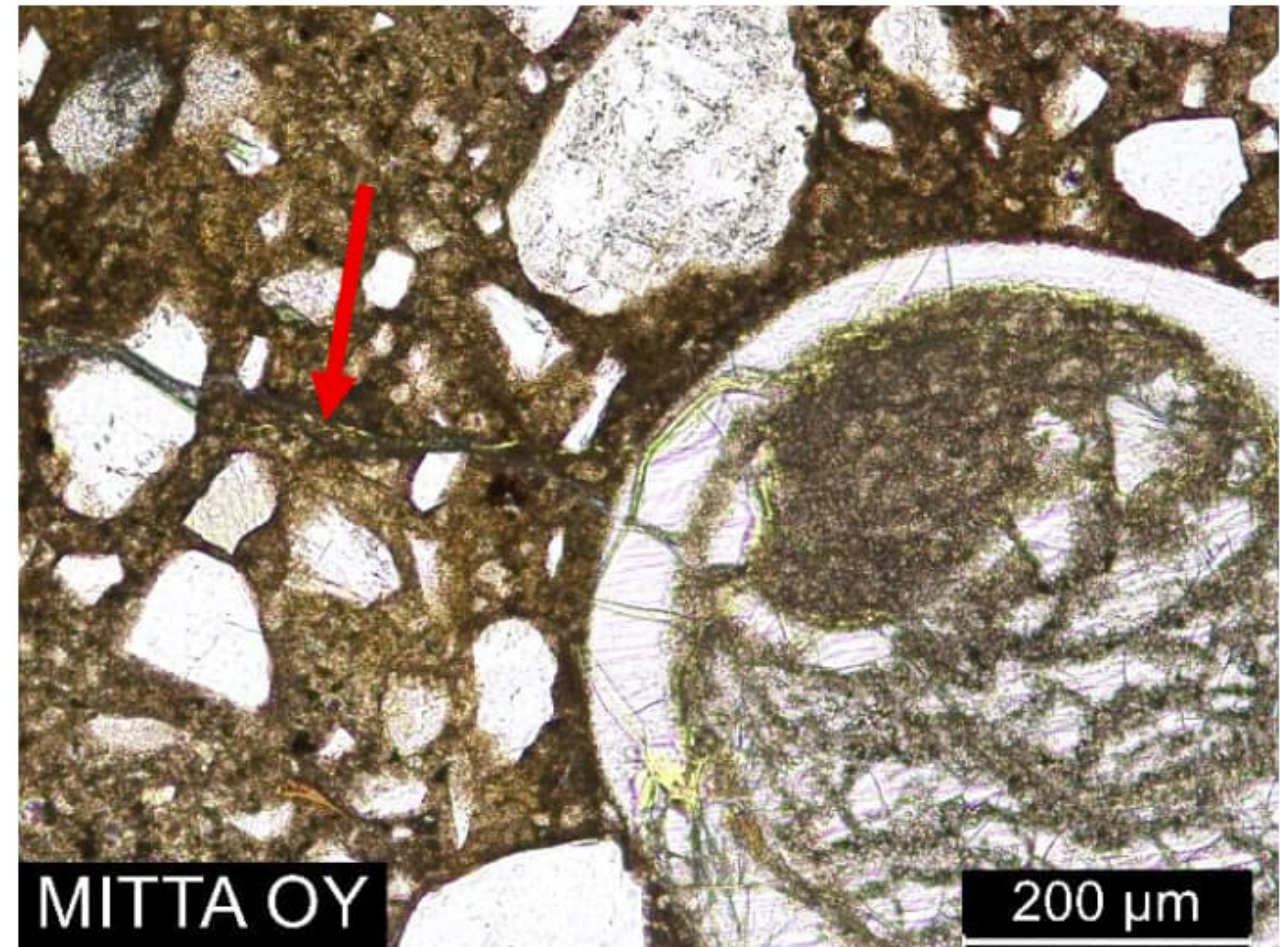
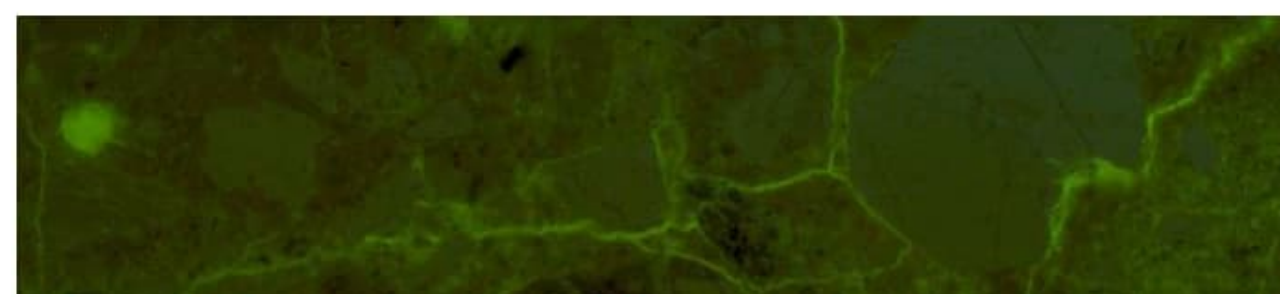
- Betoni on erittäin tiivistä, jonka seurauksena se imee vettä ja kuivuu hitaasti.
- Radalla pölkyt eivät pääse kyllästymään vedellä kokonaan, joten käytännössä säärasitus lienee jonkin verran pienempi.
- Näiden tulosten perusteella käyttöikä on kuitenkin selkeästi rajallinen



# Ohuthietutkimukset

## ASR

- Reagoineet kappaleet ovat hienon fraktion kvartsiitti- ja myloniittikappaleet, joista säteilee suuntautumaton halkeilua sideaineeseen.
- Paikoin pinnan suuntaisessa halkeamassa sekä huokosissa on silikageeliä.



Kuva 21. Silikageeliä halkeamassa (nuoli) ja huokosessa. PPL

# Käyttöiän päättymisen

- Ratapölkky voi rikkoutua junan suistumisen tai kunnossapidon seurauksena
- Liikennekuorma voi aiheuttaa halkeilua
- Betoni voi rapautua kemiallisten reaktioiden takia
- Käyttöikä loppuu, kun raideleveys ei pysy tai kiskonkiinnitys pettää



# Kierrätys

- Kierrätetään vilkkaalta rataosalta vähäliikenteisemmälle.
- Hyödynnetään komponenttina muussa käyttötarkoituksessa, kuten aurinkovoimalan perustuksina.
- Murskataan ja käytetään materiaalina: betonimurske ja kierrätysteräs



Kuva: [www.renor.fi](http://www.renor.fi)

# Ajatuksia raideleveyskeskusteluun

- Olemassa olevan verkon muutos on miljardien investointi ja vie vuosikymmeniä aikaa.
- Varautuminen muutokseen pitäisi aloittaa heti asentamalla kaikki uudet pölkyt kaksilla kiskonkiinnityksillä.
- Lisäraiteilla parannetaan välityskykyä ja kenties houkutellaan uusia operaattoreita, mutta niiden avulla ei pystytä kattamaan koko rataverkkoa.
- Nopeimmin raideleveyshaasteeseen vastataan muuttuvan raideleveyden teleillä varustetun kaluston avulla.
- Pelkästään hyvät lastauslaiturit auttavat paljon, kun kuljetusmuotoa voidaan vaihtaa sujuvasti.



Kuva: Väylävirasto

# Paaluhatturakenteen elinkaari

# Paaluhatturakenteiden elinkaari

Käynnissä oleva Inka-Tuuli Amberlan diplomityö, jonka tavoitteena on selvittää:

- Miten paaluhattukentät on mitoitettu?
- Mitä keinoja on olemassa olevien paaluhattualueiden korjaamiseen?

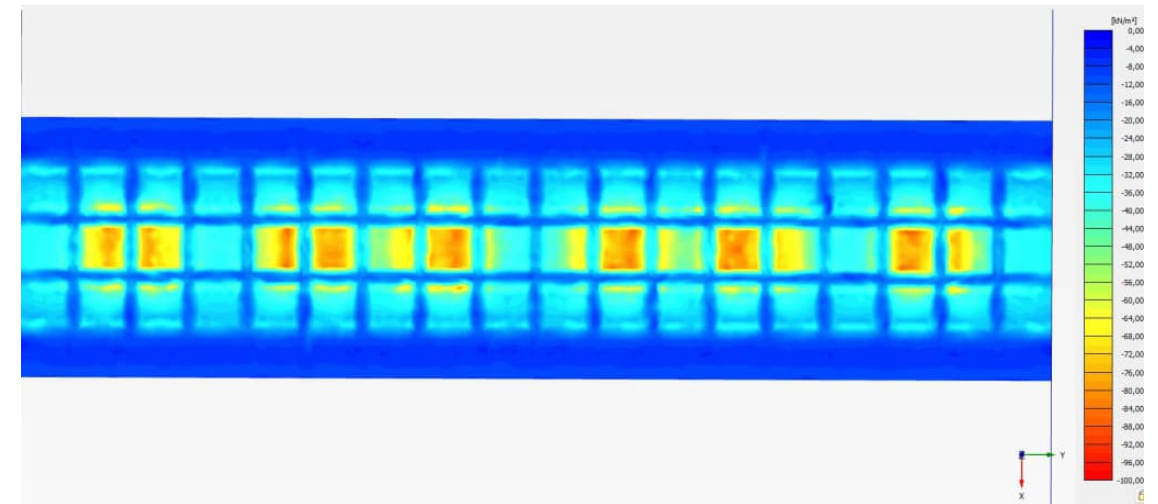
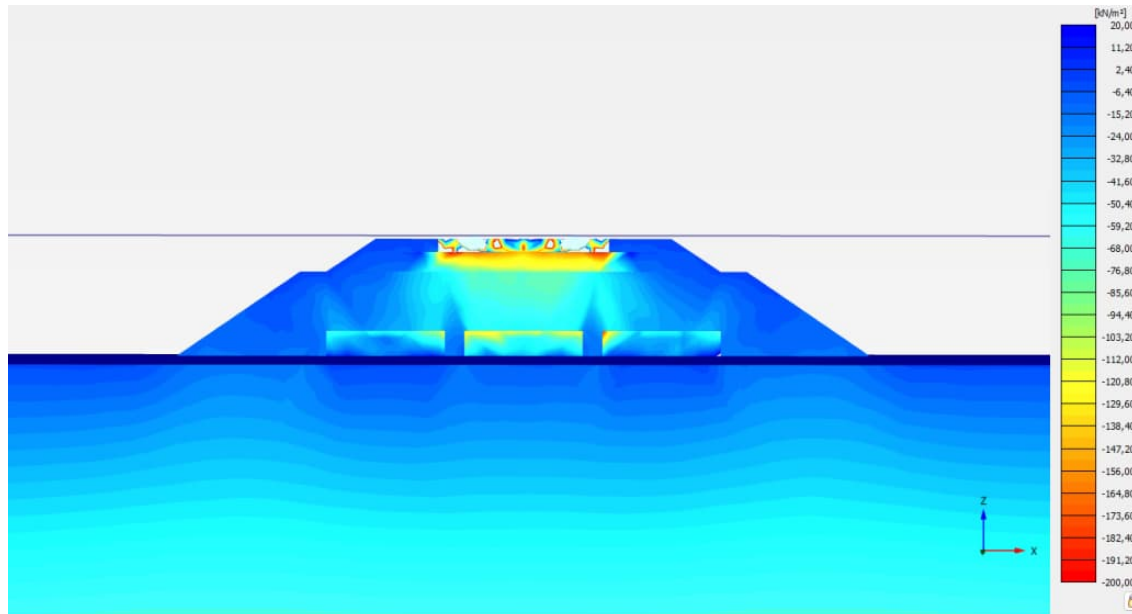
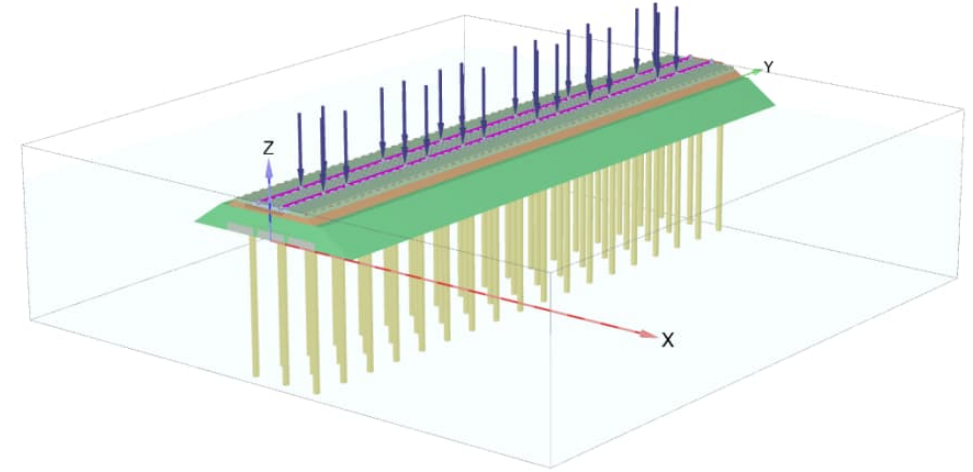
Perusongelma on se, että paaluhattut kallistuvat satunnaiseen suuntaan ja aiheuttavat geometriavirhettä rataan.



# Paaluhatuille tulevat kuormitukset

Mallinnettu 3D Plaxis ohjelmistolla paaluhatuille tulevia jännityksiä, jotta ymmärrettäisiin miksi hatut lähtevät kallistumaan:

- Radan pituussuunnassa jännitykset vaihtelevat, mutta poikkisuunnassa kallistelun olettaisi olevan systemaattista.



# Hypoteeseja

Miksi holvautuminen ei toimi?

- Tyhjätilaa syntyy hattujen alle
- Pengerkorkeus on liian pieni
- Käytetty alusrakennemateriaali on liian hienorakeista
- Kuormitus epäsymmetrinen
- Junaliikenteen tärinä
- Hatut ovat liian pieniä

Miksi hatut kallistuvat satunnaiseen suuntaan?

- Paikallinen vaihtelu pohjamaassa, paalutusaluustassa yms.
- Alkusysäys kallistumiseen on aiheutettu jo rakentamisen aikana
  - Epäkeskisyys
  - Työkonekuormat

Pohjamaan painumaa ei osattu ennakoida riittävästi. Tyhjätila syntyy paalutuksen aiheuttaman huokosvedenpaineen ja paalutusaluustan painon yhteisvaikutuksesta.

Kiitos!

heikki.luomala@tuni.fi

