

Kari Hämäläinen

## **KESTÄVÄ KEHITYS RAUTATIERAKENTAMISESSA**

# **KESTÄVÄ KEHITYS RAUTATIERAKENTAMISESSA**

Kari Hämäläinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2023  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, Yhdyskuntatekniikka

---

Tekijä(t): Karn Hämäläinen

Opinnäytetyön nimi: Kestävä kehitys rautatierakentamisessa

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi:

Työn ohjaaja(t): Jarmo Erho

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023

Sivumäärä: 52 + 3 liitettä

---

Kestävä kehitys haastaa rakennusalaan ekologisiin, kestäviin ja taloudellisiin ratkaisuihin. Rautatierakentamisessa kestävä kehitys ohjataan kestävä rakentamisen mallilla. Mallin avulla ratahankeissa voidaan saavuttaa kestävä kehityksen asettamat tavoitteet. Kestävä rakentaminen koostuu kulttuurillisesta, ekologisesta, taloudellisesta ja sosiaalisesta kestävydestä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota informaatiopaketti, joka sisältää kestävä kehityksen ja rakentamisen periaatteet ja tavoitteet sekä kuvailla niiden vaikutuksia rautatierakentamisen vaiheissa ja toimijoissa. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia kestävä rakentamisen nykytilaa ja hyötyjä sekä haittoja ratahankeissa. Lopuksi pohdittiin kestävä kehityksen toteutumista ratahankeissa ja asetettiin kestävä rakentamisen tavoitteita tulevaisuuden hankkeille.

Opinnäytetyössä todettiin, että kestävä rakentamisen hyödyt taloudellisesti ja ekologisesti ovat suuremmat kuin rakentamisessa, jossa kestävä kehitystä ei huomioitaisi ollenkaan. Kestävällä rakentamisella saadaan laskettua huomattavasti rakentamisesta aiheutuvia päästöjä ja ympäristöhaittoja. Lisäksi kestävä rakentamisen avulla voidaan saada merkittäviä materiaali- ja energiasäästöjä. Lopuksi todettiin, että kestävä rakentamisen malli on helppo noudattaa ja kestävä kehityksen ohjelmaa tulee jatkossa toteuttaa ja kehittää.

---

Asiasanat: Rautatierakentaminen, kestävä kehitys, kestävä rakentaminen, kiertotalous

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

---

Author(s): Karn Hämäläinen

Title of thesis: Sustainable Development in Railway Construction

Supervisor(s): Jarmo Erho

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023

Number of pages: 52 + 3 appendices

---

The purpose of this thesis was to compile an information package about sustainable development in railroad construction projects. The objective was to examine the operating models of sustainable development and sustainable construction and their implementation in railway projects.

The main research question was why and how sustainable development is implemented in railway projects. The thesis had no client and the topic was examined due to the author's interest and current work on railway projects. The study is intended for all of those who want to know about the effects of sustainable development on railway projects.

The thesis begins with an overview of sustainable development and railroad construction. After that, sustainable construction operating models and guidelines and their implementation in railway projects are examined. At the end of the work, the current state and future of sustainable construction are reflected, and development proposals are made.

The thesis demonstrates that the current state of sustainable development in railway projects is at a good level and that sustainable development brings more benefits than disadvantages. Benefits are obtained, for example, ecologically and economically. Also, the work revealed that the goals set in terms of sustainable development have been reached in railway construction projects. In the end, it was noted that sustainable construction is easy to implement by following sustainable development models and guidelines.

However, there are still some areas in sustainable construction left for development, such as a wider use of more ecological materials and abandonment/replacement of hazardous materials. In part, there are already proposed solutions for more efficient and ecological future in terms of construction materials such as the development of geopolymer concrete.

Overall, the thesis answered the set question. The work made it clear that the future of sustainable construction is bright, and it should be continued and developed in the future as well.

---

Keywords: Railroad construction, sustainable development, sustainable construction, circular economy

# SISÄLLYS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | JOHDANTO .....   | 7  |
| 2   | KESTÄVÄ KEHITYS JA SEN TOTEUTUMINEN SUOMALAISESSA YHTEISKUNNASSA ..                                    | 9  |
| 3   | RAUTATIERAKENTAMINEN.....  | 12 |
| 3.1 | Rautatierakentamisen osa-alueet.....   | 13 |
| 3.2 | Rautatierakentamisen osapuolet .....   | 14 |
| 3.3 | Ratahankkeen vaiheet.....  | 15 |
| 4   | KESTÄVÄ KEHITYS OSANA RAUTATIERAKENTAMISTA.....  | 17 |
| 4.1 | Kestävän kehittämisen tavoitteet ja lähtökohdat rautatierakentamisessa .....                           | 18 |
| 4.2 | Kestävän rakentamisen osa-alueet .....   | 20 |
| 5   | KESTÄVÄ RAKENTAMINEN LAISSA JA OHJEISTUKSISSA.....   | 22 |
| 6   | KESTÄVÄN KEHITYKSEN VAIKUTUKSET JA TOIMINTATAVAT<br>RAUTATIERAKENTAMISEEN LIITTYVISSÄ HANKKEISSA ..... | 24 |
| 6.1 | Kulttuurinen kestävyys .....   | 24 |
| 6.2 | Ekologinen kestävyys.....  | 24 |
| 6.3 | Kiertotalous osana rautatierakentamista .....  | 26 |
| 6.4 | Taloudellinen kestävyys .....  | 29 |
| 6.5 | Sosiaalinen kestävyys .....  | 30 |
| 6.6 | Kestävä rakentaminen ja muut rautatierakentamiseen liittyvät työt .....                                | 30 |
| 7   | KESTÄVÄN RAKENTAMISEN NYKYTILA TOIMIJOIDEN NÄKÖKULMASTA<br>RATAHANKKEEN ERI VAIHEISSA.....             | 32 |
| 7.1 | Kestävä rakentaminen ja esiselvitysvaihe .....   | 32 |
| 7.2 | Kestävä rakentaminen suunnitteluvaiheessa .....  | 33 |
| 7.3 | Kestävä rakentaminen rakentamisvaiheessa .....   | 35 |
| 7.4 | Dronen käyttö rakentamisvaiheessa .....  | 38 |
| 7.5 | Kestävä rakentaminen käyttöönottovaiheessa ja takuuajana .....   | 38 |
| 8   | KESTÄVÄN KEHITYKSEN HYÖDYT, HAITAT JA TULEVAISUUS RATAHANKKEISSA ...                                   | 40 |
| 8.1 | Kestävän rakentamisen hyödyt ja haasteet rautatierakentamisessa .....                                  | 40 |
| 8.2 | Kestävän rakentamisen tulevaisuus rautatierakentamisessa .....   | 41 |

|   |                  |    |
|---|------------------|----|
| 9 | YHTEENVETO ..... | 43 |
|   | LÄHTEET.....     | 45 |
|   | LIITTEET         |    |

# 1 JOHDANTO

Rautatierakentaminen on osa infrarakentamisen kokonaisuutta. Suomessa rataverkko on maantieteellisesti hyvin kattava ja laaja, joten rataan liittyviä rakennus-, ylläpito- ja korjaushankkeita toteutetaan jatkuvasti. Rautatierakentaminen on kokenut erilaisia haasteita koko historiansa ajan, ja rakentamista sekä sen menetelmiä on täytynyt kehittää jatkuvasti. Vuosien saatossa on tehty erilaisia tutkimustöitä muun muassa ympäristöön ja rakentamiseen liittyen. Saadut tutkimustulokset ovat tuoneet nykytiedon valossa uusia haasteita, kuten ilmastonmuutokseen ja taloudellisuuteen reagoimisen. Näihin haasteisiin on reagoitu luomalla kestävän kehityksen ohjelma, jota toteutetaan yhteiskunnallisissa rakentamishankkeissa kuten ratahankkeissa.

Kestävä kehitys on nykypäivänä merkittävässä roolissa ihmisten elämässä. Kestävällä kehityksellä pyritään turvaamaan nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Kestävän kehityksen noudattaminen ohjaa talouteen, ihmisiin ja ympäristöön liittyvää päätöksentekoa. (1.) Opinnäytetyön tavoitteena on saada yleiskäsitys kestävästä kehityksestä suomalaisessa rautatierakentamisessa. Työssä selvitetään hankkeissa toteutuneiden esimerkkien avulla kestävän kehityksen nykytila, vaikutukset ja toteutumistapoja ratahankkeissa. Työn tavoitteena on myös pohtia, onko kestävän kehityksen huomioiminen rautatierakentamisessa tuonut hyötyjä tai haittoja ja kannattaako kestävä kehitys toteuttaa tulevaisuudessa ratahankkeissa. Lisäksi työssä asetetaan kehityskohteita kestävän kehityksen huomioimiseen tulevaisuudessa.

Työn alussa perehdytään kestävän kehityksen historiaan ja tavoitteisiin sekä sen vaikutukseen suomalaisessa yhteiskunnassa. Lisäksi työssä käydään läpi suomalaisen rautatierakentamisen historia, osa-alueet ja osapuolet. Tämän jälkeen tarkastellaan kestävän kehityksen toimintamallia suomalaisessa rautatierakentamisessa ja sen kokonaisuutta, sekä sen vaikutuksia ja toteuttamistapoja kestävän kehityksen eri osa-alueiden näkökulmasta. Lopussa käydään läpi kestävän kehityksen hyödyt ja haitat, toteutuminen sekä nykytila ja tulevaisuus rautatierakentamisessa. Viimeiseksi tarkastellaan, onko asetettuihin tavoitteisiin päästy ja asetetaan kehitysehdotukset. Työ on suunnattu kaikille rautatierakentamisesta ja siihen liittyvän kestävän kehityksen vaikutuksista sekä toimintatavoista kiinnostuneille.

Tutkimuskysymyksenä tässä työssä on, miten ja miksi kestävää kehitystä toteutetaan rautatierakentamisessa. Tutkimusmenetelmäksi on valittu kirjallisuuskatsaus.

Aiheen ja materiaalin laajuuden takia työn lukuja on jouduttu rajaamaan. Luvuissa kestävää kehitystä rautatierakentamisessa tarkastellaan pääpiirteittäin, eikä tarkempaa analyysiä tehdä tässä työssä. Kestävän kehityksen nykytilaa ja vaikutuksia tarkastellaan käytännössä toteutettujen toimintatapojen esimerkkejä hyödyntäen. Esimerkkien avulla pyritään antamaan kuva kestävän kehityksen toteuttamistapojen ja -mallien käytöstä.



## 2 KESTÄVÄ KEHITYS JA SEN TOTEUTUMINEN SUOMALAISESSA YHTEISKUNNASSA

Luvussa kerrotaan lyhyesti kestävän kehityksen taustoista, kestävän kehityksen ohjelmasta sekä toimintamallista ja sen tavoitteista. Kestävää kehitystä on käsitelty ensimmäisen kerran Yhdistyneiden kansakuntien Brundtlandin komissiossa vuonna 1987. Siitä lähtien kestävää kehitystä on edistetty ja kehitetty vuosien varrella eri tilanteissa maailmantilanteeseen peilaten.

Nykypäivänä YK:lla on meneillään kestävä kehitys - Agenda 2030 tavoiteohjelma, jonka avulla pyritään poistamaan äärimmäinen kehitys ja huomioimaan kestävän kehityksen periaatteet entistä paremmin koko maailman osalta. Ohjelmassa on 17 päätavoitetta ja 169 alatavoitetta. Yksi päätavoitteista on kestävä teollisuus, innovaatiot ja infrastruktuurit. (2.) Ympäristöministeriön määritelmän mukaan kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka tavoitteena on turvata hyvät elämisen mahdollisuudet nykyisille ja tuleville sukupolville. (1.)

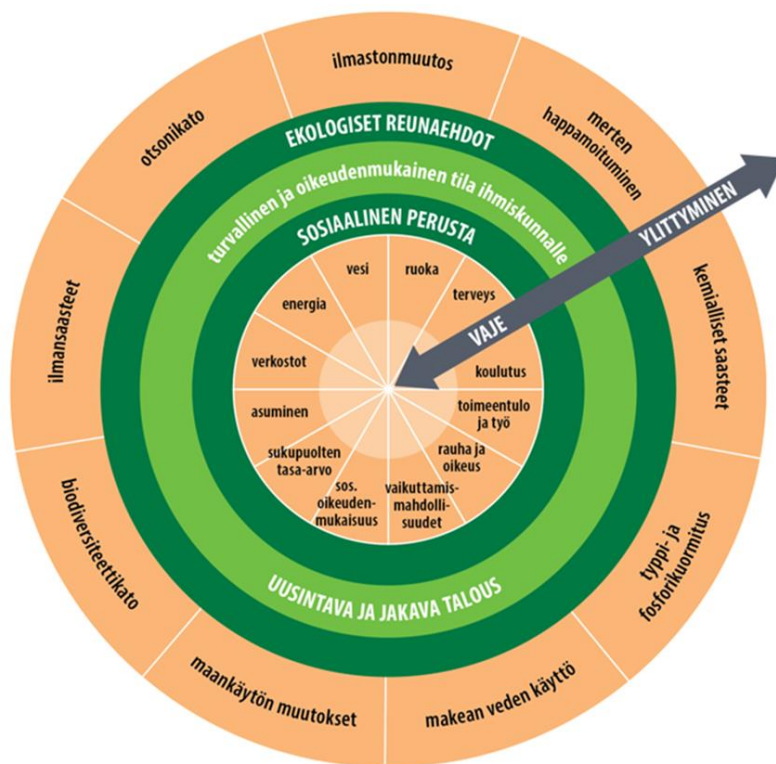
Kestävän kehityksen periaatteena on ottaa päätöksenteossa ja toiminnassa tasavertaisesti huomioon ympäristö, ihminen ja talous. Kestävä kehitys on useimmiten jaettu kolmeen alaosiioon, joita ovat ekologinen kestävyys, taloudellinen kestävyys ja sosiaalinen kestävyys. Näistä voidaan puhua myös kestävyiden kolmena ulottuvuutena. Tiivistettynä ekologisen kestävyiden perusehtona on ekosysteemin toimivuuden sekä biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen sekä ihmisten aineellisen ja taloudellisen toiminnan sopeuttaminen luonnon kestokykyyden pitkällä aikavälillä. Myös kansallinen yhteistyö on keskeisessä osassa kansallisten toimien lisäksi, kun pyritään ekologiseen kestävyteen. (1.)

Taloudellinen kestävyys tarkoittaa laadultaan ja sisällöltään tasapainoista kasvua, joka ei perustu pitkällä aikavälillä velkaantumiseen tai varantojen hävittämiseen. Talouden kestävyys on yksi toimivan yhteiskunnan edellytyksistä ja siihen merkittävästi vaikuttava tekijä on suunnitelmallinen ja pitkälle tähtäävä talouspolitiikka. (1.) Kestävässä kehityksessä taloudellisen kestävyiden vaikutukset ulottuvat sekä ekologiseen että sosiaaliseen kestävyteen. Talous käyttää ja kuormittaa luontoa

ja sen varoja sekä vaikuttaa suuresti sosiaaliseen hyvinvointiin ja perustaan. Taloudellisella kehityksellä voidaan siis vaikuttaa molempiin kestäväen kehityksen alaasiin. (3.)

Sosiaalinen kestävyys ja toisinaan myös kulttuurinen kestävyys takaa hyvinvoinnin jatkuvuuden sukupolvelta toiselle. Sosiaalisen kestävyden haasteita on monia, joista merkittävimpinä voidaan mainita jatkuva väestönkasvu, köyhyys, ruoka- ja terveydenhuolto, tasa-arvoasiat sekä koulutuksen mahdollistaminen kaikille. Sosiaalisen kestävyden haasteet vaikuttavat merkittävästi ekologiseen ja taloudelliseen kestävyteen. (1.)

Taloustieteilijä Kate Raworth on kehittänyt mallin kestävästä kehityksestä (kuva 1), josta käytetään nimeä kestävyysdonitsi. Kestävyysdonitsin vihreällä vyöhykkeellä kuvataan aluetta, jossa ihmisten hyvinvointi toteutuu maapallon kantokyvyn rajoissa. Donitsin keskustassa ovat ihmisten hyvinvointiin vaikuttavat asiat yhteiskunnallisella tasolla. Ne voidaan luokitella sosiaaliseen kestävyteen. Donitsin ulkokehülle sijoittuvat maapallon kantokyvyn vaikuttavat tekijät, jotka ovat ekologiseen kestävyteen liittyviä asioita. Vihreän kehän alaosiioon on sijoitettuna taloudellinen kestävyys, koska sen katsotaan vaikuttavan sekä ulkokehän että keskiön asioihin. (3.)



KUVA 1. Kestävyysdonitsi (3).

Kestävyydonitsin tarkoituksena on kuvata kestävyyden kolmen ulottuvuuden suhdetta toisiinsa. Kestävässä kehityksessä oleellinen termi on keskinäisriippuvuus. Tällä tarkoitetaan kaikkien kolmen ulottuvuuden olevan monin eri tavoin toisiinsa kytköksissä. (3.)

Suomi on mukana YK:n Agenda 2030 -tavoiteohjelmassa ja sen myötä kestävä kehitys ja sen vaikutukset näkyvät suomalaisessa yhteiskunnassa laajasti. Suomi on toimeenpannut YK:n tavoiteohjelman asettamalla kestäväälle kehitykselle oman yhteiskuntasitoumuksen – Suomi, jonka haluamme 2050. Sitoumuksen myötä Suomen kestävä kehitys toimikunta on määrittänyt vuonna 2013 kestäväälle kehitykselle kahdeksan tavoitetta, joilla määritetään tavoitetila Suomessa vuonna 2050. (4.)

Tavoitetilan saavuttamista seurataan kymmenen sitoumukseen kytkeytyvän seurantakorin avulla, jotka seurannan asiantuntijaverkosto on määritellyt 2017. Tavoitteisiin ja seurantakoreihin voi perehtyä tarkemmin valtioneuvoksen kestävä kehitys verkkosivuilla. Huomion arvoista on, että tavoitteista löytyvät muun muassa luonnon ja ympäristön tila, resurssiviisas talous ja hiilineutraali yhteiskunta sekä kulutus ja julkiset hankinnat. Nämä edellä mainitut kestävä kehitys aihealueet vaikuttavat vahvasti myös Suomessa tehtävään rautatierakentamiseen. Yleisesti voidaan todeta, että jokaisella kestävä kehitys osa-alueella on joko välillinen tai suora vaikutus rautatierakentamiseen ja sen kehittyvyyteen. (5.)

### 3 RAUTATIERAKENTAMINEN

Tässä luvussa käsitellään tiivistetysti rautatierakentamisen historiaa ja rataverkon rakennetta sekä sen hallintaa Suomessa. Luvuissa 3.1–3.3 käydään läpi rautatierakentamisen osa-alueet ja osapuolet sekä niiden toimenkuvat sekä ratahankkeen vaiheet

Rautatierakentamisen historian alku Suomessa voidaan sijoittaa vuoteen 1849, jolloin ensimmäisiä rataosuuksia alettiin suunnittelemaan (6, s. 9–15). Ensimmäinen rataosuuks valmistui Helsingin ja Hämeenlinnan välille vuonna 1862. Kyseinen rataosuuks kuuluu osaksi Suomen päärataa. (7, s. 5 652–5 653) Rataverkko kattaa nykyään lähes koko Suomen. Vuoden 2018 lopulla Suomessa oli liikennöityä rataverkkoa 5 926 kilometriä, josta sähköistetty rataosuuks oli 3 330 kilometriä. Väyläviraston tietojen mukaan radan kunnossapitoon käytetään vuosittain lähes 200 miljoonaa euroa. (8.) Liitteessä 1 on kuva valtion rataverkosta. Rataverkon ylläpitämisestä, kehittämisestä ja kunnossapidosta vastaa Suomessa Väylävirasto. Rautatierakentamiseen erikoistuneita infrastruktuurialan yhtiöitä toimii suomessa useita, suurimpina mainittakoon YIT, NRC Group, GRK ja Destia. Edellä mainitut yhtiöt toimivatkin usein urakoitsijoina Väyläviraston hankkeissa. (9.)

Rautatierakentaminen on kasvanut vuosien saatossa ja nykypäivänä ratahankkeita on käynnissä joka puolella Suomea ympäri vuoden. Kymmenen viimeisen vuoden sisällä Suomessa on toteutettu useita suuren kokoluokan ratahankkeita, joista esimerkkeinä mainittakoon jo valmistuneet Oulu-Seinäjoki kaksoisraiteen rakentaminen ja Kehärata-hanke sekä meneillään oleva Suomi-ratahanke. Suomen rataverkon kehityssuunnitelmia tarkastelemalla huomataan, että suuria tulevaisuuden ratahankkeita on suunniteltu aina vuodelle 2030–2040 asti. Niihin lukeutuu muun muassa aiemmin mainittu Suomi-ratahanke. (10; 11; 12; 13.)

Tulevien ja jo käynnissä olevien, uusien ratahankkeiden lisäksi vuosittain tehdään useita kunnossapitoon liittyviä rakennushankkeita, kuten rataosuuksien peruskorjauksia. Väyläviraston tietojen mukaan alkuvuodesta 2023 oli käynnissä 40 eri rautatierakentamiseen liittyvää hanketta ja suunnitteilla 41 uutta hanketta. (14.) Rataverkon kehittämiseksi ja parantamiseksi Väylävirastolla on laadittuna vuosille 2023–2030 erillinen investointiohjelma, jonka yhtenä pääteemana on rataverkon kehittäminen ja ylläpito. Investointiohjelmassa ratahankkeille on budjetoitu 1 469 miljoonaa euroa ja

tämä sisältää 12 parantamishanketta sekä 15 radan kehittämiskohdetta ja -hanketta. (15, Liite 1a/1.) Liitteessä 2 on Väyläviraston hankekartta. (13.)

Tarkastelemalla valtion eri virastojen verkkosivuja voidaan huomata, että rakentamisen ja kestävän kehityksen haasteet ovat selkeästi nähtävillä valtion korkeimpien päättäjien toimissa ja päätöksissä. Nykyisessä hallitusohjelmassa linjattiin valtion toimesta oma suunnitelma rataverkon kehittämiselle. Ohjelmassa selvitettiin suurten ratahankkeiden investointi- ja rahoitusmahdollisuudet, valmisteltiin liikenneturvallisuuden periaatepäätös, perustettiin Itärata hankeyhtiö, laadittiin fossiilitoman liikenteen tiekartta, tehtiin selvitys kestävän liikenteen verotuksen uudistamisesta ja laadittiin 12-vuotinen liikennejärjestelmäsuunnitelma. (16.)

Yllä mainittuja suunnitelmia tutkimalla selviää, että kaikissa päätöksissä olennaisena teemana on ollut kestävä kehitys. Hallitusohjelman useat rataverkkoa ja -rakentamista koskevat suunnitelmat ovat valtioneuvoston mukaan liitetty osaksi YK:n Agenda 2030 -ohjelmaa. Agenda 2030 -ohjelmassa kyseiset rataverkkoa ja -rakentamista koskevat suunnitelmat on sijoitettu ohjelman tavoitteeseen 9 ja 11. Tavoite 9 koskee kestävästä teollisuudesta, innovaatiosta ja infrastruktuureista ja tavoite 11 pyrkii takaamaan turvalliset ja kestävät kaupungit sekä asuinyhdyskunnat. (16.)

### **3.1 Rautatierakentamisen osa-alueet**

Rautatierakentaminen sisältää monta eri osa-aluetta. Opinnäytetyössä jaotellaan sen osa-alueet neljään eri osaan. Jaottelun perusteena käytettiin omaan työkokemukseen perustuvaa, järkeväksi todettua jaottelumallia. Työssä osa-alueet jaotellaan seuraavanlaisesti: radan päällystys- ja alusrakenteiden rakentaminen, sähkörata- ja turvalaiterakentaminen, silta- ja taitorakentaminen ja muut rautatierakentamiseen liittyvät työt. (17.)

Ensimmäisessä tarkasteltavassa osa-alueessa on radan päällystys-, pohja- ja alusrakenteiden rakentaminen. Tähän kategoriaan sisällytetään ratakiskojen, ratapölkkyjen ja vaihteiden asennukset sekä ratahankkeissa toteutettava maanrakentaminen. Toinen osa-alue on sähkörata- ja turvalaiterakentaminen. Osa-alueen hankkeisiin kuuluvat esimerkiksi asetinlaitteisiin ja ajolankoihin liittyvät työt sekä tasonkorjauksien varoituslaitteisiin liittyvät työt. Kolmas ja yksi merkittävimmistä rautatierakentamisen osa-alueista on silta- ja taitorakentaminen. Silta- ja taitorakentamisen piiriin lasketaan

kaikki ratasillat, tunnelit ja muu niihin liittyvien infrastruktuurien rakentaminen sekä ylläpito. Viimeiseen osa-alueeseen voidaan luokitella kaikki muut rautatierakentamiseen liittyvät työt, joilla ei edellä mainittujen osa-alueiden tavoin ole hallitsevaa osuutta ratahankkeissa. Esimerkkeinä tällaisista rakennushankkeista ovat asemajärjestelyt sekä laituri- ja melueterakentaminen. (17.)

### **3.2 Rautatierakentamisen osapuolet**

Ratarakennushankkeissa toimii monta eri osapuolta eli toimijaa. Toimijoita ovat tilaajat ja käyttäjät, pääsuunnittelija ja muut suunnittelijat, koordinaattorit, kuntotutkijat sekä rakentajat. Kaikilla hankkeen osapuolilla on omat ennalta määritellyt tehtävänsä hankkeessa. (18.)

Pääsuunnittelijan tehtävänä on huolehtia hankkeeseen ryhtyvän kanssa hankkeen toteutuksesta. Pääsuunnittelija vastaa myös hankkeen suunnittelun kokonaisuudesta ja laadusta. (20.) Pääsuunnittelijan lisäksi hankkeeseen kuuluu muut suunnittelijat. Muita suunnittelijoita hankkeen tarpeen mukaan voivat olla rakennus- ja rakennesuunnittelija sekä rakennusfysikaalinen suunnittelija. Suunnittelijat voivat edustaa eri aloja ja heidän tehtäväkuvanaan on laatia rakentamista koskevat suunnitelmat. (21.)

Koordinaattoreina toimivien tehtävänä on hallita tiettyjä määrättyjä kokonaisuuksia ja soveltaa sekä sovittaa niiden toimivuus hankekokonaisuuteen. Ratahankkeissa yleisimpiä koordinaattoreita ovat tietomalli- ja turvallisuuskordinaattori. Tietomallikoordinaattorin vastuulla on hankkeen tietomallinnuksen yhteensovitus ja tilaajan asettamien tietomallivaatimusten toteuttaminen. Turvallisuuskordinaattori vastaa hankkeen turvalliseen ja terveyteen liittyvistä asioista ja huolehtii näitä koskevien säädösten sekä asetusten sovittamisesta ja toteutuksesta hankkeen eri vaiheissa. Lisäksi turvallisuuskordinaatti laatii hankkeelle turvallisuussuunnitelman. Valtion asetuksissa on määrätty (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 5 §), että jokaisella hankkeella on oltava erikseen nimetty turvallisuuskordinaattori. (20.)

Korjaushankkeissa tarvitaan kuntotutkijaa, jonka tehtävänä on vastata kuntotutkimusten tekemisestä yhdessä kuntosuunnittelijoiden kanssa. Kuntotutkimuksessa arvioidaan hankkeeseen liittyviä etuja sekä riskejä ja se toimii samalla pohjatietona korjaussuunnittelulle. Kuntosuunnittelijan tehtävänä on myös laatia korjaustapaehdotukset. (22.)

Rakentajiin kuuluvat urakoitsijat, valvojat ja tuoteosatoimittajat. Urakoitsijoihin lasketaan pääurakoitsija ja aliurakoitsijat. Pääurakoitsijan vastuulla on työmaan johto ja turvallisuus. Pääurakoitsija on sopimussuhteessa tilaajaan ja toimii täten toimeksiantosopimusten ja urakkarajaliitteissä määriteltujen ehtojen mukaisesti. Aliurakoitsijoina toimivat ovat urakoitsijatahoja, joilla on sopimussuhde pääurakoitsijaan. Pääurakoitsija vastaa käyttämiensä aliurakoitsijoiden työnteosta. Valvoja toimii tilaajan edustajana työmaalla ja pitää huolen, että rakentaminen toteutuu sopimusten mukaisesti. Lisäksi valvojan tehtäviin kuuluu muun muassa työturvallisuuden, aikataulujen ja laadun varmistaminen. Tuoteosatoimittajien tehtävänä on toimittaa rakentamisessa käytettävät osat ja materiaalit. Joissakin tapauksissa tuoteosatoimittajien tehtävänä on tuoteosiin liittyvä suunnittelu ja tuoteosien asentaminen. (23.)

### **3.3 Ratahankkeen vaiheet**

Ratahankkeet suoritetaan vaiheittain, jotta hankkeen läpivieminen olisi mahdollisimman organisoitua ja tehokasta. Hankkeen vaiheita ovat esiselvitys, suunnitteluvaihe, rakennusvaihe, käyttöönotto ja takuu-aika. Jokaisella vaiheella on omat ennalta määritellyt tehtäväalueet hankkeen läpiviemiseksi. (24.)

Esiselvitysvaiheessa tehdään pohjatyö suunnittelua varten. Vaiheessa selvitetään ratahankkeen tarvetta ja ajoitusta maakunta- ja yleiskaavan likimääräisellä tarkkuustasolla. (24.) Esiselvitysvaiheeseen kuuluu yhtenä osana tarveselvityksen laatiminen. Sen tarkoituksena on perustella hankkeen tarpeellisuus. Tarveselvityksessä asetetaan myös alustava ennuste kustannusarviolle. (25.)

Suunnitteluvaiheessa käydään läpi hankkeen yksityiskohtaiset suunnitelmat ja selvitetään sekä arvioidaan hankkeen toteuttamismahdollisuuksia. Suunnitteluvaiheessa hankkeelle muodostuu lopullinen ratkaisumalli, toteutustapa ja -suunnitelma sekä tarkka kustannusarvio. (26.) Kaikkien suunnitelmien pohjalta laaditaan yleissuunnitelma, joka niputtaa suunnitelmat toteuttamiskelpoiseksi ja määrittää hankkeen lopulliset tekniset ratkaisutavat. Ratahankkeissa suunnitteluvaihe koostuu yleensä yleissuunnitelmasta, tie- ja ratasuunnitelmasta sekä rakentamissuunnitelmasta. Suunnitteluvaiheen laajuus on hankekohtainen, eikä kaikkia vaiheita välttämättä sisällytetä hankkeeseen. Suunnitteluvaiheeseen kuuluu myös rakennuslupien hakeminen hankkeelle. (27.)

Rakennusvaiheessa rakennetaan suunniteltu hanke suunnitelmien mukaisesti. Kestävän kehityksen näkökulmasta rakentamisvaihe on yksi ratahankeissa eniten ympäristöä kuormittava tekijä. Käyttööntöövaiheessa ja takuuajana huolehditaan hankkeen yllä- ja kunnossapidosta sekä arvioidaan hankkeen onnistuminen ja jatkotoimenpiteet muun muassa kehittämisen osalta. Liitteessä 3 on Väyläviraston laatima kuva tie- tai ratahankeiden etenemisestä. Kuvasta voidaan helposti tarkastella ratahankeiden kulku. (24.)



## 4 KESTÄVÄ KEHITYS OSANA RAUTATIERAKENTAMISTA

Tässä luvussa käydään läpi kestävän kehittämisen tavoitteet ja lähtökohdat rautatierakentamisessa sekä kestävän rakentamisen osa-alueet. Ratahankkeiden kasvun ja tilauksen myötä rautatierakentamisesta on tullut entistä haastavampaa myös kestävän kehityksen näkökulmasta. Rakentamiseen vaikuttavia tekijöitä on monia, kuten poliittinen ja geologinen maailmantilanne. Nykyaikaisessa rakentamisessa asioita halutaan toteuttaa aiempaa nopeammin ja tehokkaammin. (28.)

Hankkeiden tulisi olla kannattavia ja mahdollisimman taloudellisia, mutta samalla pitäisi huolehtia kestävästä ja pitkäikäisestä lopputuloksesta. Poliittisen ja geologisen maailmantilanteen myötä muun muassa ratahankkeissa käytettävien materiaalien saanti on joissain tapauksissa vaikeutunut. Näiden eri vaikutusten takia kestävän kehityksen huomioiminen onkin tärkeä osa rautatierakentamista ja sen merkitys on kasvanut vuosi vuodelta. (28.)

Nykypäivänä kestävän kehityksen ideologiaa toteuttaa lähes jokainen rakennusalaan vaikuttava taho. Näihin lukeutuvat Euroopan unioni, Suomen valtio, Väylävirasto ja monet eri infrarakentamiseen erikoistuneet yritykset, kuten aiemmin mainitut YIT ja Destia. Tutkimalla muun muassa infra- ja rautatierakentamisen piirissä toimivien toimijoiden verkkosivuja voidaan huomata, että lähes jokaisella taholla on jokin oma suunnitelma tai ohjelma kestävään kehityksen liittyen. (29.)

Kestävän kehityksen ideologiaa edustavasta ohjelmasta rakennusalaan liittyen voidaan mainita Ympäristöministeriön laatimat kriteerit vähähiilisestä rakentamisesta. Kriteereiden tavoitteena on auttaa Suomea saavuttamaan kansalliset ja kansainväliset ilmastotavoitteet. (30.) Tämän niin sanotun ympäristöohjauksen tuloksena Ympäristöministeriö on laatinut vähähiilisen rakentamisen tiekartan, jonka pyrkimyksenä on vähentää rakentamisesta ja rakennusmateriaaleista syntyvää hiilijalanjälkeä sekä edistää Suomen rakennusalaan koskevia ilmastotavoitteita. (31.)

Erilaisten kestävän kehitykseen liittyvien ohjelmien ja tavoitteiden myötä on mahdollistettu se, että jokaisella rautatierakentamisessa mukana olevalla toimijalla on mahdollisuus ja osittain myös velvollisuus toteuttaa kestävästä kehityksestä ratahankkeissa. On selvää, että kestävästä kehityksestä on tullut yksi tärkeimmistä teemoista, kun suunnitellaan ja toteutetaan rautatierakentamiseen liittyviä hankkeita. Esimerkkinä kestävän kehityksen merkityksestä nykyaikaisessa rakentamisessa kertoo

se, että suurin Suomessa toimiva insinööri- ja suunnittelutoimisto Ramboll Finlandin pääteemaksi vuodelle 2022 valikoitui kestävä kehitys. (29.)

#### **4.1 Kestävän kehittämisen tavoitteet ja lähtökohdat rautatierakentamisessa**

Rautatierakentamisessa kestävä kehityksen tavoitteena ja lähtökohtana on kestävä kehityksen ohjelmassa asetettujen tavoitteiden saavuttaminen. Tavoitteiden saavuttamiseksi on tehty kestävä kehityksen ohjelman pohjalta kestävä rakentamisen malli, jonka tavoitteena on asettaa kehykset ja tavoitteet kestävälle kehitykselle rakennushankkeissa. (32.)

Kestävä rakentamisen ohjelmalla tarkoitetaan rakentamisen toimintamallia, jolla pyritään tuottamaan mahdollisimman pitkäikäinen, vähän huoltoa ja korjausta tarvitseva hanke huomioimalla ekologisuus ja resurssitehokkuus rakentamisen jokaisessa vaiheessa. Kestävällä rakentamisella pyritään hillitsemään ilmastonmuutosta ja tämä huomioiden tavoitteena on löytää ekologisesti ja taloudellisesti kestävällä pohjalla olevia ratkaisuja. Toimintamallin toteuttamisella mahdollistetaan taloudelliset hyödyt energia- ja materiaalisäästöjen kautta, mikä taas auttaa suunnittelemaan ja toteuttamaan luonnonvarojen järkevää käyttöä sekä turvaa luonnonvarojen riittävyyden. (32.)

Kestävä rakentamisen ohjelmassa kestävä kehityksen osat on jaettu neljään eri osa-alueeseen, joita ovat ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurillinen kestävyys. Kuvassa 2 on havainnollistettu tarkemmin kestävä rakentamisen osa-alueet ja niiden sisältö.



KUVA 2. Kestävän rakentamisen osa-alueet (32).

Tekemällä ekotehokkaita ratkaisuja voidaan vähentää energiankulutusta ja kasvihuonepäästöjä. Tilastokeskuksen tilastojen mukaan rakentamisen ja rakennusten energiakulutus aiheuttavat yli kolmanneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Tilastoista selviää, että vuonna 2020 Suomessa rakentamisen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt olivat 1 564 338 tonnia. (33.)

On huomioitava, että yksi merkittävä tekijä, joka vaikuttaa rautatierakentamiseen, on Suomen sitoutuminen Agenda 2030 -ohjelmaan, joka pakottaa suunnittelemaan ja toteuttamaan kestävästä rakentamisesta rakennushankkeissa. Vuosien saatossa eri tutkimusten ja tilastojen mukaan on huomattu, että kestävällä rakentamisella ja hyvällä suunnittelulla on suuri vaikutus rakentamiseen. Kaikkia kestävästä rakentamisesta neljää osa-alueita hyödynnetään laajalti ratahankkeissa ja niillä on vaikutusta jokaiseen rautatierakentamisen osa-alueeseen ja toimijaan. (4; 32.)

## **4.2 Kestävän rakentamisen osa-alueet**

Koska kestävästä kehitystä toteutetaan ratahankkeissa kestävästä rakentamisesta muodossa, puhutaan opinnäytetyössä rakentamiseen liittyvän kestävästä kehityksen kohdalla kestävästä rakentamisesta. Kestävästä rakentamisesta osa-alueet ovat aiemmin mainitut kulttuurinen, ekologinen, taloudellinen ja sosiaalinen kestävyys. (32.)

Kulttuurisella kestävyydellä tarkoitetaan rakentamisesta perinteisten rakennustapojen osaamisen säilyttämistä ja vanhan kunnioittamista. Lisäksi sillä voidaan tarkoittaa rakentamisesta historian tuntemista ja rakennetun ympäristön kulttuuriperinnön vaalimista. (32.)

Ekologisen kestävyys tavoitteena rakentamisesta on huomioida ympäristöystävällisyys hankinnoissa ja materiaalivalinnoissa, kiertotalouden noudattaminen ja turvallinen toiminta vaarallisten aineiden kanssa. Lisäksi tavoitteisiin kuuluvat säästävät ja vähäpäästöiset liikumistavat ja rakentamisratkaisut. Kiertotaloudella tarkoitetaan veden, energian ja materiaalien säästämistä hyödyntämällä kierrättämistä, lajittelua ja uudelleenkäyttöä. (32.)

Taloudellinen kestävyys sisältää osittain samoja aiheita kuin ekologinen kestävyys. Taloudellisen kestävyys pääteemoina ovat ekotehokkuus ja osittain myös kiertotalous. Ekotehokkuus sisältää muun muassa elinkaariajattelun, taloudellisuuden huomioimisen sekä kaluston kestävästä ja taloudellisen käytön. Lisäksi se sisältää korjauksen, kunnossapidon ja ylläpidon suunnittelun ja toteutuksen sekä materiaalien ja rakenteiden suojauksen huomioimisen. (32.)

Sosiaalisen kestävyuden tavoitteena on huolehtia työympäristön turvallisuudesta, terveellisyydestä, viihtyisyydestä ja esteettömyydestä. Tavoitteisiin kuuluu myös henkilöstön hyvinvoinnin, terveyden ja työssäjaksamisen huolehtiminen sekä ihmisten tasa-arvoinen kohtelu. Viimeisenä sosiaalisen kestävyuden tavoitteena on avoimuus ja yhteistyö. (32.)

## 5 KESTÄVÄ RAKENTAMINEN LAISSA JA OHJEISTUKSISSA

Päästäkseen asetettuihin tavoitteisiin on Suomen valtio ja Väylävirasto asettaneet erilaisia määräyksiä sekä ohjeistuksia, joilla ohjataan rakentamista kohti ekologisempaa ja kestävämpää ratkaisua. Näitä määräyksiä ja ohjeistuksia löytyy ympäristönsuojelulaista 527/2014 (34), maankäyttö- ja rakennuslaista 132/1999 (35), rataaiaista 110/2007 (36) sekä Väyläviraston laatimasta ohjeistuksesta: rautateiden tekniset ja turvallisuusohjeet 28.2.2023 (37).

Ekologisen kestävyuden osalta maanrakentamista ja maankäyttöä on säädelty maankäyttö- ja rakennuslaissa eri pykälän. Esimerkiksi energiatehokkuus on rakennuslaissa määritelty siten, että rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla niin, että luonnonvaroja ja energiaa kulutetaan säästeliäästi (Luku 17; rakentamisen yleiset edellytykset, 117 g § (16.12.2016/1151) Energiatehokkuus). Samaa sääntöä voidaan hyödyntää rautatierakentamisessa radan päällyys- ja alusrakennekerroksia rakennettaessa. (35.)

Väyläviraston laatimassa ratateknisissä ohjeissa on rautatierakentamiseen liittyviä erilaisia ohjeistuksia, joilla vaikutetaan kestäväan rakentamiseen. Esimerkkinä voi mainita Ratateknisten ohjeiden (RATO): osa 20: Ympäristö ja rautatiealueet (38). Edellä mainittu ohjeistus sisältää muun muassa ohjeistukset energiatehokkuudesta, materiaalien kierrättämisestä ja käytöstä, elinkaariajattelusta sekä kemikaalien oikeaoppisesta käytöstä ratahankkeissa. Ratateknisistä ohjeista löytyy kattava ohjeistus aina suunnittelusta toteutukseen ja jokaiselle radan kerrokselle maamassoista kiskoihin ja ratapölkkyihin. Säädöksillä ja ohjeistuksilla pyritään edistämään rakentamisen järkevää, turvallista, taloudellista ja ekologista suunnittelua sekä toteuttamista. (37.)

Tutkimalla ratateknisiä ohjeita huomataan, että jokainen rautatierakentamisen osa-alue on huomioitu kestäväan rakentamisen näkökulmasta ohjeita laadittaessa. Esimerkiksi sähkörata- ja turvalaiterakentamiselle löytyy ohjeistukset käytettäviin materiaaleihin, rakentamisen aikaisiin työvaiheisiin ja turvallisuuteen liittyen. Ohjeita tarkastelemalla selviää, että hyvin suunnitellulla ja toteutetulla sähköratarakentamisella voidaan saada mittavat energiasäästöt. Muun muassa ajohodinjärjestelmässä liikkuvasta energiasta osaa hyödynnetään vaihteiden lämmittämiseen. Samaa energiaa voi-

daan hyödyntää myös muihin sähköistetyn rautatien tarpeisiin. (39.) Lisäksi ratateknisestä ohjeistuksesta löytyy muun muassa silta- ja taitorakentamiseen liittyen erillinen ohjeistus. Sen tarkoituksena on kiinnittää huomiota ympäristöön ja sen vaikutuksiin siltarakentamisessa ja -suunnittelussa. (40.)

Yksi sosiaalisen kestävyuden tavoitteista on turvallinen työskentely ja työympäristö. Siihen liittyen Väylävirasto on laatinut radanpidon turvallisuusohjeet, josta löytyy selkeät ohjeistukset muun muassa työkoneiden ja henkilöstön turvallisuuteen sekä turvallisuuden huomioimiseen ratatyön suunnittelussa ja toteutuksessa. (41.) Kokonaisuudessaan ratateknisestä ohjeistuksesta löytyvät selkeät ja kattavat ohjeet kaikkeen ratahankkeessa liittyvään toimintaan, myös kestävä rakentamisen osalta. (37.)

## **6 KESTÄVÄN KEHITYKSEN VAIKUTUKSET JA TOIMINTATAVAT RAUTATIERAKENTAMISEEN LIITTYVISSÄ HANKKEISSA**

Luvuissa 6.1–6.6 käsitellään kestävä rakentamisen vaikutuksia ja toimintatapoja ratahankkeissa kestävä rakentamisen osa-alueittain. Rautatierakentamiseen kuuluvat radan päällysy- ja alusrakenteiden rakentaminen, sähkörata- ja turvalaiterakentaminen, silta- ja taitorakennusrakentaminen sekä muut rataan liittyvät rakennuskohteet. (17.) Rakentamisen osalta näkyvimmit kestävä rakentamisen osa-alueet ovat ekologinen ja taloudellinen kestävyys.

### **6.1 Kulttuurinen kestävyys**

Rakennetun ympäristön kulttuuriperinnön vaaliminen rakentamisessa näkyy siten, että hankkeissa huomioidaan ympäristö, johon hanketta tehdään. Hankkeita suunniteltaessa ja rakentaessa tulee kiinnittää huomiota muun muassa vanhoihin ja historiallisiin rakennuksiin sekä luonnon alueisiin, jotka tulee säilyttää ja turvata. Eri ikäiset rakennukset, rakennetut alueet, liikenneväylät ja energia-verkot kuuluvat rakennettuun kulttuuriympäristöön. (42.)

Ennen hankkeen rakentamista selvitetään kulttuuriympäristön tila ja suojelutarve. Selvitykset voidaan tehdä erilaisilla kulttuuriympäristöselvityksillä ja inventoinneilla. Näiden tarkoituksena on selvittää alueellisesti rajatun ympäristön nykytila ja analysoida siihen johtanutta historiallista kehitystä. Kulttuurillista kestävyttä voidaan toteuttaa myös suunnittelemalla rakenteet ja radat ympäröivään ympäristöön sopiviksi. Tähän voidaan vaikuttaa muun muassa radan linjauksilla ja maisemoinnilla sekä radan infrastruktuurin, kuten meluseinien ulkonäköön vaikuttavilla teoilla. (42.)

### **6.2 Ekologinen kestävyys**

Ekologista kestävyttä ratahankkeissa toteutetaan huomioimalla ympäristöystävällisyys ja vaarallisten aineiden turvallinen käyttö sekä toimimalla kiertotalouden periaatteiden mukaisesti. Ympäristöystävällisyyden huomioiminen näkyy muun muassa materiaalivalinnoissa. Ratahankkeissa ma-



terialivalintojen tärkeys korostuu radan ja radan infrastruktuurin suunnittelussa sekä rakentamisessa. Rautatierakentamisen osa-alue, joka aiheuttaa materiaalien osalta suurta haittaa ympäristölle, on silta- ja taitorakennerakentaminen (32; 43.)

Silta- ja taitorakennerakentamisessa ekologista rakentamista toteutetaan pääosin materiaalivalinnoilla ja suunnittelemalla rakenteille mahdollisimman pitkä käyttöikä sekä huolehtimalla vaaditut suojaustoimenpiteet. Siltamateriaalien osalta kestävän rakentamisen painopisteinä pidetään kolme asiaa, joita ovat kestävyys, käytännöllisyys ja kustannustehokkuus. (43.)

Materiaalivalinnoissa kiinnitetään entistä enemmän huomiota rakenteiden säilyvyyteen muun muassa korroosion ja rapautumisen varalta. Suomessa ratasiltojen materiaaleina käytetään yleensä betonia tai terästä. Betonin kohdalla ratasilloissa käytetään teräksestä ja betonista valmistettavaa teräsbetonia. Teräsbetoni on ominaisuuksiltaan erittäin pitkäikäinen ja kestävä rakennusmateriaali, joka kestää suuria rasituksia ja on täten sopiva rakennusmateriaali kestävän rakentamisen kannalta. Teräksestä valmistetut terässillat ovat todella lujarakenteisia ja betonisiltojen tapaan pitkäikäisiä. Teräs materiaalina on kuitenkin betonia vaikeammin saatavilla. (43.)

Ekologisen kehityksen kannalta siltarakentamisessa, kuten myös muissa rautatierakentamisen osa-alueissa, on huomioitava ympäristö ja siihen kohdistuvat vaikutukset. Silloissa tämä korostuu, koska siltoja ja taitorakenteita rakennetaan monesti myös vesistöalueille. (43.)

Siltoja ja taitorakenteita purettaessa, korjattaessa ja rakentaessa tulee huolehtia asianmukaisista suojaustoimenpiteistä. Siltoihin liittyvissä ratahankkeissa työskenneltäessä on havaittu, että esimerkiksi teräksisiä ja betonisia ratasiltoja käsitellään toisinaan erilaisilla pinnoitusaineilla, jotka ovat vaarallisia ihmisille ja ympäristölle. Rakentamisen aikaisten suojausten tuleekin olla tarkkaan määräysten mukaan toteutettuja ja suunniteltuja, ettei haitallisia materiaaleja ja aineita joudu luontoon tai aiheuta haittaa ihmisille. (38.)

Suojaustoimenpiteitä voidaan myös tehdä, jotta rakentamisessa käytettävä materiaali säilyy hyvänä työvaiheen loppuun asti. Tällaisia suojaustoimia käytetään muun muassa betonivaluja tehdessä. Myös materiaalien kestävyys käyttövaiheessa voidaan turvata suojaustoimenpiteillä, kuten suoja-aineilla. Rautatierakentamisessa käyttövaiheen suojaukseen käytetään muun muassa betoniin siltarakenteisiin laitettavaa uhratuvaa suoja-ainetta, jolla pyritään minimoimaan graffiteista

aiheutuvat vauriot. Oikeanlaisilla suojaustoimilla varmistetaan kestävä rakentamisen toteutuminen ekologisen ja sosiaalisen kestävyden näkökulmasta. (38.)

Kuten aiemmin käy ilmi, niin taitorakenteissa käytetään laajalti materiaalina betonia. Ekologisen kestävyden kannalta tutkimuksissa on saatu mielenkiintoista dataa ja uusia innovaatioita betonin suhteen. Tutkimusten mukaan betoni tuottaa ilmastopäästöjä enemmän kuin lentoliikenne. (44.) Betonin ekologisuuteen liittyen mielenkiintoisena havaintona uuden innovaation osalta voidaan mainita osittain kehitysvaiheessa oleva ekobetoni eli toisin sanoen geopolymeeribetoni. (45.)

Ekobetonin valmistus tavallisesta betonista poikkeaa siten, että sen valmistamiseen pyritään käyttämään vain teollisuuden jäte- ja sivuvirroista syntyvää ainesta (44). Kyseistä betonia on kehitelty muun muassa Oulun yliopistossa, mistä sanomalehti Kaleva on tehnyt uutisen aiheesta vuonna 2019. Uutisartikkelista selviää, että geopolymeeribetoniin liittyvät hiilidioksidipäästöt ovat jopa 80 prosenttia tavallista betonia pienemmät. Valmistustavan muutoksesta huolimatta betonin kestävyys on huomattavasti normaalia betonia parempi. (45.)

Suomessa markkinoille ekobetonia on kehittänyt materiaaliteknologiayritys Betolar. Tämä selviää Ylen tekemästä uutisesta vuodelta 2021, missä käsitellään Betolarin ekobetoniin liittyvää projektia. (46.) Taitorakenteiden lisäksi ekobetonia voitaisiin hyödyntää muun muassa ratapölkyissä. Maailmalla ekobetoni on ollut jo rakennuskäytössä suurissa hankkeissa ja sitä on käytetty muun muassa lentokentän ja koulurakennuksen rakentamiseen. (44.)

Eri materiaalitoimittajien verkkosivustoja tutkimalla voidaan huomata, että silta- ja taitorakenteita kehiteltäessä yrityksillä on selkeä halu saavuttaa kestäviä ja ekologisia rakenteita ja ratkaisuja. Tämä näkyy esimerkiksi yllä esitellyn ekobetonin ja hiilivapaan teräksen kehittämisenä. Menneissä hankkeissa on todettu, että materiaaleja kehittämällä voidaan edistää merkittävästi kestävä rakentamista ja ekologisuutta. (46.)

### **6.3 Kiertotalous osana rautatierakentamista**

Ekologista kestävyttä toteutetaan kiertotalouden avulla. Toimintatapa on yleisesti käytössä rautatierakentamisessa. Ratahankkeissa tämä näkyy rakentamisen eri osa-alueissa, kuten radan pääl-

ly- ja alusrakenteiden rakentamisessa. Radan päälly- ja alusrakennerrakentaminen on yksi rautatierakentamisen suurimpia ja näkyvimpiä osa-alueita yhdessä silta- ja taitorakentamisen kanssa. Väyläviraston hankehakua tutkimalla selviää, että pohja-, alus- ja päällysrakenteiden rakentamiseen liittyviä ratahankkeita on useita. (14.) Pohja- ja alusrakennerrakentamiseen kuuluvat muun muassa rakenne-, tuki- ja eristekerrosten rakentaminen sekä massanvaihdot ja muu ratahankkeissa tehtävä maanrakentaminen. Päällysrakenteen rakentamiseen sisällytetään ratakiskojen, ratapölkkyjen ja vaihteiden vaihto- sekä asennustyöt. (37.)

Rautatierakentamisessa pyritään huomioimaan aina materiaalien uusiokäyttö ja kierrätyksen vaihtoehtot. Monissa hankkeissa uusien materiaalien käyttö onkin minimaalista. Alusrakenteissa kiertotalous keskittyy pääosin maamateriaalien kestäväan ja ekologiseen käyttöön. Maamateriaaleista kaikki käyttökelpoinen pyritään käyttämään uudelleen ja käyttökelvottoman maa-aineksen hävitys huolehditaan säädösten ja ohjeistusten mukaisesti, mahdollisimman vähän luontoa rasittaen. Maamateriaalien uusiokäyttö ja kierrätys mahdollistaa taloudellisemmän ja ympäristöystävällisemmän hankkeen, koska sama urakoitsija pystyy hyödyntämään työmaalta saatuja maa-aineksia esimerkiksi toisella hankkeella ilman, että tarvitsee miettiä uuden materiaalin hankkimisesta aiheutuvia kuluja, haittoja tai vanhan materiaalin hävittämiseen liittyviä ongelmia. Kestävän kehityksen kannalta onkin tärkeää, että työstä sekä rakentamisen ja työmaiden logistiikasta aiheutuvien ympäristö- ja kuluhaittojen minimoiminen otetaan huomioon. (32.)

Radan päällysrakenteissa kiertotalouden hyödyntäminen kohdistuu radan komponentteihin. Päällysrakenteisiin lasketaan kiskot, vaihteet ja ratapölkkyt. Näitä pyritään kierrättämään ja uusiokäyttämään maamassojen tavoin mahdollisimman paljon. Esimerkiksi Niinisalo-Parkano-rataosuuden yläpitokorjauksessa hyödynnettiin laajalti kierrätettyä rautatiemateriaalia. Tämä selviää NRC Groupin laatimasta artikkelista kyseiseltä hankkeelta vuodelta 2022. (47.)

Artikkelin mukaan hankkeeseen on tuotu tarvittavaa kiskomateriaalia Haapajärvi-Saarijärvi-radnan peruskorjaushankkeelta ja täten uutta vastaavaa kiskomateriaalia ei ole tarvinnut erikseen valmistaa tai tilata muualta. Artikkelista kerrotaan myös, että hankkeessa on ”letitetty” eli vaihdettu kiskojen puolta toiselle noin 37 kilometriä. Letittämisen etuna on se, että siten saadaan kiskon käyttämätön puoli käyttöön junan pyörän kulkureunaksi. Kyseinen toimenpide vaikuttaa suoraan kiskojen elinkaareen, kun kiskon käyttöikä voidaan tällä tavalla tuplata. Artikkelista selviää, että myös muuta rautatiemateriaalia on kierrätetty laajalti hankkeessa. (47.)

Mainittakoon, että NRC Group on tehnyt Väyläviraston kanssa viisivuotisen materiaali palvelusopimuksen, jonka tavoitteena on tehostaa materiaalien uusio- ja hyötykäyttöä ja sen myötä edistää kestävä kehitystä. Vastaavanlaisia sopimuksia tullaan tekemään enenevässä määrin ja täten kestävä rakentamisen tavoitteet ovat helpommin saavutettavissa. (48.)

Kestävä rakentamisen kannalta tärkeää on, että pohja-, alus- ja päällysrakenteiden materiaali valintoihin kiinnitetään huomiota. Materiaali valinnat on nykyaikaisessa rakentamisessa otettu hyvin huomioon ja erityisesti tarkastelun kohteena on ollut materiaalien vaikutus luonnon kestävyteen. Tästä esimerkkinä ovat kreosootikyllästetyt ratapölkkyt. Turvallisuus ja kemikaaliviraston Tukesin sivuilla kreosootista sanotaan, että se on terveydelle ja ympäristölle erittäin vaarallinen tehoaine, jonka käytöstä pitää päästä kokonaan eroon pitkällä aikavälillä. On tarpeen rajoittaa kreosootin käyttö vain aivan välttämättömiin tarpeisiin, jotta ihmisten ja ympäristön altistuminen olisi mahdollisimman vähäistä. (49.)

Rautatierakentamisen historiaa tutkimalla selviää, että kreosootikyllästettyjä ratapölkkyjä käytettiin aiemmin laajalti rautatierakentamisessa. Kreosootti on erittäin vahva puunsuojausaine ja käytännössä kaikki Suomen radoissa käytössä olevat puiset ratapölkkyt ovat kreosootikyllästettyjä. Uu- sissa hankkeissa vanhoja puisia ratapölkkyjä on korvattu betonisilla ratapölkkyillä ja uudet ratahan- keet käyttävätkin betonisia ratapölkkyjä aina kun se on mahdollista. (50.)

Vaikka kestävä kehityksen kannalta on tärkeää päästä eroon kaikista luonnolle ja ihmisille haittaa aiheuttavista materiaaleista, ei kaikista haitallisista materiaaleista voida luopua nopealla aikatau- lulla. Tukesin sivuilta on luettavissa, että kreosootikyllästetyille ratapölkkyille on Suomessa vielä tarve ja ne ovat Suomessa sallittuja, kunnes korvaava vaihtoehto löydetään. (49.) Muun muassa tämän vuoksi rautatierakentamista ohjaavat virastot ovat laatineet omia ohjeistuksiaan ja määräyk- siään vaarallisia ja haitallisia materiaaleja koskien. Euroopan unioni on määritellyt muun muassa kreosootin käytölle tarkat rajat ja rajoitukset, joilla pyritään minimoimaan kreosootista aiheutuvia haittoja ja lopulta luopumaan koko aineesta. Kreosootti on kielletty kuluttajakäytössä ja käyttö on rajattu tiettyihin valtioihin. (50.)

Radan alus- ja päällysrakennus rakentamisen lisäksi ratahankeissa kiertotaloutta toteutetaan myös muissa osa-alueissa. Muun muassa sähkö- ja turvalaiterakentamisessa tätä toteutetaan kierrättä-

mällä metalliosia sekä sähkörata- ja turvalaitekomponentteja. Siltahankkeissa kiertotaloutta pyritään hyödyntämään muun muassa kierrättämällä rakentamisesta syntyvää betonijätettä muissa tarkoituksissa, kuten maanrakentamisessa. Myös terästä ja muuta materiaalia pyritään hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan. (43.)

#### **6.4 Taloudellinen kestävyys**

Taloudellisen kestävyuden tarkastelussa huomio kiinnittyy ekotehokkuuteen, jolla tarkoitetaan elinkaariajattelua, taloudellisuuden ja kestävyuden huomioimista sekä ylläpitoa. Lisäksi taloudelliseen kestävyteen kuuluu materiaalien ja rakenteiden suojauksesta huolehtiminen. (32.)

Ratahankkeissa taloudellinen kestävyys huomioidaan kattavasti. Muun muassa sähkörata- ja turvalaiterakentamisessa kestävä rakentamisen toteuttamiseksi elinkaariajattelu ja taloudellinen kestävyys on merkittävässä roolissa. Tätä toteutetaan valitsemalla mahdollisimman energiatehokkaat ratkaisut muun muassa valojen ja sähkökomponenttien osalta. Esimerkkinä tästä on NRC Groupin Tampere-Seinäjoki-radan hanke, jossa on uusiokäytetty muualta puretun turvalaitejärjestelmän metalliosia. Urakassa vanhoihin ratalaitekaappeihin on asennettu uudempaa, modernia tekniikkaa ja täten järjestelmän elinkaareen on saatu lisättyä noin 30 vuotta. Samassa hankkeessa kestävä rakentaminen on huomioitu myös ekologisen kestävyuden osalta, kun urakassa vaihdettiin opastinjärjestelmien vanhat hehkulamput LED-valoyksiköihin. Toimenpiteellä saatiin huomattavien energiansäästöjen lisäksi myös laskettua kunnossapitokuluja. (48.)

Taloudelliseen rakentamiseen liittyvää elinkaariajattelua ja taloudellisuutta toteutetaan myös silta- ja taitorakentamisessa. Suomessa silloille on määritelty noin 32 100 vuoden suunnittelukäyttöikä. Tämä tarkoittaa sitä, että sillan tulisi olla ominaisuuksiltaan käyttökuntoinen vähintään 100 vuoden ajan edellyttäen, että siltaa on kunnossapidetty ja huollettu oikein. Siltahankkeita tehtäessä ja suunniteltaessa on tärkeää huolehtia, että elinkaariajattelu ja kustannustehokkuus on huomioituna, jotta asetettuun suunnittelukäyttökäytavoitteeseen päästään mahdollisimman resurssitehokkaasti. (43; 51.)

## 6.5 Sosiaalinen kestävyys

Sosiaalisen kestävyuden tärkeimmät tavoitteet rautatierakentamisessa liittyvät terveyteen, turvallisuuteen ja henkilöstön hyvinvointiin. Vaikutuskeinoja tavoitteiden saavuttamiseksi on paljon. Rautatierakentamisessa turvallisuuteen kiinnitetään paljon huomiota muun muassa määrittelemällä työskentelyajat rata-alueille, jolloin työntekijöiden turvallisuus taataan, eikä radan liikenteestä aiheudu vaaratekijöitä. Lisäksi työmaiden turvallisuutta tarkastellaan säännöllisin väliajoin mittauksin ja tarkastuksin, joissa selvitetään riskit ja havaitut turvallisuuspoikkeamat. Suojaus- ja turvatoimenpiteissä huomioidaan hätätilanteet ja työkoneista sekä ympäristöstä aiheutuvat riskitekijät. Työkoneet ja -välineet tulee tarkistaa aina ennen käyttöä. (41.)

Terveyteen ja hyvinvointiin ratahankkeissa pyritään vaikuttamaan huolehtimalla vaadituista suojausvälineistä ja suojauksista. Myös melu- ja värinähaittojen seurannalla ja rajoittamisella lisätään työmaiden sekä ympäröivän ympäristön hyvinvointia. Rajoittamista voidaan tehdä muun muassa melua ja värinää aiheuttavien töiden aikatauluttamisella ja työaika-rajauksella. Henkilöstön osalta työmaille on määrätty erilaisia säädöksiä, joihin sisältyy henkilöstön koulutus ja perehdyttäminen sekä työn ja laadun seuranta. Työympäristön viihtyvyydestä ja turvallisuudesta huolehditaan myös pitämällä työmaa siistinä ja esteettömänä. Ratatöissä työskentelevien pitää käydä ratatyöturvallisuuskoulutus, jonka tarkoituksena on selvittää hankkeissa työskenteleville työ- ja liikenneturvallisuuden merkitykset rautatieympäristössä. (41; 52.)

## 6.6 Kestävä rakentaminen ja muut rautatierakentamiseen liittyvät työt

Tässä luvussa käsitellään kestävä rakentamisen vaikutuksia rautatierakentamisen neljännen osa-alueen hankkeisiin. Neljänteen osa-alueeseen kuuluvat muut rautatierakentamiseen liittyvät työt. Tässä osa-alueessa kestävä kehitystä toteutetaan aiemmissa luvuissa tutuiksi tulleen menetelmin, ohjeistuksin ja säädöksin, kuten huomioimalla materiaalivalinnat ja rakentamalla mahdollisimman ekologisesti ja kustannustehokkaasti. Kaikilla hankkeilla on tavoitteena kestävä ja pitkäikäinen lopputulos. (32.)

Muita ratahankkeiden kohteita, joita ei aiemmin ole mainittu voivat olla esimerkiksi radan ympäristöön liittyviä rakenteita, kuten meluvallit ja -aidat sekä erilliset rataympäristöön kuuluvat rakennukset ja rakenteet, kuten laiturit. Kestävän kehityksen ja rakentamisen kannalta on tärkeää, että suunniteltaessa ja rakennettaessa tähän osa-alueeseen liittyviä rakenteita huomioidaan rakennetun ympäristön kulttuuriperinnön vaaliminen ja luonto. Esimerkkejä kestävän rakentamisen toteuttamisesta vastaavissa hankkeissa on jo olemassa ja muun muassa ekologisista, luontoystävällisistä ja kestävästä materiaaleista rakennettuja meluseiniä on kehitelty. (53.)

## **7 KESTÄVÄN RAKENTAMISEN NYKYTILA TOIMIJOIDEN NÄKÖKULMASTA RATAHANKKEEN ERI VAIHEISSA**

Luvuissa 7.1–7.3 ja 7.5 tarkastellaan kestävän rakentamisen nykytilaa toimijoiden näkökulmasta ratahankkeen eri vaiheissa. Lisäksi luvussa 7.4 käydään läpi dronen käyttöä rakentamisvaiheessa. Koska rautatierakentamisen piirissä toimivat toimijat tekevät asioita yhteistyössä hankkeen alusta loppuun asti ja hyödyntävät samoja kestävän rakentamisen toimintamalleja ja toteutuksia, on luvun käsittelytavaksi valikoitunut tarkastelu rakennusvaihe kerrallaan.

Ratahankkeen vaiheita ovat esiselvitys-, suunnittelu- ja rakennusvaihe sekä käyttöönotto ja takuu-aika. Ratahankkeeseen liittyviä toimijoita ovat tilaajat ja käyttäjät, pääsuunnittelija ja muut suunnittelijat, koordinaattorit, kuntotutkijat sekä rakentajat. Toimijoista keskiössä ovat ihmiset, jotka vastaavat ratahankkeen suunnittelusta ja toteutuksesta sekä käytöstä ja ylläpidosta. (18; 24.)

Kestävä rakentaminen korostuu osapuolien osalta eniten taloudellisen ja sosiaalisen kestävyysmuodossa, mutta myös ekologinen ja kulttuurinen kestävyys vaikuttavat eri toimijoiden toimintaan. Jotta kestävän rakentamisen ja kehityksen tavoitteisiin päästään, on jokaisen toimijan huolehdittava sen toteutumisesta ratahankkeen eri vaiheissa. Ratahankkeissa kaikkia osapuolia koskevat kestäväan kehitykseen liittyvät määräykset ja ohjeistukset, joista on kerrottu opinnäytetyön aiemmissa luvuissa. (36; 38.)

### **7.1 Kestävä rakentaminen ja esiselvitysvaihe**

Esiselvitysvaiheessa kestävä kehitys näkyy monessa eri tilanteessa ja sen vaikutukset koskevat jokaista hankkeen osapuolta. Esiselvitysvaiheen näkyvin toimija eli tilaaja haluaa selvitysvaiheessa selkeät perusteet hankkeelleen, myös kestävän rakentamisen näkökulmasta. On tilaajan etu, jos kestävä kehitys ja rakentaminen on huomioitu hyvin hankkeessa. (24; 25.)

Esiselvitysvaiheessa voidaan kartoittaa muun muassa hankkeen vaikutuksia rakennettavaan ympäristöön ja pitkän aikavälin vaikutukset ilmastolle. Esiselvityksen tulee perustella hanke huomioiden määräysten ja ohjeistusten mukaisesti kestävä kehitys. Selvityksissä huomioidaan kestävän



rakentamisen jokainen osa-alue, mutta painopiste kestävän rakentamisen osalta kohdistuu ekologiseen, kulttuurilliseen ja taloudelliseen kestävyteen. Esimerkki kestävän kehityksen huomioimisesta esiselvitysvaiheessa löytyy muun muassa Valtioneuvoston selvityksestä 2023:5. Selvitystä tutkimalla havaittiin, että valtion tulevia ratahankkeita selvitettäessä on arvioitu raideliikennehankkeiden ekologisen ja taloudellisen kestävyden vaikutuksia. Selvityksestä nähdään myös, että tuleville hankkeille selvityksiä tehdessä on huomattu merkittäviä kestävän kehityksen kannalta negatiivisesti vaikuttavia asioita, joihin tulee kiinnittää huomiota. (54.)

## **7.2 Kestävä rakentaminen suunnitteluvaiheessa**

Suunnitteluvaiheessa pätee samat kestävän rakentamisen lainalaisuudet ja huomioimistarpeet kuin esiselvitysvaiheessa. Lisäksi hyvällä suunnittelulla voidaan vaikuttaa merkittävästi hankkeen kestävään, taloudelliseen ja ekologiseen rakentamiseen sekä käyttöön. Kestävän rakentamisen kannalta suunnitteluvaihetta voidaan pitää merkittävimpana vaiheena. Suunnitelmat määrittelevät muun muassa kalustoon, henkilöstöön ja materiaaleihin liittyvät seikat, joilla on vaikutusta kestävän kehityksen osa-alueisiin. (27.)

Suunnittelu toteutetaan tarkasti noudattamalla annettuja ohjeita ja säädöksiä. Kuten tämän työn aiemmissa luvuissa on tullut selväksi, ohjeissa ja määräyksissä on paljon kestävän rakentamisen toteutukseen vaikuttavia tekijöitä. Suunnittelun avuksi on tuotettu erilaisia atk-ohjelmia, joilla helpotetaan kestävän kehityksen toteuttamista hankkeissa. (55; 56.)

Yksi kestävän rakentamisen suunnittelua helpottamaan luotu ohjelma on infrarakentamisen päästötietokanta eli InfraCO<sub>2</sub>-palvelu, josta löytyy dataa Suomessa käytettävien rakennustuotteiden ja -palvelujen ilmastovaikutuksista. Palvelusta voi etsiä materiaalien, tuotteiden, kuljetusten ja työmaatoimintojen keskimääräisiä päästötietoja. Palvelua ylläpitää ja kehittää Suomen ympäristökeskus SYKE Väyläviraston toimeksiannosta. Palvelun tavoitteena on mahdollistaa yhdenmukainen vertailu ja yhdenmukaistaa infrarakentamisen ilmastovaikutusten laskenta. (57.)

|   |   |
|---|---|
| Kiskopyöräkone  | 27 kg CO <sub>2</sub> e /h                                      |
|   | TYYPILLINEN ARVO, GWP (A1-A3)                                   |
| TYYPILLINEN ARVO, GWP<br>kg CO <sub>2</sub> e /kg (A1-A3) |   |
| HUKKAKERROIN<br>Hukka rakennustyömaalla                   |   |
| KIERRÄTYSMATERIAALIEN OSUUS (%)                           | -   |
| TAUSTARAPORTTI  | <a href="#">Lataa taustaraportti</a>                            |
| ID  | 7100000850  |
| VERSIO  | 01.00.000   |
|   | 01.00.001 ( 12.12.2022)<br><a href="#">Näytä muutoshistoria</a> |

KUVA 3. Esimerkkikuva tietokannasta löytyvästä datasta kiskopyöräkoneen osalta (57).

Merkittävä kehitys kestävän rakentamisen näkökulmasta suunnittelussa on tapahtunut papereiden siirtymisellä sähköiseen muotoon. Tämän lisäksi suunnittelussa hyödynnettävä automaatio sekä sähköiset suunnitteluohjelmat ovat lisänneet ekologisuutta ja resurssitehokkuutta, kun suunnittelua voidaan tehdä virtuaalisesti tekoälyn avulla. Nykypäivänä atk-ohjelmistoilla on mahdollista tehdä kaikki rakentamiseen liittyvät piirustukset ja mallinnukset, jotka on aiemmin piirretty paperille. Ohjelmistojen käyttö on laajemmassa kuvassa myös resurssitehokkaampaa, koska yhtä tuotettua mallia tai suunnitelmaa voidaan jakaa kaikille hankkeen osapuolille sähköisesti, eikä automaation myötä piirustusten ja suunnitelmien laatiminen vie niin paljon aikaa. Esimerkkejä atk-ohjelmistoista, joita voidaan hyödyntää rautatierakentamisen suunnittelussa ja mallintamisessa, ovat AutoCAD ja Trimblen kehittämä Tekla Structures (55; 56.)

### 7.3 Kestävä rakentaminen rakentamisvaiheessa

Rakentamisvaiheessa kestävää rakentamista toteutetaan muun muassa hyödyntämällä erilaisia ohjelmistoja, suunnittelemalla huolellisesti henkilöstön, työkoneiden ja välineiden käyttö sekä toteuttamalla rakentaminen mahdollisimman ekologisesti ja taloudellisesti kiertotalouden avulla. Kiertotaloutta noudatetaan rakennusvaiheessa osapuolten toimesta luvussa kolme esitettyjen toimintatapojen, ohjeistusten ja määräysten mukaisesti. (32.)

Rakentamisvaiheessa pyritään hyödyntämään työmenetelmiä, jotka on todettu toimiviksi aiemmissa vastaavanlaisissa hankkeissa tai joita on käytetty jo pidemmän aikaan tehokkaasti. Jos hankkeessa ilmenee jokin uusi työtapa, jolla on saavutettu jonkinasteinen hyöty esimerkiksi taloudellisesti tai ekologisesti, pyritään vastaavaa toimintatapaa hyödyntämään tulevissa hankkeissa. Hankkeista kerätään myös dataa, joiden avulla voidaan kehittää tulevaisuudessa rakentamisen tehokkuutta. (32.)

Tehokkaasta, ekologisesta ja taloudellisesta työmenetelmästä ratahankkeissa voidaan mainita elementtirakentaminen, joka mahdollistaa nopean ja tehokkaan rakentamisen. Elementillä tarkoitetaan rakentamisessa käytettävää valmisosaa, joka valmistetaan yleensä tehtaissa. Varsinkin nykyaikaisessa rakentamisessa elementtirakentamista hyödynnetään kokonaisuuksien rakentamisessa. Elementtirakentamisen avulla voidaan parhaimmillaan välttää monta työvaihetta ja riskitekijää työmaalla, kuten valutyöt ja rauditus. Tällä tavalla säästetään aikaa ja rakentamisesta saadaan taloudellisempaa sekä ekologisempaa. (58.) Ratahankkeissa muun muassa vaihteet, tietyt sillan osat sekä osa betonikomponenteista, kuten rummut tulevat työmaalle elementteinä (59).

Rakennusvaiheessa taloudellisen kestävyuden voi huomioida eri tavoin. Esimerkiksi vuokraamalla ja lainaamalla kalustoa saadaan säästöjä ja materiaalien sekä rakenteiden suojauksella turvataan niiden mahdollisimman pitkä käyttöikä ja kestävyys. Lisäksi työmaalla toimivat osapuolet huolehtivat energian ja materiaalien säästämisestä. Toteutuneita hankkeita tarkasteltaessa on huomattu, että ratahankkeissa on otettu huomioon taloudellinen ja ekologinen kestävyys urakoitsijaa valittaessa. Useissa hankkeissa urakoitsija pyritään valitsemaan niin, että urakoitsijan kalusto sekä miehistö on tehokas ja toimintakuntoinen hankkeen alusta loppuun asti, eikä lisäresursseja tarvitsisi käyttää. Lisäksi on todettu, että sosiaalisen kestävyuden kannalta on eduksi valita urakoitsija kohteen lähialueelta tai huolehtia työolot sellaisiksi, ettei ylimääräistä matkustamista sekä kaluston

kuljettamista tarvita. Näin työpäivien tai -viikkojen venyminen äärimmäisiksi voidaan välttää, kun miehistö ja kalusto ovat lähellä koko hankkeen ajan. (32; 60; 61.)

Ratahankkeissa käytettävää erikoislaitteistoa, joilla ei ole kokoaikaista käyttöä työmaalla, voidaan tarvittaessa vuokrata toiselta yritykseltä nopeassakin aikataulussa. Näin olemassa olevan erikoislaitteiston käyttöaste pysyy korkeana, eikä uusia erikoislaitteita tarvitse hankkia yli käyttötarpeen. Toimenpiteillä voidaan vaikuttaa sekä taloudellisuuteen että ekologisuuteen. (60.)

Suojaustoimenpiteet rakennusvaiheessa ovat tärkeä osa kestävästä rakentamisesta ja työmaasta. Osa suojaustoimenpiteistä koskee ympäristön ja ihmisten turvallisuutta. Esimerkkinä ympäristöön ja ihmisiin liittyvistä suojaustoimenpiteistä voidaan mainita vaarallisten aineiden suojaus ja määrysten mukainen hävitys sekä varastointi. Suojaustoimenpiteillä voidaan ehkäistä haitallisten aineiden joutumista luontoon sekä turvata ihmisten hyvinvointi. Suojaustoimenpiteet lisäävät rakenteiden elinkaarta ja kestävyyttä sekä edistävät ekologista, taloudellista, ja sosiaalista kestävyyttä. (61.)

Kestävä kehitys näkyy rakennusvaiheen aikaisten toimijoiden työnkuvassa suunnitteluvaiheen tapaan sähköisten ja elektronisten laitteiden sekä atk-ohjelmien lisääntyneenä käyttönä. Ratahankkeissa toimivat urakoitsijat ja valvojat sekä hankkeen muut osapuolet, kuten tilaajat, pystyvät jakamaan sekä seuraamaan reaaliaikaista tietoa verkossa ja keskittämään hankkeen aineistot ja dokumentit sekä muut materiaalit sähköisiin projektipankkeihin. (62.)

Projektipankki voi toimia koko hankkeen yhteisenä tieto- ja aineistokeskuksena, jonne jokainen toimija tuo kaiken hankkeeseen liittyvän sähköisen aineiston. Hankkeen tietojen, kuten dokumenttien ja asiakirjojen hallinnasta, tulee projektipankin myötä organisoitua ja tehokasta. Tämän etuna on se, ettei jokaista asiakirjaa tarvitse erikseen hakea tai lähettää, kun on olemassa paikka, josta kaikki löytyvät keskitetysti. Tämä mahdollistaa paperin käytön minimoimisen sekä resurssitehokkaan toimintatavan asiakirjojen hallintaan. Projektipankki helpottaa myös hankkeeseen osallistuvien toimijoiden välistä kommunikointia. (62.)

Nykyteknologia on mahdollistanut työmaan reaaliaikaisen seurannan päätelaitteen kautta. Reaaliaikaista seuranta ja dataa pystyy seuraamaan muun muassa Infrakit-ohjelmalla, jonka avulla voidaan seurata esimerkiksi työmaan vaiheita ja suunnitelmien toteutumista. Nämä ohjelmat voivat

hyödyntää erilaisia paikannus- ja kuvausjärjestelmiä, kuten GPS-järjestelmää ja droneja. Ohjelmien avulla saadaan tarkkaa dataa muun muassa työnaikaisista tapahtumista, kuten työkoneiden kaivuu- ja leikkaustöistä. Kun saatua dataa yhdistellään muuhun tietokannassa olevaan materiaaliin, kuten suunnitelmiin ja piirustuksiin, voidaan työmaan seuranta ja johtamista harjoittaa kätevästi etäyhteydellä erilaisten päätelaitteiden avulla. (63.)

Sosiaaliseen kestävyteen kuuluu henkilöstön jaksaminen ja hyvinvointi. Reaaliaikaista seuranta toteuttavien ohjelmistojen avulla voidaan helpottaa merkittävästi muun muassa työmaan johdon ja projektinhallintaryhmän fyysistä rasitusta. Ohjelmistot mahdollistavat sen, ettei esimerkiksi suunnittelijan tai tilaajan tarvitse käydä työmaalla fyysisesti selvittääkseen rakentamiseen liittyviä asioita. (63.)

Viestimien kehityttyä sähköisen viestinnän tarve ja määrä työmaaympäristössä on kasvanut merkittävästi. Sähköisen viestinnän ansiosta rakennusvaiheen aikainen kommunikointi on helpottunut ja esimerkiksi etäyhteyksien avulla pystytään toteuttamaan muun muassa työmaakokoukset. Näin hankkeen osapuolet voivat paikasta ja ajasta riippumatta osallistua kokouksiin, eikä osapuolten tarvitse matkustaa erikseen työmaalle. Etäyhteyksiä voidaan hyödyntää myös äkillisten ongelmien ratkaisemiseen. Kestävän kehityksen ja rakentamisen tavoittelun sekä teknologian kehittymisen myötä elektronisten laitteiden hyödyntäminen työmaaympäristössä on lisääntynyt. Yksi esimerkki tällaisesta laitteesta on drone (luku 7.4), joka on muuttanut rakennusvaiheen aikaista seuranta. (64.)

Sosiaalisen kestävyden vaikutuksia rakennusvaiheessa ei tule aliarvioida. Sosiaalisen kestävyden tavoitteena on huomioida työympäristön turvallisuus, terveellisyys, esteettömyys ja viihtyvyys sekä varmistaa henkilöstön hyvinvointi ja työssä jaksaminen. Rakentamisvaiheessa sosiaalinen kestävyys on merkittävässä roolissa ja tärkein osa-alue työmaan henkilöstöön liittyen. Nykyaikaisessa rakentamisessa työmaiden turvallisuuteen kiinnitetään paljon huomiota ja työmailla on aina määrättyä turvallisuuskoordinaatti, joka huolehtii työmaan turvallisuudesta. (41.)

Sosiaalisen kestävyden toteuttamiseksi henkilöstön hyvinvointiin on pyritty vaikuttamaan työaika-järjestelyillä sekä käyttämällä mahdollisuuksien mukaan useampaa työryhmää pitkissä ja kriittisissä työvaiheissa. Työmaan turvallisuutta ja henkilöstön hyvinvointia seurataan nykypäivänä jatkuvasti koko hankkeen ajan. Koska rautatierakentamiseen liittyvissä hankkeissa on usein paljon

riskitekijöitä henkilöstön työhyvinvointiin liittyen, on sosiaaliseen kestävyYTEEN panostettava kunnolla. Riskitekijöitä ovat muun muassa vaaralliset työympäristöt, kuten rata-alueet, vaaralliset ai-  
neet, kuten pinnoitus- ja käsittelyaineet sekä isot työkoneet, kuten ratatyökone. (41.)

#### **7.4 Dronen käyttö rakentamisvaiheessa**

Dronella voidaan kuvata työmaata ilmasta käsin ja sen kuvausteknologian avulla voidaan suorittaa muun muassa erilaisia työmaahan ja -vaiheisiin liittyviä mittauksia. Drone toimii ja lentää sähköllä, joten ilmakuvaaminen on nykypäivänä ympäristöystävällistä, kun kuvaukseen ei tarvita lentokonetta tai helikopteria. Ilmakuvaaminen mahdollistaa työmaan laajemman tarkastelun kuin mitä ihmisen pystyy havaitsemaan maasta. (64.)

Dronella voidaan toteuttaa samaan aikaan useaa eri työtehtävää, kuten valokuvausta ja mittauksia ja tarvittaessa täysin automaattisesti. Näin ollen se on laitteena erittäin taloudellinen. Yksi dronen eduista on se, että siitä saatua kuvaa ja dataa pystyy tallentamaan sähköisiin järjestelmiin sekä jakamaan reaaliaikaisesti hankkeen muille osapuolille. Huomioitavaa dronen käytössä ovat sääolosuhteet ja tietyt ilmatilamääräykset, jotka voivat rajoittaa dronen lennättämistä. Nykypäivänä dronea käytetään paljon myös rautatierakentamishankkeissa siitä saadun hyödyn takia. (64.)

#### **7.5 Kestävä rakentaminen käyttöönottovaiheessa ja takuuajana**

Kestävän kehityksen kannalta on tärkeää, että rakentamisvaiheen jälkeen hankkeen kestävyttä ja elinkaaren toteutumista seurataan. Seuranta tehdään muun muassa jälki-, kunto-, ja takuutarkastuksin. Tarkastuksia tehdään säännöllisin väliajoin ja niistä saatu data sekä tulokset kirjataan hankkeen aikana sovittuun paikkaan, kuten omaisuudenhallintajärjestelmään. Rautatierakentamisen osalta Suomessa tällaisina järjestelminä toimivat Väyläviraston hallinnoimat taitorakennerekisteri ja ratatiedon extranet. (65; 66.)

Yksi tärkeimpiä käyttövaiheen toimia kestävän kehityksen näkökulmasta on yllä- ja kunnossapito, jolla mahdollistetaan taloudellisen kestävyYDEN toteutuminen. Yllä- ja kunnossapidon hyvä suunnittelu ja toteutus takaavat radan eri osien ja rakenteiden pitkän käyttöiän sekä varmistaa niiden käyttökelpoisuuden koko elinkaarensa ajan. Rataverkon yllä- ja kunnossapitoa suoritetaan muun

muassa peruskorjauksin. Se lisää rataverkon turvallisuutta ja vaikuttaa myös tulevaisuuden korjaus- sekä rakennustarpeisiin. Hyvin ylläpidettyä rataverkkoa on helppo korjata ja kehittää. (9.)

## 8 KESTÄVÄN KEHITYKSEN HYÖDYT, HAITAT JA TULEVAISUUS RATA-HANKKEISSA

Luvussa kahdeksan käsitellään, millaisia hyötyjä kestävä kehitys on tuonut rautatierakentamiseen. Lisäksi tarkastellaan, millaisia haasteita kestävä kehitys on aiheuttanut ratarakentamisessa. Lopuksi pohditaan, onko kestävä kehitys tulevaisuutta ratahankkeissa.

### 8.1 Kestävän rakentamisen hyödyt ja haasteet rautatierakentamisessa

Opinnäytetyöstä selviää, että kestävä kehitys ja rakentaminen on tuonut paljon hyötyjä, mutta myös aiheuttanut jonkin verran haasteita ratahankkeissa. Kestävällä rakentamisella saadaan parhaimmillaan laskettua merkittävästi hankkeiden kustannuksia, materiaalikuluja ja lisättyä rakenteiden kestävyttä ja käyttöikä. Kestävällä rakentamisella voidaan myös pienentää huomattavasti rakentamisesta aiheutuvien ympäristöhaittojen, kuten hiilidioksidipäästöjen määrää. (32.)

Kestävän rakentamisen malli mahdollistaa rakentamiseen liittyvien ekologisten, taloudellisten, kulttuurillisten ja sosiaalisten vaikutusten kehittämisen ja ylläpitämisen jokaisessa rautatierakentamisen osa-alueessa. Malli helpottaa myös rakentamisen piirissä toimivia osapuolia kestävä rakentamisen toteuttamisessa, kun saatavilla on selkeä kuva siitä, mitä kestävällä rakentamisella halutaan tavoitella ja miten sitä tulee toteuttaa. (32.)

Yksi kestävä rakentamisen tuoma merkittävä hyöty on ollut rakentamisessa hyödynnetyn elektronisen osaamisen sekä sähköisten järjestelmien ja ohjelmistojen käyttö. Elektronista osaamista on hyödynnetty muun muassa droneilla, joiden käyttö ratahankkeissa on yleistä ja verrattain monipuolista. Niiden käyttöä työmaaympäristössä tutkitaan ja kehitetään edelleen. (63; 64.)

Lisäksi erilaiset ohjelmistot, kuten viestintään ja suunnitteluun liittyvät sähköiset ympäristöt, ovat helpottaneet hankkeiden tiedonkulkua ja jakamista sekä hankkeissa toteutettavaa yhteistyötä. Muun muassa projektipankkien ja erilaisten viestintäsovellusten avulla paperin kulutusta ja matkustamista on saatu vähennettyä. Sähköisten atk-ohjelmistojen, kuten AutoCADin ja Teklan avulla, suunnittelusta on saatu resurssitehokkaampaa ja nopeampaa, kun muun muassa piirustusten ja



mallinnusten osalta voidaan hyödyntää virtuaalista ympäristöä ja automatiikkaa. Näillä toimenpiteillä on saavutettu siis merkittäviä ekologisen ja sosiaalisen kestävyuden tavoitteita. (55; 56; 62.)

Kestävä rakentaminen myös haastaa rautatierakentamista. Kuten opinnäytetyöstä käy ilmi, on kestävää rakentamista säädelty muun muassa eri lakisäädöksin, määräyksin ja ohjeistuksin. Tämä lisäksi suunnittelussa ja rakentamisvaiheessa tehtävän työn tarkempaa tarkastelua, koska kaikilla edellä mainitut asiat tulee huomioida hanketta suunnitellessa ja toteuttaessa. (34; 35; 36; 37.)

Opinnäytetyöstä selviää myös, että materiaalien osalta kestävä rakentaminen on tuottanut omanlaisia haasteitaan. Ympäristölle haittaa aiheuttaville materiaaleille, kuten kreosotille koitetaan edelleen löytää korvaavia menetelmiä ja myös muita materiaaleja kehitetään entistä ympäristöystävällisemmiksi. Opinnäytetyössä tällaisesta materiaalin ekologisemmasta kehittämisestä kertovasta toimenpiteestä esimerkkinä mainittakoon siltarakentamisen osiossa esitelty ekobetoni, joka on vielä osittain kehitysvaiheessa, mutta kehitystyön avulla pitkällä aikavälillä betonista aiheutuvat ympäristöhaitat saadaan minimoitua. (45; 46; 49.)

Kestävä kehitys ja rakentaminen ovat verrattain uusia asioita rakentamisessa ja kaikille hankkeille ei välttämättä ole valmista kestävä rakentamisen toimintamenetelmää. Kestävä rakentamisen toimintamalli on kuitenkin suhteellisen helposti soviteltavissa, joten se on toteutettavissa hankalisakin hankkeissa. Perusteltua on, että kestävä rakentamisen toimintamallilla saadaan aikaan paljon enemmän hyötyjä kuin haittoja ja kestävä rakentamisen tehokkuus, kestävyys, ekologisuus sekä taloudellisuus on parempaa kuin rakentamisella, jossa kestävä kehitystä ei huomioida. Muun muassa ilmastoon liittyvät hyödyt saattavat olla jopa kaksin- tai kolminkertaisesti parempia aiempaan verrattuna kestävä rakentamista toteuttamalla. (32.)

## **8.2 Kestävä rakentamisen tulevaisuus rautatierakentamisessa**

Rautatierakentamisessa kestävä rakentamisen näkymät ovat positiiviset. Kestävälle rakentamiselle on selkeä toimintamalli, jota on helppo noudattaa. Toimintamenetelmiä ja ohjeistuksia sekä säädöksiä sen toteuttamiselle on paljon ja useat tahot kehittävätkin kestävä rakentamista jatkuvasti myös tulevaisuutta ajatellen. Kestävä rakentamisen tulevaisuus on huomioitu niin valtion, Väyläviraston kuin yksittäisten toimijoidenkin toimesta. (4; 5.)

Työn aikana selvitettiin, että usealla ratahankkeiden ympärillä toimivalla taholla on oma ohjelmansa kestävään rakentamiseen liittyen. Lisäksi tavoitteita kestävä kehityksen ja rakentamisen osalta on asetettu useita vuosikymmeniä eteenpäin, joten kestävä rakentaminen ei tule olemaan vain hetken pinnalla oleva ilmiö. Ihmisten tietoisuus erilaisista elinympäristöön ja elämisen laatuun vaikuttavista asioista, kuten ilmastonmuutoksesta, on pakottanut ihmisiä ajattelemaan myös kestävä kehitystä entistä enemmän, ja sillä on ollut suuri vaikutus kestävä rakentamisen muodostumiselle. Lopuksi voidaan todeta, että varmuudella tulevaisuuden ratahankkeita tullaan rakentamaan ympäristö, taloudellisuus ja ihmisten hyvinvointi huomioiden. Lisäksi rakentamisesta aiheutuvia ympäristöhaittoja tarkastellaan aiempaa kriittisemmin. (4; 5.)

## 9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tarkastella kestävästä kehitystä rautatierakentamisessa ja koota tietopaketti, joka kertoo aiheesta pääpiirteittäin. Tavoitteena oli myös muodostaa kuva lukijalle kestävästä kehityksen vaikutuksista, toimintamalleista ja nykytilasta suomalaisessa rautatierakentamisessa. Tutkimuskysymyksenä oli, miten ja miksi kestävästä kehitystä toteutetaan rautatierakentamisessa. Työn aikana saatiin käytännön esimerkkejä hyödyntäen vastaus tutkimuskysymykseen. Materiaaliksi valittiin mahdollisimman luotettavia ja monipuolisia lähteitä. Lähteissä pyrittiin välttämään vanhoja tekstejä, jotka saattavat sisältää vanhentunutta tietoa. Lisäksi työssä käytettiin omakohtaista työstä saatua informaatiota.

Kestävästä kehityksen nykytila rautatierakentamisessa on hyvä. Kestävästä kehittämistä toteutetaan kestävästä rakentamisen mallilla, jota on helppo tulkita ja se on helposti sovellettavissa ratahankkeisiin. Toteutustapoja kestävästä rakentamiselle on kehitelty useita ja toteutustapoja sekä malleja kehitetään koko ajan.

Kestävästä kehityksestä on jo tähän mennessä saatu mittavia ekologisia ja taloudellisia hyötyjä, eikä kestävästä rakentamisen noudattamisella ole suurempia haittoja. Kestävästä rakentamista haastavat edelleen rakennusmateriaaleista aiheutuvat ympäristöhaitat. Jatkossa tutkimustyössä kannattaisi perehtyä muun muassa siihen, miten haitallisista aineista, kuten kreosootista, päästään kokonaan eroon ratahankkeissa ja millä keinoin ilmastoystävällisempiä materiaaleja, kuten ekobetonit ja ekologisesti valmistettua terästä, saataisiin laajemmin tuotantoon.

Lisäksi ratahankkeiden parissa työskenteleviä toimijoita tulisi rohkaista kestävästä rakentamisen tarkempaan tutkimiseen ja sen tuomiin mahdollisuuksiin. Tämän myötä voitaisiin saavuttaa entistä kestävämpää, ekologisempaa ja kustannustehokkaampaa rakentamista myös pienempien toimijoiden osalta. Kestävästä kehityksestä on saatavilla runsaasti informaatiota ja rakentamisen osalta tietoa on saatavilla muun muassa Ympäristöministeriön ja Rakennusteollisuuden verkkosivuilla. (67; 68.)

Kestävästä kehitystä rautatierakentamisessa toteutetaan kestävästä rakentamisen toimintamallilla, jonka tavoitteena on tuottaa pitkäikäinen, vähän huoltoa ja korjausta tarvitseva hanke ja turvata

resurssien riittävyys rakentamisen jokaisessa vaiheessa. Kestävällä rakentamisella hillitään ilmastomuutosta ja sen päätavoitteena on löytää ekologisesti ja taloudellisesti kestävällä pohjalla olevia ratkaisuja. Vaikka kestävä rakentaminen kokonaisuudessaan on vielä osittain kehitysvaiheessa ja toimintamenetelmiä muokataan jatkuvasti parempaan suuntaan, on siitä saadut hyödyt jo tähän mennessä niin suuria, että kestävää rakentamista kannattaa ja tulee myös jatkossa toteuttaa ja kehittää. (67; 68.)

## LÄHTEET

1. Ympäristöministeriö 2022. Mitä on kestävä kehitys. Hakupäivä 17.8.2022. <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>.
2. Suomen YK-Liitto 2022. Kestävän kehityksen tavoitteet. Hakupäivä 17.8.2023. <https://www.yk-liitto.fi/kestava-kehitys>.
3. Kestäväkehitys.fi 2022. Mitä on kestävä kehitys. Hakupäivä 17.8.2022. <https://kestavakehitys.fi/kestava-kehitys>.
4. Kestäväkehitys.fi 2022. Agenda-2030 toimintaohjelma. Hakupäivä 17.8.1.2022. <https://kestavakehitys.fi/agenda-2030>.
5. Kestäväkehitys.fi 2022. Kestävän kehityksen tila. Mitä faktat kertovat. hakupäivä 17.8.2022. <https://kestavakehitys.fi/kestavan-kehityksen-seurantakorit>.
6. Alameri, Mikko 1979. Suomen rautatiet. Wien: Slezak.
7. Otava 1979. Otavan suuri ensyklopedia, 14: Polttomoottorit – revontulet. Helsinki: Otava.
8. Väylävirasto 2023. Rataverkko. Hakupäivä 10.1.2023. <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko>.
9. Väylävirasto 2023. Rataverkon kunnossapito. Hakupäivä 10.1.2023. <https://vayla.fi/kunnossapito/rataverkon-kunnossapito>.
10. Väylävirasto 2023. Ratahanke Seinäjoki-Oulu. Hakupäivä 10.1.2023. <https://vayla.fi/skol>.
11. Yle 2023. Elävä arkisto. Kehärata-hankkeen varrella oli monta mutkaa. Hakupäivä 10.1.2023. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/07/06/keharata-hankkeen-varrella-oli-monta-mutkaa>.

12. Suomirata.fi 2023. Suomirata tuo suomen lähemmäksi. Hakupäivä 10.1.2023. <https://suomirata.fi/>.
13. Väylävirasto 2023. Väyläverkon investointiohjelma. Hakupäivä 10.1.2023. <https://vayla.fi/suunnittelu-rakentaminen/liikennejarjestelman-suunnittelu/investointiohjelma>.
14. Väylävirasto 2023. Hankehaku. Hakupäivä 12.1.2023. <https://vayla.fi/web/vayla/suunnittelu-rakentaminen/-/project/c/35402107-35407684>.
15. Väylävirasto 2023. Väyläviraston julkaisuja 40/2022. Valtion väyläverkon investointiohjelma vuosille 2023–2030. Hakupäivä 10.1.2023. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/185466/vj\\_2022-40\\_978-952-317-977-6\\_Liite\\_1.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/185466/vj_2022-40_978-952-317-977-6_Liite_1.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
16. Valtioneuvosto 2023. Elinvoimainen Suomi, Liikenneverkot ja maatalous. Hakupäivä 12.1.2023. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelman-seuranta/toimintasuunnitelma/elinvoimainen-suomi-liikenneverkot-ja-maatalous#Laaditaan-valtakunnallinen-12vuotinen-liikennejarjestelmasuunnitelma>.
17. YIT 2023. Ratarakentaminen. Hakupäivä 20.2.2023, <https://www.yit.fi/infra/vaylat/ratarakentaminen>.
18. Terveet tilat 2028. Rakentamisen osapuolet. Hakupäivä 20.2.2023, <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakentamisen-osapuolet>.
19. Terveet tilat 2028. Tilaaja ja käyttäjät. Hakupäivä 20.2.2023, <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakentamisen-osapuolet/tilaajat-ja-kayttajat>.
20. Terveet tilat 2028. Pääsuunnittelija ja koordinaattorit. Hakupäivä 20.2.2023. <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakentamisen-osapuolet/paasuunnittelija-ja-koordinaattorit>.

21. Terveet tilat 2028. Suunnittelijat. Hakupäivä 20.2.2023. <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakentamisen-osapuolet/suunnittelijat>.
22. Terveet tilat 2028. Rakennuksen kuntotutkijat. Hakupäivä 20.2.2023. <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakentamisen-osapuolet/rakennuksen-kuntotutkijat>.
23. Terveet tilat 2028. Rakentajat, Hakupäivä 20.2.2023. <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakentamisen-osapuolet/rakentajat>.
24. Väylävirasto 2023. Hankkeiden suunnittelun vaiheet. Hakupäivä 21.2.2023. <https://vayla.fi/suunnittelu-rakentaminen/hankkeiden-suunnittelu/hankkeiden-suunnittelun-vaiheet>.
25. Terveet tilat 2028. Tarveselvitys. Hakupäivä 21.2.2023. <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakennushankkeen-vaiheet/tarveselvitys>.
26. Terveet tilat 2028. Hanke- ja ehdotussuunnittelusta investointipäätökseen. Hakupäivä 21.2.2023. <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakennushankkeen-vaiheet/hanke-ja-ehdotussuunnittelu>.
27. Terveet tilat 2028. Yleis- ja toteutussuunnittelu. Hakupäivä 21.2.2023. <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakennushankkeen-vaiheet/yleis-ja-toteutussuunnittelu>.
28. Väylävirasto 2023. Materiaalien korkeat hinnat ja huono saatavuus haastavat rakentamista, Väylävirasto ajankohtaista 19.5.2022. <https://vayla.fi/-/materiaalien-korkeat-hinnat-ja-huono-saatavuus-haastavat-rakentamista>.
29. Ramboll 2023. Kestävä kehitys. Hakupäivä 22.2.2023. <https://fi.ramboll.com/palvelut/ymparisto-ja-terveys/kestava-kehitys>.

30. Ympäristöministeriö 2023. Vähähiilinen rakentaminen, Hakupäivä 22.2.2023. <https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>.
31. Ympäristöministeriö 2023. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta, Hakupäivä 22.2.2023. <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>.
32. Ympäristöosaava.fi 2023. Kestävä rakentaminen – kestävä rakennus. Hakupäivä 23.2.2023. <https://www.ymparistoosaava.fi/rakennusala/index.php?k=22796>.
33. Tilastokeskus. Ilmastopäästöt toimialoittain, 2008–2020. Hakupäivä 23.2.2023. [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_tilma/stat-fin\\_tilma\\_pxt\\_11ig.px/table/tableViewLayout1/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_tilma/stat-fin_tilma_pxt_11ig.px/table/tableViewLayout1/).
34. Finlex 2023. Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Hakupäivä 23.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki>.
35. Finlex 2023. Maankäyttö- ja rakennuslaki 123/1999. Hakupäivä 23.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=rakennuslaki>.
36. Finlex 2023. Ratalaki 110/2007. Hakupäivä 23.2.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070110?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ratalaki>.
37. Väylävirasto 2023. Rautateiden tekniset ja turvallisuusohjeet 28.2.2023. Hakupäivä 29.2.2023. <https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/OL/rautatieohjeet.pdf>.
38. Väylävirasto 2023. Väyläviraston ohjeita 27/2021. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 20 Ympäristö ja rautatiealueet. Hakupäivä 28.2.2023. [https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirusasto/vo\\_2021-27\\_rato20\\_web.pdf](https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirusasto/vo_2021-27_rato20_web.pdf).



39. Väylävirasto 2023. Väyläviraston ohjeita 23/2018. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5, Sähköistetty rata. Hakupäivä 28.2.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2018-23\\_rato5\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-23_rato5_web.pdf).
40. Väylävirasto 2023. Liikenneviraston oppaita 3/2013. Sillat ja ympäristö. Hakupäivä 1.3.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lop\\_2013-03\\_sillat\\_ymparisto\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lop_2013-03_sillat_ymparisto_web.pdf).
41. Väylävirasto 2023. Väyläviraston ohjeita 40/2022. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). Hakupäivä 28.2.2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo\\_2022-40\\_TURO.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-40_TURO.pdf).
42. Museovirasto 2023. Rakennettu kulttuuriympäristö. Hakupäivä 5.3.2023. <https://www.museovirasto.fi/fi/kulttuuriymparisto/rakennettu-kulttuuriymparisto>.
43. Väylävirasto 2023. Teräs ja betoni – siltarakentamisen dynaaminen duo, Väylävirasto ajankoh- taista 19.5.2022. Hakupäivä 1.3.2023. <https://vayla.fi/-/teras-ja-betoni-siltarakentamisen-dynaaminen-duo>.
44. Savela, Sanna 2019. Betoni tuottaa enemmän ilmastopäästöjä kuin lentoliikenne – pikkuinen firma Kannonkoskelta aikoo romauttaa päästöt tekemällä betonin jätteistä. Yle Uutiset 10.6.2019. Hakupäivä 1.3.2023. <https://yle.fi/a/3-10816632>.
45. Leinonen, Anna 2019. Oulun yliopistossa on kehitetty ennätysluja ekobetoni – valmistetaan kuivista raaka-aineista ja vedestä. Kaleva Uutiset 21.1.2019. Hakupäivä 1.3.2023. <https://www.kaleva.fi/oulu-yliopistossa-on-kehitetty-ennatysluja-ekobet/1739681>.
46. Savela, Sanna 2021. Suomalaisyhtiö kehitti salassa ilmastoystävällisemmän korvaajan beto- nille – nyt akkukaivoksen jätteestä syntyy jalustoja sähköautojen latauspisteille. Yle Uutiset 24.9.2021. Hakupäivä 1.3.2023. <https://yle.fi/a/3-12112495>.
47. NRC Group. Käytetyt rautatiemateriaalit kierrätettiin radasta toiseen. Hakupäivä 28.2.2023. <https://www.nrcgroup.fi/uutiset/kaytetyt-rautatiemateriaalit-kierratettiin-radasta-toiseen>.

48. NRC Group. Ratarakentamisen kestävä tulevaisuus vaatii tekoja jo nyt. Hakupäivä 28.2.2023. <https://www.nrcgroup.fi/uutiset/ratarakentamisen-kestava-tulevaisuus-vaatii-tekoja-jo-nyt>.
49. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Kreosotilla kyllästetyn puun käyttäminen ja hävittäminen. Hakupäivä 28.2.2023. <https://tukes.fi/kemikaalit/biosidit/kreosootin-kayton-rajoitukset>.
50. Euroopan Unioni 2022. KOMISSION TÄYTÄNTÖÖNPANOASETUS (EU) 2022/1950. Euroopan unionin virallinen lehti L269/1 17.10.2022. Hakupäivä 28.2.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1950&from=EN>.
51. Betonitieto 2023. Suunnittelukäyttöikä. Hakupäivä 8.3.2023. <https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto/suunnittelukayttoika.html>.
52. Proxion 2023. Ratatyöturvallisuus (TURVA). Hakupäivä 1.3.2023. <https://www.proxion.fi/koulutus/turva/>.
53. Versowood 2023. Meluaidat. Hakupäivä 8.3.2023. <https://www.versowood.fi/fi/tuotteet/maa-ja-tierakentamisen-tuotteet/meluaidat>.
54. Valtionvarainministeriö 2023. Suurten ratahankkeiden rahoituksen ja investointimahdollisuuksien selvitys. Valtionvarainministeriön julkaisuja – 2023:5. Hakupäivä 1.3.2023. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164565/VM\\_2023\\_5.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164565/VM_2023_5.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
55. Symetri.fi 2023. Mikä on AutoCAD. Hakupäivä 1.3.2023. [https://www.symetri.fi/tuotteet/autocad/?utm\\_campaign=%5BPBP%5D%C2%A0%5BS%5D%C2%A0%5BFI%5D%C2%A0%5BNB%5D+%5BJoint%5D+%5BCAD%5D%C2%A0%5BP%5D+Autocad&utm\\_source=adwords&utm\\_term=autocad&utm\\_medium=ppc&hsa\\_cam=17923735829&hsa\\_net=adwords&hsa\\_kw=autocad&hsa\\_acc=3100054137&hsa\\_ver=3&hsa\\_grp=139170011709&hsa\\_mt=p&hsa\\_tgt=kwd-28813781&hsa\\_ad=614160447110&hsa\\_src=g&qclid=CjwKCAiAjPyfBhBMEiwAB2CCIn-wDcnEZ7Emc9BIr090Q-t0H8zzbXEqbwxl2PbRHgmnYTF-xCXJ8xoCjPQQAvD\\_BwE](https://www.symetri.fi/tuotteet/autocad/?utm_campaign=%5BPBP%5D%C2%A0%5BS%5D%C2%A0%5BFI%5D%C2%A0%5BNB%5D+%5BJoint%5D+%5BCAD%5D%C2%A0%5BP%5D+Autocad&utm_source=adwords&utm_term=autocad&utm_medium=ppc&hsa_cam=17923735829&hsa_net=adwords&hsa_kw=autocad&hsa_acc=3100054137&hsa_ver=3&hsa_grp=139170011709&hsa_mt=p&hsa_tgt=kwd-28813781&hsa_ad=614160447110&hsa_src=g&qclid=CjwKCAiAjPyfBhBMEiwAB2CCIn-wDcnEZ7Emc9BIr090Q-t0H8zzbXEqbwxl2PbRHgmnYTF-xCXJ8xoCjPQQAvD_BwE).

56. Tekla.com 2023. Tehokas rakennesuunnittelun tietomalliohjelmisto – Tekla Structures. Hakupäivä 1.3.2023. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>.
57. Väylävirasto 2023. Infrarakentamisen päästötietokanta. Hakupäivä 1.3.2023. <https://co2data.fi/infra/>.
58. Elementtisuunnittelu.fi 2023. Teollinen valmisosarakentaminen. Hakupäivä 8.3.2023. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen>.
59. Betoni.com 2023. Projektihaku, Ympäristö- ja infrarakentaminen. Hakupäivä 8.3.2023. <https://betoni.com/valmistajat-tuotteet-ja-projektit-hakusivu/projektihaku/>.
60. Tekniikkatalous.fi. Konevuokraus tähtää reiluun kasvupyrähdykseen. Hakupäivä 8.3.2023. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/konevuokraus-tahtaa-reiluun-kasvupyrahdykseen/bdec33ca-ae2-35ae-96aa-1213e782db80>.
61. Rakennustieto 2023. Ratu 82-0384 Tavanomaiset purkutyöt. Vaaralliset aineet - käsittely ja suojaus. Menetelmät. Hakupäivä 8.3.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%2082-0384?navref=Search>.
62. Martin, Mikko 2012. Projektipankkien vertailu ja valinta rakennushankkeeseen. Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 8.3.2023 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/44719/Martin\\_Mikko.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/44719/Martin_Mikko.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
63. Infrakit 2023. Your digital transformation partner. Hakupäivä 1.3.2023. <https://www.infrakit.com/fi/>.
64. Karvonen, Mikko 2021. Dronen käyttö infrarakentamisen työsuunnittelussa. Lapin ammattikorkeakoulu. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä

- 8.3.2023 <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/508124/Dronen%20k%C3%A4ytt%C3%B6%20infrarakentamisen%20ty%C3%B6nsuunnittelussa.pdf?sequence=2>.
65. Väylävirasto 2023. Taitorakennerekisteri. Hakupäivä 1.3.2023. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/sillat/trex>.
66. Väylävirasto 2023. Ratatiedon extranet. Hakupäivä 1.3.2023. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/aineistot/ratatiedon-extranet>.
67. Ympäristöministeriö 2023. rakentaminen ja maankäyttö. Hakupäivä 3.3.2023. <https://ym.fi/rakentaminen-ja-maankaytto>.
68. Rakennusteollisuus 2023. Rakennettu ympäristö ja ilmastonmuutos. Hakupäivä 3.3.2023. <https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Materiaalitehokkuus/>.
69. Väylävirasto 2023. Valtion rataverkko 1.1.2021, Hakupäivä 3.3.2023. [https://vayla.fi/documents/25230764/47264414/Rataverkko\\_01012021.pdf/2d56780c-9d86-8695-02b5-37031b9e69d8/Rataverkko\\_01012021.pdf?t=1608032206939](https://vayla.fi/documents/25230764/47264414/Rataverkko_01012021.pdf/2d56780c-9d86-8695-02b5-37031b9e69d8/Rataverkko_01012021.pdf?t=1608032206939).
70. Väylävirasto 2023. Suomen Väylät, ratahankkeet. Hakupäivä 3.3.2023. <https://paikkatieto.vaylapilvi.fi/suomen-vaylat/theme/fi/0/435211/7109206/0>.







## Tie- tai ratahankkeen eteneminen

