

Rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannukset

Marko Tuominen



Ratahallintokeskuksen
julkaisu A 3/2004

Rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannukset

Marko Tuominen

Helsinki 2004

Ratahallintokeskus
Kunnossapitoyksikkö

Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/2004
ISBN 952-445-098-4
ISSN 1455-2604
Helsinki 2004

Saatavana myös pdf-muodossa
www.rhk.fi

Kannen kuva: Markku Nummelin

Tuominen, Marko: Rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannukset. Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö. Helsinki 2004. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/2004. 130 sivua ja 5 liitettä. ISBN 952-445-098-4, ISSN 1455-2604.

Avainsanat: elinkaari, korvausinvestointi, kunnossapito

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Suomen rataverkon rakenteiden, laitteiden ja järjestelmien odotettavissa olevat elinkaaret sekä elinkaaren aikaiset kustannukset. Tarkastelujaksona olivat vuodet 2004–2043. Elinkaari- ja kustannustietojen perusteella tavoitteena oli määrittää vuosittainen rataverkon kunnossapidon ja uusimisen rahoitustarve.

Selvityksen kohteina olivat radan pohjamaa, alusrakenne, päällysrakenne, vaihteet, sillat, rummut, tunnelit, kallioleikkaukset, sähkörata-, ratapiha- ja turvalaitteet sekä rautateiden tiedonsiirtoyhteydet.

Elinkaari- ja kustannustietoa kerättiin lukuisista rautatiealan selvityksistä ja julkaisuista sekä henkilöhaastatteluista. Henkilöhaastattelut tehtiin Ratahallintokeskuksen ja Oy VR-Rata Ab:n asiantuntijoiden keskuudessa. Työssä käytettiin myös runsaasti eri muodoissa olevaa kustannus- ja rekisteritietoa. Saadut kustannustiedot koottiin aihekohtaisiksi kustannustaulukoiksi.

Radan eri elementtien elinkaaren pituus vaihtelee huomattavasti. Tulevaisuudessa teknisten laitteiden yleistyminen lisää kunnossapitotarvetta. On odotettavissa, että mm. turvalaitteiden elinkaari lyhenee nykyiseen verrattuna. Sen sijaan esimerkiksi päällysrakenteen osalta vastaavaa kehitystä ei ole näköpiirissä.

Tehtyjen selvitysten mukaan rataverkon eri elementtien ylläpidon rahoitustarve on tämänhetkistä rahoitustasoa korkeampi. Seuraavan kymmenen vuoden aikana kokonaisrahoitustarve on keskimäärin 331 miljoonaa euroa vuodessa. Tämän jälkeen rahoitustarve alkaa laskea.

Tuominen, Marko: Life Cycle Costs of Railway Infrastructure. Finnish Rail Administration, Maintenance Department. Helsinki 2004. Publications of the Finnish Rail Administration A 3/2004. 130 pages and 5 appendices. ISBN 952-445-098-4, ISSN 1455-2604.

Key words: life cycle, replacement investment, maintenance

SUMMARY

The purpose of the study was to find out lifespans and life cycle costs of components and systems of railway infrastructure. With this information the target was to estimate the annual need for state budget funding of maintenance and replacement investments in years 2004–2043.

The studied components and systems were track soil, substructure, superstructure, turnouts, bridges, culverts, tunnels, rock cuttings, catenary, marshalling yard devices, data transfer networks and control, command and signalling devices.

Information was collected from different studies and publications from the railway sector. Many experts from the Finnish Rail Administration and VR-Track Ltd were interviewed. The railway infrastructure databases and information of former expenses were also used. The information of life cycle costs were compiled to spreadsheets.

The life cycles between different railway infrastructure components vary significantly. The need for maintenance will increase when complex devices become more common. In future the life cycles of control, command and signalling will shorten. In track superstructure similar development is not predicted.

Based on calculations, the need for funding exceeds the present funds available. The total need for funding is approximately 331 million euro per year for next 10 years. After that, the need will gradually decrease.

Tuominen, Marko: Järnvägsinfrastrukturens livscykelkostnader. Banförvaltningscentralen, Underhållsenheten. Helsingfors 2004. Banförvaltningscentralens publikationer A 3/2004. 130 sidor och 5 bilagor. ISBN 952-445-098-4, ISSN 1455-2604.

Nyckelord: livscykel, ersättande investering, underhåll

SAMMANDRAG

Meningen med denna undersökning var att utreda de presumtiva livscyklarna samt livscykelkostnaderna för konstruktionerna, anläggningarna och systemen på Finlands bannät. Granskningsperiod var åren 2004–2043. Utgående från data gällande livscykel och kostnader, ville man definiera det årliga finansieringsbehovet för underhåll och förnyelse av bannätet.

Föremål för utredningen var banans grund, underbyggnad, överbyggnad, växlar, broar, trummor, tunnlar, bergsskärningar, elbane-, bangårds- och säkerhetsanläggningar samt järnvägens dataöverföringssystem.

Data över livscyklar och kostnader samlades från otaliga studier och publikationer inom järnvägsbranschen samt via personintervjuer. Personintervjuerna gjordes bland experter vid Banförvaltningscentralen och Oy VR-Rata Ab. Man använde även rikligt med kostnads- och registerdata i olika former. Kostnadsuppgifterna sammanställdes till kostnadstabeller ämnesvis.

Livscykeln för banans olika element varierar mycket. I framtiden kommer behovet av underhåll att öka till följd av de allt allmännare tekniska anordningarna. Det är att vänta, att bl.a. säkerhetsanordningarnas livscykel förkortas jämfört med idag. Däremot är till exempel motsvarande utveckling inte att vänta för överbyggnadens del.

På basis av de utredningar som gjorts, är finansieringsbehovet för upprätthållandet av bannätets olika element större än vad det är idag. Under de närmaste tio åren uppgår det totala finansieringsbehovet till i medeltal 331 miljoner euro om året. Efter det börjar finansieringsbehovet avta.

ESIPUHE

Tämän radan elinkaarikustannuksia käsittelevän selvityksen teki opinnäytetyönä Marko Tuominen Hämeen ammattikorkeakoulun logistiikan koulutusohjelmassa. Työn ohjaajana oppilaitoksessa oli lehtori Veli-Jukka Kara. Työn tilaajana toimi Ratahallintokeskuksen kunnossapitoyksikkö, jossa työn valvojana toimi kunnossapitoyksikön johtaja Markku Nummelin.

Helsingissä, maaliskuussa 2004

Ratahallintokeskus
Kunnossapitoyksikkö

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SUMMARY	4
SAMMANDRAG.....	5
ESIPUHE.....	6
1 JOHDANTO.....	12
2 KÄYTETTYJÄ TERMEJÄ	13
3 ALUSRAKENNE.....	14
3.1 Routiminen ja sen ehkäiseminen	15
3.1.1 Routalevyt ja niissä havaitut ongelmat	15
3.1.2 Akselipainon noston vaikutus routalevyjen kestävyYTEEN	15
3.2 Routaeristykseen riittävyys ja parantamiskustannukset	16
3.2.1 Nopean liikenteen radat.....	16
3.2.2 Vähäliikenteiset radat.....	16
3.3 Pengerleveys.....	18
3.4 Akselipainon noston vaikutus koko alusrakenteeseen.....	19
3.5 Alusrakenteeseen liittyvät korvausinvestointikustannukset	19
3.6 Alusrakenteen peruskunnossapito	19
4 POHJAMAA	20
4.1 Pohjamaan ongelmat.....	20
4.1.1 Painuma ja stabiliteetti	20
4.1.2 Värähtely	20
4.1.3 Tärinä	21
4.2 Stabiliteetti- ja painumaongelmien ratkaisumenetelmät.....	21
4.2.1 Nykytilanne sekä vahvistamiskustannukset	21
4.2.2 Laajat pehmeikköalueet	24
4.3 Tärinäongelman ratkaisumenetelmät.....	24
4.3.1 Paalulaatta	24
4.3.2 Vaimennusseinä	25
4.3.3 Syvästabilointi.....	25
4.3.4 Asfalttirakenne	25
4.3.5 Tärinäongelmien poistokustannukset.....	25
4.4 Pohjamaasta aiheutuvat korvausinvestointikustannukset.....	26
5 PÄÄLLYSRAKENNE.....	27
5.1 Tukikerros.....	27
5.1.1 Raidesepelin elinkaari	27
5.1.2 Sepelin puhdistus	29
5.1.3 Sepelinpuhdistuksen tarvearviointi	29
5.1.4 Raidesepelimateriaalin kustannukset	29
5.2 Ratapölkkyt.....	29
5.2.1 Betoniratapölkkyjen elinkaari	30

	5.2.2	Betoniratapölkkyjen hankintakustannukset	30
	5.2.3	Puuratapölkkyjen elinkaari.....	30
	5.2.4	Puuratapölkkyjen hankintakustannukset.....	31
	5.2.5	Ratapölkkyjen kierrätys	32
5.3		Kiskot.....	33
	5.3.1	Kiskojen elinkaari	33
	5.3.2	Kiskoissa havaitut ongelmat	33
	5.3.3	Kiskojen hankintakustannukset.....	34
	5.3.4	Kiskon kierrätys	34
	5.3.5	Kiskon kunnostamisen kustannukset	35
	5.3.6	Kierrätykseen kelpaamattomat kiskot.....	35
	5.3.7	Kiskonhionta, kuluminen ja yksittäisvaihto	35
5.4		Päällysrakenteen uusimismenetelmät	36
	5.4.1	Raidesepelin puhdistus sepeliseulalla	37
	5.4.2	Sepelin poisto kaivinkonejyrsimellä	39
	5.4.3	Kiskojen ja pölkkyjen vaihto raiteenvaihtokoneella	40
	5.4.4	Kiskojen ja pölkkyjen vaihto portaalinosturilla	41
	5.4.5	Kiskojen vaihto Geismar-menetelmällä.....	41
	5.4.6	Pölkkyjen yksittäisvaihtovaihto kaivinkonemenetelmällä.....	42
	5.4.7	Puolisepelöinti.....	42
	5.4.8	Täyssepelöinti	42
5.5		Pölkkyjen hajavaihto	43
5.6		Vähäliikenteisten ratojen päällysrakenteen uusiminen.....	43
5.7		Päällysrakennetöiden kokonaiskustannukset.....	44
5.8		Muut päällysrakenteen työt.....	45
5.9		Päällysrakenteen korvausinvestointikustannukset tarkastelujaksolla.....	45
5.10		Päällysrakenteen peruskunnossapito	46
	5.10.1	Rataluokat	46
	5.10.2	Radan kunnossapitotaso.....	47
5.11		Päällysrakenteen peruskunnossapitokustannukset.....	47
5.12		Tarkastukset.....	49
	5.12.1	Peruskunnossapitoon kuuluvat tarkastukset	49
	5.12.2	Erikseen tilattavat tarkastukset	50
	5.12.3	Tarkastuskustannusten kehitys	51
5.13		Päällysrakenteen kunnossapidon kustannukset tarkastelujaksolla	51
5.14		Päällysrakenteen kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla.....	52
5.15		Alusrakenteen ja pohjamaan kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla	53
6		VAIHTEET	54
	6.1	Vaihteiden kierrätys.....	54
	6.2	Uusien vaihteiden hankinta.....	54
	6.3	Vaihteiden asennuskustannus	55
	6.4	Vaihteiden uusimisen kokonaiskustannukset	55
	6.5	Vaihteiden kunnossapito.....	55
	6.5.1	Vaihteiden sähkökäntölaitteet	55
	6.5.2	Vaihteiden lämmityslaitteet	56
	6.5.3	Vaihteiden hionta	57
	6.5.4	Vaihteiden peruskunnossapitokustannukset.....	57
	6.6	Vaihteiden käyttökustannukset.....	57

6.7	Vaihteiden kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla	57
7	SILLAT	59
7.1	Siltojen tekninen kunto	59
7.2	Siltojen kunnossapito ja kunnan seuranta.....	59
7.3	Sillaston kunnan kehittyminen ja nykytilanne	59
7.4	Siltojen määrän kehitys kunnossapitotarvetta ajatellen	60
7.5	Sillaston ikääntymisestä aiheutuvat kustannukset	61
7.6	Akselipainon noston vaikutus siltojen korvausinvestointikustannuksiin	62
7.7	Akselipainon noston vaikutus peruskunnossapitokustannuksiin.....	63
7.8	Rautatiesiltojen kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla.....	63
8	RUMMUT	66
8.1	Rumpujen tekninen kunto ja käyttöikä	66
8.2	Rumpujen kunnossapito ja kunnan seuranta	67
8.3	Rumpujen kunnan kehittyminen ja nykytilanne	67
8.4	Rumpujen ikääntymisestä aiheutuvat kustannukset	68
8.5	Akselipainon noston vaikutus rumpujen kunnan ylläpitoon	68
	8.5.1 Akselipainon vaikutus rumpujen korvausinvestointikustannuksiin.....	69
	8.5.2 Akselipainon noston vaikutus peruskunnossapitokustannuksiin	70
8.6	Rautatierumpujen kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla	70
9	TURVALAITTEET	72
9.1	Mekaaniset asetinlaitteet.....	72
9.2	Rele- ja releryhmäasetinlaitteet	72
9.3	Varmistuslukko- ja opastinturvalaitokset	73
9.4	Tietokoneasetinlaitteet.....	73
9.5	Radio-ohjausjärjestelmä	75
9.6	Raidevirta- ja äänitaajuuspiirit sekä akselinlaskentalaitteet	76
9.7	Suojastus	77
9.8	Kulunvalvonta.....	78
9.9	Kauko-ohjaus.....	79
9.10	Tasoristeyslaitokset.....	80
9.11	Laakereiden kuumakäynti-ilmaisoin	80
9.12	Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestointikustannukset tarkastelujaksolla	81
9.13	Turva- ja valvontalaitteiden kunnossapitokustannukset.....	82
9.14	Turva- ja valvontalaitteiden kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla.....	83
10	SÄHKÖRATALAITTEET.....	84
10.1	Sähköratalaitteisto.....	85
10.2	Syöttö- ja välilytkinasemat	85
10.3	Ajojohdin	86
	10.3.1 Ajolanka.....	87
	10.3.2 Ajolangan vaihtokustannukset ja töiden aikataulu	87
	10.3.3 Kannatin.....	88
10.4	Sähköradan pylväspäruukset.....	88
10.5	Ratajohtopylväät.....	89
10.6	Pylväsharuukset	89
10.7	Sähköradan käyttökeskus.....	90

10.8	Muut sähköraataan liittyvät työt.....	90
10.9	Sähköralaitteiden kunnossapitokustannukset tarkastelujaksolla	90
10.10	Sähköralaitteiden korvausinvestointikustannukset tarkastelujaksolla	91
10.11	Sähköralaitteiden kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla	91
11	TUNNELIT JA KALLIOLEIKKAUKSET	92
11.1	Tunnelit.....	92
11.2	Tunneleiden peruskunnossapito.....	93
11.3	Tunneleiden ongelmat	94
11.3.1	Lämpö- ja vedeneristys	94
11.3.2	Ruiskubetonointi ja rapautuminen	94
11.3.3	Tunnelien turvallisuustaso	95
11.3.4	Tunnelien poikkileikkaus.....	96
11.4	Tunneleiden korvausinvestointikustannukset.....	96
11.4.1	Esimerkki Pieksämäki-Kuopio	96
11.4.2	Esimerkki Vuosaaren rata.....	96
11.4.3	Yhteenvedo korvausinvestointikustannuksista.....	97
11.5	Tunneleiden korvausinvestointien ajoitus	97
11.6	Kallioleikkaukset	99
11.7	Kallioleikkausten peruskunnossapito	99
11.8	Kallioleikkausten ongelmat	99
11.8.1	Rapautuminen ja pintavedet.....	99
11.8.2	Korkeus, kapeus ja pystysuoruus.....	100
11.9	Kallioleikkausten korvausinvestointikustannukset.....	100
11.9.1	Aiemmin tehdyt ja suunnitellut työt	100
11.10	Päätelmät kallioleikkausten korvausinvestointitarpeesta	101
11.11	Tunneleiden ja kallioleikkausten kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla.....	102
12	RATAPIHAT	104
12.1	Ratapihujen ja sivuraiteiden päällysrakenne	105
12.2	Laskumäkilaitteet.....	108
12.3	Ratapihujen toiminnalliset muutokset	108
12.4	Ratapihavalistus	109
12.5	Ratapihujen laitteiden peruskunnossapitokustannukset	109
12.6	Ratapihoista aiheutuvat kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla	109
13	MATKUSTAJAINFORMAATIO JA TIEDONSIIRTOYHTEYDET.....	111
13.1	Radiojärjestelmä	111
13.1.1	Radiojärjestelmän elinkaari ja korvausinvestointikustannukset.....	111
13.1.2	Radiojärjestelmän peruskunnossapito.....	112
13.1.3	Radiojärjestelmän aiheuttamat kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla	112
13.2	Muut tiedonsiirtoyhteydet.....	112
13.3	Matkustajainformaatio.....	113
13.3.1	Kunnossapito	113
13.3.2	Korvausinvestoinnit	114
13.4	Matkustajainformaatio- ja tiedonsiirtoyhteyksien kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla	114

14	MUUT RADANPITOON LIITTYVÄT KOHTEET	116
14.1	Vauriotapaukset	116
14.2	Alueisännöinti eli rautateiden kunnossapidon valvonta ja kilpailuttaminen	116
14.3	Asema- ja laituri-alueiden hoito.....	116
14.4	Laitetilat.....	116
14.5	Pilaantuneet maa-alueet.....	117
14.6	Tasoristeysten poisto	117
14.7	Radanpidon materiaalit.....	117
14.8	Muut kustannukset.....	117
14.9	Muut radanpitoon liittyvät kustannukset yhteensä	117
15	KOKONAISKUSTANNUKSET TARKASTELUJAKSOLLA.....	119
16	MUUT JOHTOPÄÄTÖKSET	121
	LÄHDELUETTELO	122

LIITTEET

1. Päälysrakennetöiden kustannuksia
2. Päälysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain
3. Ratapihojen ja vaihteiden kunnossapito- ja korvausinvestointitarve 2004–2043
4. Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain
5. Rataverkon kunnossapito- ja korvausinvestointitarve 2004–2043, koonti-
taulukko

1 JOHDANTO

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Suomen rataverkon rakenteiden, laitteiden ja järjestelmien odotettavissa olevat elinkaaret, niiden aikana syntyvät kunnossapitokustannukset sekä elinkaaren päässä tapahtuvien korvausinvestointien ajoitus ja niistä syntyvät kustannukset. Tarkastelujakson pituus oli 40 vuotta kattaen vuodet 2004–2043.

Tiedonhankinta suoritettiin perehtymällä rautatiealan kirjallisuuteen, julkaisuihin ja muihin tehtyihin selvityksiin. Merkittävä osa tiedoista saatiin henkilöhaastattelusta. Haastateltavina oli lukuisia rautatiealan asiantuntijoita sekä Ratahallintokeskuksesta (RHK) että Oy VR-Rata Ab:stä. Lisätietoa hankittiin tilastoista, rekistereistä ja kustannuslaskelmista.

Tutkimusraportissa käsitellään radan alusrakenteen ja pohjamaan, päällysrakenteen, vaihteiden, tunneleiden ja kallioleikkausten, siltojen, rumpujen, tiedonsiirtojärjestelmien sekä turva-, valvonta-, sähkörata-, ratapiha- ja matkustajainformaatiolaitteiden elinkaaria sekä kunnossapito- ja uusimiskustannuksia. Ulkopuolelle jätetään liikenteenohjauksen, sisäisen hallinnon ja RHK:n omistamien kiinteistöjen kustannukset. Rataverkon kehittämisestä huomioidaan ainoastaan välilliset kustannusseuraukset, kuten tiettyjen rakenteiden kohoavat kunnossapitokustannukset.

Kustannukset arvioidaan vuoden 2003 rahan arvossa, joten niissä ei huomioida inflaatiota. Arvioinnit ja laskelmat tehdään nykytekniikkaan ja tämän hetken tietämykseen perustuen. Lisäksi arvioidaan tulevaisuuden tekniikan mahdollisia kehityssuuntia, mutta näiden perustella ei tehdä kustannusarvioita.

Radan eri elementeistä käsitellään niiden merkitys ja tehtävä, ominaispiirteet, tekniset seikat ja odotettavissa oleva elinkaari. Elinkaaresta käydään läpi pituuden lisäksi elinkaaren aikana tapahtuva kunnossapito sekä elinkaaren pituuteen vaikuttavat alueelliset ja liikennemääristä johtuvat seikat. Muun muassa päällysrakenteen osalta selvitetään myös vuonna 2003 käytössä olevat uusimismenetelmät kustannuksineen. Kustannusselvityksissä on käytetty pääasiassa vuosien 2001–2002 kustannustietoa. Inflaation aiheuttamaa hintojen nousu on arvioitu niin vähäiseksi, että se on jätetty huomiotta.

Varsinaisten elinkaarien lisäksi selvitetään radanpitoa tukevien toimintojen kustannuksia. Näitä ovat mm. radan tarkastus sekä tutkimus- ja kehittämistoiminta.

Selvitysten tulokset on koottu jokaisen aihealueen luvun loppuun. Laskelmien tekemiseen käytetyt taulukot on pyydettyessä saatavilla erikseen sähköisessä muodossa RHK:sta osoitteesta kun@rhk.fi.

2 KÄYTETTYJÄ TERMEJÄ

Ratakilometrillä tarkoitetaan kilometrin osuutta ratalinjasta. Tällöin kyseessä oleva rata-linja voi olla yksi- tai useampiraiteinen. *Raidekilometrillä* tarkoitetaan kilometrin osuutta raiteesta. Tällöin esimerkiksi 20 kilometrin mittaisella, neliraiteisella rataosalla ratapituus on 20 ratakilometriä, mutta raidepituus 80 raidekilometriä. Sama periaate toistuu termeissä *ratametri* ja *raidemetri*. Monissa taulukoissa ratametristä ja -kilo-metristä käytetään lyhenteitä *r-m* ja *r-km*. Raidemetristä ja raidekilometristä käytetään lyhenteitä *rd-m* ja *rd-km*.

Elinkaarella tarkoitetaan radan rakenteiden, laitteiden ja järjestelmien käyttöikä. Elinkaaren päässä rakenteelle, laitteelle tai järjestelmälle joudutaan tekemään korvaus-investointi.

Korvausinvestoinnilla tarkoitetaan teknisen tai taloudellisen elinkaaren päässä tapahtu-vaan rakenteen, laitteen tai järjestelmän uusimista silloiseen tekniikkaan perustuvilla menetelmillä.

Peruskunnossapidolla tarkoitetaan päivittäistä kunnossapitoa, varautumista ja vian-korjausta, johon ei sisälly rautatieinfrastruktuurin investointia.

Muuna kunnossapitona käsitetään peruskunnossapitoon kuulumaton elinkaaren aikainen korjaava ja uusiva kunnossapito. Nämä kunnossapitotyöt tilataan kunnossapitotarpeen niin vaatiessa.

Akselipainolla tarkoitetaan vaunun tai veturin akselin eli pyöräkerran rataan aiheutta-maa voimavaikututusta. Aiemmin akselipainon yksikkönä on käytetty termiä tonni, joka kuvaa akselin kautta rataa rasittavaa massaa. 250 kN:n akselipainon vastaava vanha termi on 25 tonnin akselipaino.

Nauhakustannuksella tarkoitetaan keskimääräistä kustannusta esimerkiksi raidekilo-metrin matkalla. Tällöin kustannuksia saattaa syntyä vain yhdestä kohteesta, mutta kustannukset jaetaan tasaisiksi koko kilometrin matkalle.

Bruttotonnilla tarkoitetaan radalla kulkeneiden junien kaluston omapainon ja kuorman yhteenlaskettua massaa. Suuruusluokasta johtuen puhutaan miljoonista bruttotonneista. Tässä selvityksessä miljoonista bruttotonneista käytetään lyhennettä Mbrt.

3 ALUSRAKENNE

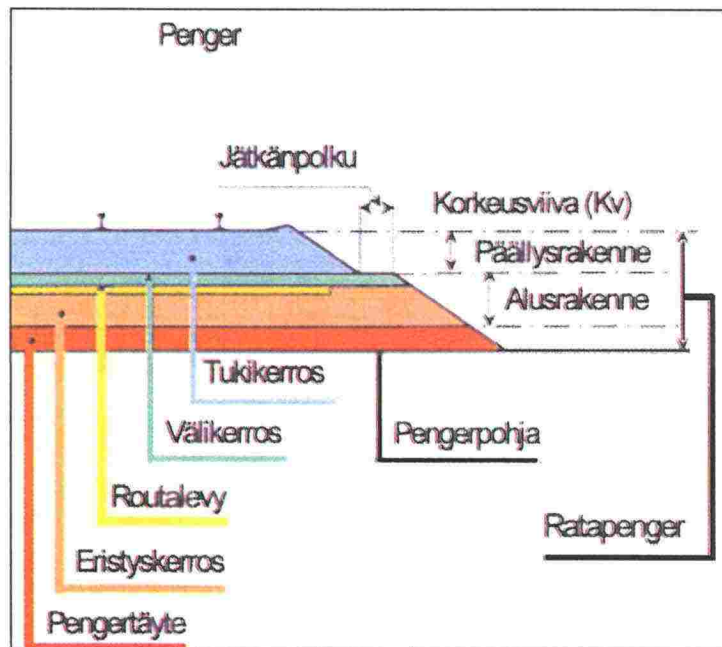
Alusrakenteella tarkoitetaan radan päällysrakenteen alapuolista rakenneosaa, joka koostuu välikerroksesta, eristyskerroksesta sekä mahdollisesta suodatinkerroksesta ja routalevyin toteutetusta lämmöneristyskerroksesta /1, s. 3/.

Välikerroksen tehtävänä on muodostaa tukikerrokselle tasainen ja kantava alusta estäen tukikerroksen sekoittumista alempiin rakenteisiin /1, s. 5/.

Eristyskerroksen tehtävänä on vähentää tai estää sen alla olevien maakerrosten routiminen sekä muodostaa ylemmille rakennekerroksille tasainen ja kantava rakenne. Kaikki rakenteet siirtävät ja jakavat liikenteen aiheuttamaa kuormaa alemmille rakenteille /1, s. 3/.

Eristyskerroksen alla on pengertäyte, joka koostuu hiekasta tai sitä karkeammista kivennäismaalajeista tai vastaavista moreenimaalajeista. /2, s. 33./ Pengertäytettä ei kuitenkaan lueta kuuluvaksi alusrakenteeseen /3, s. 44/.

Radan rakennekerrokset käyvät ilmi kuvasta 3.1.



Kuva 3.1. Radan rakennekerrokset. /1, s. 5/

Alusrakenteen suurimpana ongelmana voidaan pitää liian ohuita rakennekerroksia. Ohuet rakennekerrokset aiheuttavat routimista. Toinen ongelma on ratapengerin riittämättömän leveys. /4; 5/ Näiden ongelmien syitä ja ratkaisumenetelmiä käsitellään seuraavissa kappaleissa.

3.1 Routiminen ja sen ehkäiseminen

Radan routiminen on seurausta liian ohuesta routimattomasta rakennekerroksesta. Ratojen rakentamisen aikaan routamitoitukset ovat olleet tämän päivän vaatimuksiin verrattuna erittäin vajavaisia tai niitä ei ole tehty lainkaan. Näin maaperässä oleva routa pääsee liikuttamaan radan päällysrakennetta. Routavaurioita aiheuttaa myös liikennekuormituksen myötä jauhautunut sepeli, joka sitoo vettä. /4; 6/

Roudan aiheuttaman nousun seurauksena junien nopeuksia joudutaan kevättalvella tilapäisesti laskemaan. Tästä aiheutuu myöhästymisiä. Kustannuksia lisäävät mm. routakiillaukset, joilla roudan aiheuttamaa radan nousua routakohdassa pyritään loiventamaan. Kustannuksia syntyy myös routakohtien tarkkailusta. /5/

Routasuojauksen parantaminen tehdään ensisijaisesti korvaamalla routivat materiaalit routimattomilla. Nykyisin rakenne myös suojataan routaeristyslevyillä. /1, s. 30./

Routalevyt pienentävät muun tarvittavan routimattoman rakennekerroksen paksuutta. Paras ratkaisu olisi uusia routimaton kerros riittävän paksuiseksi. Riittävä paksuus on maantieteellisestä alueesta, mitoituspakkasmäärästä ja vuoden keskilämpötilasta riippuen 2...2,4 metriä /1, liite 1/. Routimattoman kerroksen uusiminen tai täydentäminen tarvittavaan paksuuteen nykyisillä radoilla vaatisi kuitenkin suuria maanrakennustöitä, jotka haittaisivat merkittävästi junaliikennettä. Samalla radan korkeusviiva nousisi rakennekerroksen täydentämistä vastaavalla määrällä, joka aiheuttaisi huomattavia muutostyötarpeita mm. silta- ja sähköratarakenteisiin. Uudet radat ja rataoikaisut tullaan rakentamaan pääosin ilman routaeristeitä /1, s. 29/.

3.1.1 Routalevyt ja niissä havaitut ongelmat

Routalevyt ovat materiaaliltaan solupolystyreeniä tai suulakepuristettua polystyreeniä. Levyiltä vaaditaan ominaisuuksina mm. puristuskestävyyttä ja veden hylkimistä. /3, s. 64–66; 5./ Käyttöikävaatimus on 40 vuotta. Routaeristykseen käytetään maantieteellisen alueen, mitoituspakkasmäärän ja vuotuisen keskilämpötilan perusteella 40–120 mm routalevyjä. /1, liite 1./

Tällä hetkellä radassa olevista routalevyistä osassa on havaittu valmistusvirheitä ja muita ongelmia. Ongelmat liittyvät mm. valmistustavan muutokseen, jossa levyjen valmistuksessa käytetty freoni korvattiin vesihöyryllä. Lisäksi erään valmistajan tuotteissa on havaittu laatuvirheitä, jotka johtuvat ilmeisesti laadunvalvonnan puutteesta. /5/ Heikkolaatuiset levyt eivät ole kestäneet liikenteen puristavaa kuormitusta. Lisäksi solupolystyreenilevyjen on havaittu vettyvän, jonka seurauksena lämmön-eristyskyky on heikentynyt. Suomessa onkin vuodesta 1981 lähtien siirrytty käyttämään pelkästään suulakepuristettua polystyreeniä ratojen routasuojaukseen. /3, s. 64./ Kuitenkin osa radassa olevista routalevyistä on yhä täysin soveltumattomia käyttö-tarkoitukseensa.

3.1.2 Akselipainon noston vaikutus routalevyjen kestävyYTEEN

RHK:n tavoitteena on korottaa liikkuvan kaluston suurin sallittu akselipaino 250 kN:iin kaikilla tärkeimmillä rataosilla vuoteen 2020 mennessä /7, s. 9–10/. Vuonna 2001

valmistuneen akselipainoraportin mukaan akselipainon nosto aiheuttaa 22–35 % lisäyksen routalevyjen vaurioitumiseen. Vaurioiden lisääntymisen estäminen on mahdollista estää nostamalla routalevyjen puristuslujuusvaatimusta nykyisestä 450 kPa:sta 500 kPa:iin. /8, s. 26./

Akselipainon nosto ja sen aiheuttama levyjen vaurioituminen ei suoranaisesti nosta kustannuksia, koska routalevyt vaihdetaan tukikerroksen puhdistuksen yhteydessä uusiin. Asennettaessa uusia levyjä tulee niiden täyttää uudet puristuslujuusvaatimukset. Välillisiä kustannuksia syntyy, koska rikkoontuneet levyt mahdollistavat routahaittojen synnyn.

3.2 Routaeristysten riittävyys ja parantamiskustannukset

3.2.1 Nopean liikenteen radat

Asiantuntija-arvion sekä usean tarveselvityksen mukaan routaeristysten kattavuus ei tällä hetkellä ole riittävä. Routaeristystarve on suuresti riippuvainen rataosan nopeustasosta. Noin 75 % korkean nopeustason ratojen pituusmitasta tulisi suojata routaeristyslevyillä. /5; 9, s. 55; 10, s. 46./ Korkean nopeustason ratana pidetään tässä selvityksessä rataa, jonka suurin sallittu nopeus on 140 km/h tai suurempi. Routaeristystarvetta ilmaisee jäljempänä oleva kuva 3.2, jossa nämä radat on merkitty sinisellä värillä.

Routaeristyslevyt laitetaan rataan raideseppelin uusimisen yhteydessä. Tällöin mahdolliset vanhat levyt rikkoutuvat, eikä niitä voida enää käyttää. Levyjen elinikä voidaan näin pitää tukikerroksen puhdistusväliä ja levyjen uusiminen ajoittuu luontevasti radan päällysrakenteen uusimisen yhteyteen. Tällä hetkellä radassa olevia, vioittuneiksi havaittuja levyjä ei siis vaihdeta uusiin ennen rataosan raideseppelin puhdistusta. /5/

Vuonna 2002 osuudella Kouvola–Lelkola päällysrakenteen vaihdon yhteydessä suoritetun routaeristysten kustannukseksi muodostui 20,57 euroa/raidemetri. Alueella eristettiin noin 1/3 raidepituudesta. Jos koko ratapituus olisi eristetty, kustannuksiksi olisi muodostunut noin 62 euroa/raidemetri. Eristysten kustannuksista vain 5 % koostui työ- kustannuksista. Raideseppelin puhdistus tapahtui sepeliseulalla. /11, s. 1./

Rataosan Orivesi–Jämsänkoski päällysrakenteen uusimiselle vuonna 2002 tehdyssä suunnitelmassa routalevyjen hankintakustannuksiksi arvioidaan noin 20 euroa/raidemetri, kun raidepituudesta eristetään noin 1/3. Tässäkin kohteessa sepelin puhdistus suunnitellaan tehtäväksi sepeliseulalla. /12, s. 8./

Näistä esimerkeistä voidaan tulkita, että routaeristysten tekemisen kustannus tukikerroksen vaihdon yhteydessä on noin 62 euroa/raidemetri eli 62 000 euroa/raidekilometri. Kun 75 % raidepituudesta eristetään, kustannuksiksi muodostuu noin 46 500 euroa/raidekilometri.

3.2.2 Vähäliikenteiset radat

Mikäli eristystyöt tehdään erillään tukikerroksen vaihdosta tai sepeliseulasta eroavilla menetelmillä, routaeristysten asennuskustannukset nousevat huomattavasti. Asennuskustannuksiksi voidaan arvioida 50–200 euroa/raidemetri. Routaeristyskustannus

riippuu suuresti päällysrakennetöiden käytössä olevasta työraosta, joka riippuu työn alla olevan rataosan liikennetiheydestä. /5/

Rataosilla, joiden henkilöliikenne on vähäistä ja nopeudet alempia tai liikenne muodostuu pelkästä tavaraliikenteestä, routimisen aiheuttamat haitat ovat pienemmät kuin korkean nopeustason osuuksilla. Voidaankin arvioida, että näillä radoilla routaeristystarve on noin 10 % ratojen pituusmitasta. /13/ Routaeristyksen laskennallisiksi nauha-kustannuksiksi voidaan siten karkeasti arvioida $(0,1 * 100 \text{ eur/rd-m} + 0,1 * 60 \text{ eur/rd-m}) = 16 \text{ eur/rd-m}$ eli 16 000 euroa/raidekilometri.

Erittäin vähäliikenteisillä ja alhaisen nopeustason rataosilla ei katsota olevan tarvetta radan routaeristyslevyjen käyttöön. Näiden ratojen routivuutta voidaan asiantuntija-arvion mukaan ehkäistä rakennekerroksia kasvattamalla ja ensisijaisesti radan kuivattamista parantamalla. Mahdolliset routanousut voidaan korjata mm. pölkköjen kiilaamisella, eivätkä tilapäiset nopeusrajoitukset käytännössä aiheuta junaliikenteelle myöhästymisiä. /13/ Rakennekerroksen kasvattaminen raidesoralla maksaa vuonna 2001 valmistuneen vähäliikenteisten ratojen toimenpideselvityksen mukaan noin 20 euroa/raide-metri, mikäli soraa kuluu 1 m^3 raidemetriä kohti /14, s. 13/. Nämä työt tulee tehdä päällysrakenteen uusimisen yhteydessä.

Tässä selvityksessä routavaurioiden ehkäisy radan kuivatusta parantamalla ja rakennekerroksia kasvattamalla arvioidaan tehtäväksi rataosilla Porokylä–Kontiomäki, Kontiomäki–Taivalkoski/Ämmänsaari, Äänekoski–Haapajärvi, Huutokoski–Savonlinna, Niinisalo–Aitoneva, Isokylä–Kellosekä, Joensuu–Ilomantsi, Suonenjoki–Iisvesi, Mynttilä–Ristiina ja Sokojoki–Pankakoski.

Vaikka rakennekerroksen kasvattaminen tulee työvaiheena kalliimmaksi kuin routa-levyjen asentaminen, on muistettava, että routalevyt joudutaan uusimaan tukikerroksen seuraavan uusimisen yhteydessä.

Arvioidut routasuojauksen toteutustavat eri rataosilla ilmenevät kuvasta 3.2.

Koska akselipaino- ja nopeudennostohankkeet koskettavat suurta osaa rataverkosta, tulee penkereen leveyttä lisätä vastaavasti. Pengerleveyden täydentämiskustannuksia käsitellään luvussa 4 Pohjamaa.

3.4 Akselipainon noston vaikutus koko alusrakenteeseen

Akselipainoja nostettaessa tukikerroksen kautta alusrakenteeseen siirtyvät voimat kasvavat. Vuonna 1999 valmistuneessa tutkimuksessa todetaan, että akselipainon nousussa vaikutukset ovat suurimmat välikerroksessa ja eristyskerroksen yläosassa. Tutkimuksen mukaan pohjoismaisia olosuhteita vastaava routamitoitus takaa kuitenkin riittävät alusrakennekerroksen paksuudet kaikilla ajateltavissa olevilla akselipainoilla. /3, s. 61./

3.5 Alusrakenteeseen liittyvät korvausinvestointikustannukset

Alusrakenteeseen liittyvät työt tehdään pääasiassa päällysrakennetöiden yhteydessä. Tämän vuoksi kustannukset on käsitelty luvussa 5 Päällysrakenne.

3.6 Alusrakenteen peruskunnossapito

Alusrakenteen peruskunnossapitoon kuuluu mm. ojien ja kuivatusjärjestelmien puhdistus, penkereen täydennys yksittäisten vajausten osalta, rata-alueen vesominen, rikkaruohokasvillisuuden poisto, kasvillisuuden torjuminen, tasoristeysten näkemäalueiden raivaus, sivuojien tarkastus ja puhdistus ja maaleikkausten paikallisten eroosiovaurioiden korjaaminen. /16, s. 17–19./ Tässä selvityksessä alusrakenteen peruskunnossapitokustannuksiin luetaan myös ns. alueiden kunnossapito, joka sisältää mm. suoja-aitojen, kallioleikkausten, tunneleiden ja tasoristeysten työt.

Alusrakenteeseen kohdistuvat työt tehdään peruskunnossapitosopimuksen nojalla. Vuonna 2003 peruskunnossapidosta vastaa Oy VR-Rata Ab. Alusrakenteisiin ja alueisiin kohdistuvien peruskunnossapitotöiden vuotuinen kustannus oli vuonna 2002 noin 3,3 milj. euroa /17/. Lisäksi tasoristeysten näkemäalueiden hoidosta ja raivauksesta vastaa osalla rataverkosta erillinen urakoitsija. Näiden töiden vuosikustannus oli noin 0,5 milj. euroa. /18/ Kokonaiskustannuksiksi muodostuu siten noin 3,8 milj. euroa vuodessa.

Peruskunnossapitokustannusten arvioidaan nousevan lähivuosina Kerava–Lahti -oikoradan ja Vuosaaren satamaradan rakentamisen myötä noin 3,9 milj. euroon. Alusrakenteeseen kohdistuvat korjaustoimenpiteet ovat luonteeltaan korvausinvestointeja ja ne on laskettu luvussa 4 Pohjamaa. Laskelmissa vuosittaiset peruskunnossapitokustannukset on jaettu rataosille ratakilometrimäärän mukaan.

4 POHJAMAA

Pohjamaalla tarkoitetaan radan alimmaista, ratapenkereen alla olevaa luonnontilaista tai eri tavoin lujitettua maata /1, s. 3; 6/. Pohjamaan koostumus vaihtelee alueesta riippuen ollen savea, turvetta, moreenia tai kalliota.

4.1 Pohjamaan ongelmat

Pohjamaasta aiheutuvat ongelmat juontavat juurensa rautateiden rakentamisen alkuaikoihin. 1800-luvulla ja 1900-luvun alussa geotekniikka on ollut tieteenalana varsin tuntematon. /4/ Tuolloin rakennetut radat on rakennettu selvästi nykyistä pienempiä kuormituksia silmällä pitäen ja nykyistä pienemmillä varmuuskertoimilla. /5/

Kattavaa tietoa ratojen perustamisen tavoista ei ole kootusti saatavilla. Ongelmakohteita kartoittava pehmeikkökrekisteri on tällä hetkellä laatimisvaiheessa. /5/

4.1.1 Painuma ja stabiliteetti

Radan pohjamaan ongelmista suurimmat ovat painumat ja heikko stabiliteetti. Painumilla tarkoitetaan pystysuuntaista maakerrosten kokoonpuristumista ja stabiliteetilla radan sivusuuntaista vakavuutta eli sortumariskiä. Stabiliteettiongelmat ovat luonteeltaan nopeita ja kertaluontoisia, kun taas radan painuminen on jatkuvaa ja syntyy pitkän ajan kuluessa. /5/

Painuma- ja stabiliteettiongelmat korostuvat erityisesti rataosilla, joiden pohjamaa koostuu pehmeistä maalajeista kuten savesta ja turpeesta. Ongelmakohtia rataverkolla on tämän hetken tietämyksen mukaan useita. Näistä voidaan mainita viisi laajaa pehmeikköaluetta, jotka sijaitsevat rataosilla Lahti–Kouvola, Säkäniemi–Joensuu, Turku–Toijala (2 kpl) ja Orivesi–Jyväskylä. /19, s. 19; 20, s. 21; 21./ Lisäksi rataosalla Helsinki–Turku on stabiliteetin kannalta ongelmallisia alueita, jotka vaativat tulevaisuudessa korjaustoimenpiteitä.

4.1.2 Värähtely

Värähtelyllä tarkoitetaan tilannetta, jossa ratapenger alkaa junan kuormituksen takia värähdellä pystysuuntaisesti. Värähtelyä ilmenee alueilla, jossa pohjamaa koostuu pehmeistä maalajeista, kuten turpeesta tai savesta ja ratapenkereen korkeus on alle 2 metriä. Ongelmaksi tilanne saattaa muodostua nopean liikenteen radoilla. Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että ns. kriittinen nopeus turvepohjaisella radalla on 160 km/h. Tätä suuremmilla nopeuksilla värähtelyn amplitudi kasvaa voimakkaasti. /22/

Suomessa värähtelyä tutkittiin vuonna 2001 rataosalla Lielähti–Seinäjäki. Tutkimuksissa rataosalla ajettiin Pendolino-junalla nopeudella 220 km/h, eikä suuria värähtelyongelmia havaittu. Asiantuntija-arvion mukaan tutkittu osuus lienee värähtelyn kannalta kriittisin rataosa Suomessa. Tutkimustulosten perusteella voidaan olettaa, ettei Suomessa tämän hetken tietämyksen mukaan ole alueita, joilla värähtely muodostuisi ongelmaksi. Värähtelytilannetta tullaan kuitenkin tulevaisuudessa selvittämään rataosakohtaisten nopeudennostosuunnitelmien yhteydessä tapauskohtaisesti. /22/

4.1.3 Tärinä

Tärinä on teknisessä mielessä liikkuvan junakuorman aiheuttamaa paikallista maanainesten palautuvaa siirtymää. Juna aiheuttaa ensimmäisenä pystysuuntaista siirtymää kiskoihin, josta se siirtyy pölkkyjen, tukikerroksen ja alusrakenteen kautta pohjamaahan. Tärinä siirtyy maapinnan tasossa kaikkiin suuntiin. /22/ Tärinää esiintyy erityisesti pehmeikköalueilla, jolloin näillä alueilla sijaitsevat rakennukset alkavat värähdellä. /23, s. 54/.

Tärinäongelma kytkeytyy lähinnä raskaisiin tavarajuniin. Tärinän voimakkuus riippuu junan painosta ja sen pituudesta /22/. Pahimmilla tärinäalueilla raskaiden tavarajunien nopeuksia on paikallisesti jouduttu laskemaan 11 kohteessa, joista yhdessä on kyse tutkimuskohteesta /22; 24, s. 1/. Akselipainojen korotus 250 kN:iin lisää tärinäongelmien määrää. Nopeiden, mutta kevyiden matkustajajunien ei katsota aiheuttavan tärinää ongelmaksi asti. /22/

Tulevaisuudessa tärinästä aiheutuvien nopeusrajoitusten määrä saattaa lisääntyä. Jos tärinälle asetetut raja-arvot tiukentuvat nykyisestä, uusia tärinästä aiheutuvia nopeusrajoituksia voidaan joutua asettamaan mm. rataosille Oulu–Kontiomäki, Turku–Toijala sekä Raahe–Oulu. /22/

4.2 Stabiliateetti- ja painumaongelmien ratkaisumenetelmät

Radan stabiliateetin parantaminen tehdään yleensä rakentamalla radalle vastapenkereitä. Vastapenkereen rakentamisella voidaan lisätä radan sivusuuntaista vakavuutta. Ongelmallisimmissa paikoissa vastapenkereen rakentaminen ei kuitenkaan riitä, vaan tällöin on turvauduttava paalulaatan asentamiseen. /5/ Myös maaperän stabilointia tai massanvaihtoa voidaan käyttää erityisesti rakennettaessa uusia ratoja. Lisäksi raiteen suuntaisen teräsponttiseinän rakentaminen parantaa radan stabiliateettia /15, s. 29/.

Vastapenkereen rakentamisen ongelmana on kuitenkin sen aikaansaama radan kokonaispainumisen lisääntyminen. Vastapenkereiden rakentamisella radan kokonaispaino kasvaa, jolloin pohjamaalle tuleva kuormitus lisääntyy. /5/

4.2.1 Nykytilanne sekä vahvistamiskustannukset

Koottua tietoa rataverkon tilanteesta ei ole olemassa. Stabiliateetin parannustarpeet tulevat esille yleensä suunniteltaessa rataosan perusparannustoimia. Tästä syystä rataverkon stabiliateetin parannus- ja painumien korjaustarpeita on arvioitava viimeaikaisten geoteknisten tarveselvitysten pohjalta. /5/

Vuosina 1999–2003 tutkittiin seitsemän rataosan pohjarakenteiden stabiliateetti-tilannetta sekä alusrakenteeseen kuuluvana pengerlevyyden riittävyttä. Nämä rataosat ovat Riihimäki–Kouvola, Kouvola–Joensuu, Seinäjoki–Oulu, Jyväskylä–Pieksämäki, Pieksämäki–Kuopio, Kouvola–Pieksämäki ja Toijala–Turku. Rataosien yhteispituus on 1 250 km. Tutkimukset tehtiin rataosien korvaus-perusparannustarkastelun yhteydessä. Selvitysten suositukset kustannusarvioineen ilmenevät taulukosta 4.1 /9, s. 55; 10, s. 33; 15, s. 39; 19, s. 62–63; 20, s. 38–44; 25, s. 37; 26, s. 8/. Kustannusarvioissa on huomioitu vahvistamiskustannukset sekä pengerlevitystöillä että ilman niitä. Vertailujen

tekemistä vaikeuttaa mm. se, että joissakin selvityksissä pengerlevityksen kustannukset on laskettu päällysrakenteen uusimiskustannuksiin tai ne on sisällytetty muiden vahvistamistöiden kustannuksiin.

Taulukko 4.1. Pohjamaan vahvistamis- ja pengerleveyden lisäämistarve.

Rataosa	km	kust.arvio M€ ilman pengerlev.	kust. €/km ilman pengerlev.	kust. arvio M€ penger- levityksellä	kust. €/km penger- levityksellä
Riihimäki–Kouvola	120	4,8	39 750	7,4	61 750
Kouvola–Joensuu	316	9,3	29 430	30,0	94 937
Seinäjoki–Oulu	335	21,4	63 881	21,4	63 881
Jyväskylä–Pieksämäki	80	0,8	9 500	1,5	18 750
Pieksämäki–Kuopio	84	2,8	33 452	4,4	52 619
Kouvola–Pieksämäki	185	9,7	52 595	11,4	61 730
Toijala–Turku	130	8,3	63 923	8,3	63 923
Yhteensä	1250	57,1	45 664	84,5	67 568

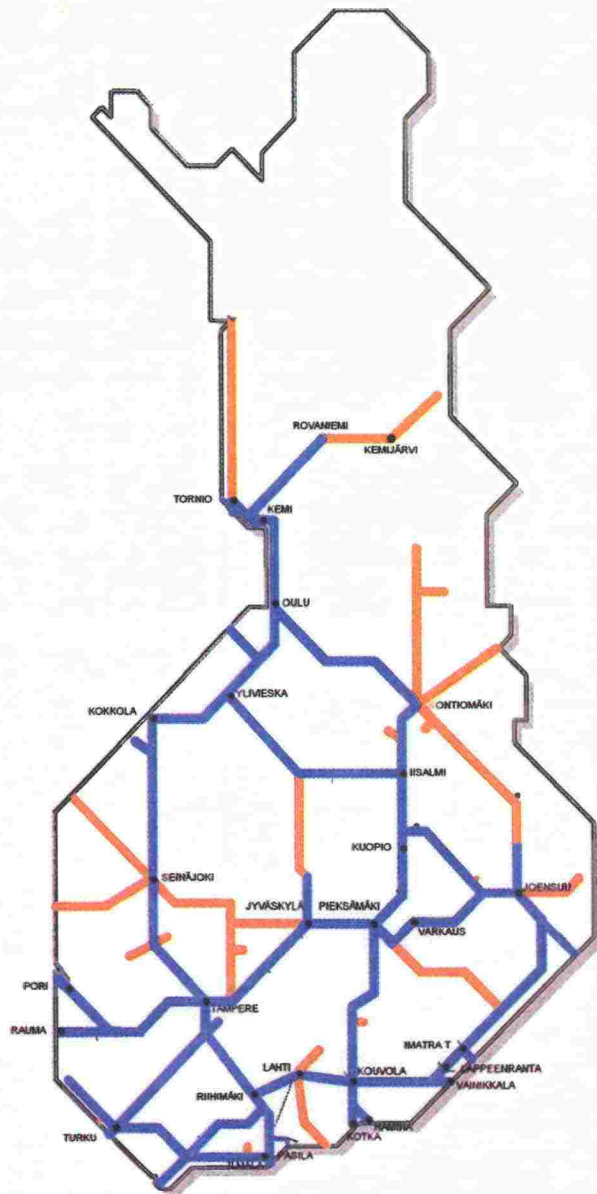
Tutkimusten laskelmien mukaan vahvistamiskustannusten keskiarvo on noin 46 000 euroa/kilometri. Taulukosta havaitaan, että rataosan Jyväskylä–Pieksämäki vahvistamistarve on selvästi muita vähäisempi. Jättämällä tämä rataosa pois keskiarvo nousee yli 48 000 euron kilometriä kohti.

Näiden esimerkkien perusteella voidaan karkeasti arvioida, että radan alusrakenteiden ja pohjamaan vahvistustarpeen kustannukset ovat keskimäärin 50 000 euroa/kilometri. Pengerlevitysten ottaminen mukaan laskelmiin nostaa kustannukset noin 70 000 euroon kilometrille. On huomattava, että vastapenger-, paalutus- ja pengerlevitystöitä ei tehdä yksittäisen rataosan koko mitalle, vaan ainoastaan niihin paikkoihin, joissa tarve on todettu. Edellä mainitut summat kuvaavat siis nauhakustannuksia.

Pohjamaan vahvistamistarve ja pengerleveyden lisäämistarve lienee edellä mainitun suuruinen kaikilla rataosilla, joiden nopeustaso on tai tulee olemaan yli 140 km/h ja jotka kuuluvat 250 kN akselipainon tavoiteverkkoon.

Vuonna 2000 valmistuneessa vähäliikenteisten ratojen toimenpideselvityksessä tutkittiin vähäliikenteisten rataosien Isokylä–Kellosekä, Kontiomäki–Taivalkoski/Ämmänsaari, Porokylä–Vuokatti, Äänekoski–Haapajarvi ja Huutokoski–Savonlinna tilannetta painumien suhteen. Selvityksessä todetaan, että painuminen ei ole näillä rataosilla ongelma käytettäessä nykyisiä nopeuksia ja akselipainoja. Painuvia radankohtia yhteensä 567 ratakilometristä oli vain 1,7 km eli 0,3 %. /14, s. 10./

Ratojen stabiliteetin kannalta tilanne on toinen. Radan vahvistustarve ei juuri riipu sen kuormituksesta tai nopeustasosta. Niinpä vahvistustyöt ovat näilläkin rataosilla teknisesti tarpeellisia. /13/ Lisäksi vahvistustöitä tarvitsevat kaikki muutkin rataosat, joiden nopeustaso on alle 140 km/h ja joille ei ole suunnitteilla akselipainon nostotoimia. Sen sijaan pengerlevityksiä rataosille ei tarvitse tehdä. Pohjamaan vahvistus- ja pengerlevitystarve käy selville kuvasta 4.1.



Kuva 4.1. Pohjanvahvistus- ja pengervahvistustarpeet. Kartassa on kuvattu sinisellä ne rataosat, joilla tarvitaan sekä pohjanvahvistus- että pengervahvistustöitä. Oranssilla on merkitty rataosat, jotka vaativat pohjanvahvistustöitä.

Pohjamaan vahvistus- ja pengereen levitystyöt oletetaan tehtäväksi kunkin rataosan seuraavan suuremman päällysrakenteen uusimistyön yhteydessä. Edellä mainitut kustannukset lasketaan kaikille rataosille, koska tarkkoja tietoja yksittäisten rataosien pohjamaan vahvuuksista tai pengerveveyden riittävydestä ei ollut saatavilla.

Koska pehmeillä tapahtuu jatkuvaa ratapengereen hidasta painumista, on oletettavaa, että mm. vastapengereitä joudutaan tulevaisuudessa täydentämään radan stabiiliteetin varmistamiseksi. Vastapengereiden täydentämis- ja uusimistöitä jouduttaneen karean asiantuntija-arvion mukaan tekemään noin neljäsosalle ratapituudesta noin 30 vuoden päästä ensimmäisten vahvistustöiden suorittamisesta. /13/ Tällöin töiden nauhakustannuksiksi muodostuu noin $(0,25 * 50\,000 \text{ euroa/km}) = 12\,500 \text{ euroa/ratakilometri}$.

4.2.2 Laajat pehmeikköalueet

Rataosalla Lahti–Kouvola oleva Suurisuon osuus on aikanaan rakennettu hirsiarinan päälle. Pohjamaa on turvetta ja sen alapuolella on liejua ja savea /6/. Vuonna 2002 tehdyn selvityksen mukaan pohjaolosuhteiden parantaminen radan nykyisellä paikalla on erittäin vaikeaa. Ainoana ratkaisuna osuuden stabiliteetin parantamiseen pidetään ratalinjan oikaisua noin kolmen kilometrin matkalla. /20, s. 21./ Rataoikaisun kustannusarvio on selvityksen mukaan noin 14,3 milj. euroa /20, s. 49/. Geoteknisen selvityksen mukaan nopeustason tai akselipainojen nostoa ei voida suositella nykyisellä ratalinjalla, koska lisäkuormitus saattaisi aiheuttaa merkittävää pohjarakenteen stabiliteetin heikkenemistä /27, s. 12/.

Rataosalla Säkäniemi–Joensuu sijaitseva Tikkalan suoalueen radan päällysrakenne jätettiin uusimatta vuonna 1998 tehdyissä päällysrakennetöissä. Tarkoituksenmukaisimmaksi uusimistavaksi valittiin rataoikaisun tekeminen noin 8 kilometrin matkalle /28/. Oikaisun tekeminen on kuitenkin lykkääntynyt /19, s. 19/. Vuonna 1999 tehdyn rataosan Kouvola–Joensuu tarveselvityksen mukaan oikaisun kustannusarvio on 14,5 milj. euroa /19, s. 62/.

Edellä mainitut rataosat kuuluvat 250 kN akselipainon tavoiteverkkoon. Ilman oikaisujen rakentamista akselipainon nostoa ei voida suorittaa. Siten tarvittavat työt tuleekin suorittaa lähivuosina. Koska tarkkoja suunnitelmia ei ole, oikaisut arvioidaan tehtäväksi vuosina 2008–2010.

Edellä mainittujen kahden kohteen lisäksi rataosalla Turku–Toijala sijaitsevien Kiimatsuon ja Ermanninsuon sekä rataosalla Orivesi–Jyväskylä sijaitsevan Oriselän pehmeikköalueet tullevat vaatimaan tarkastelujaksolla toimenpiteitä. Kohteiden geotekniset tutkimukset ovat kuitenkin kesken, joten pohjamaan parannuksen tai radan siirron kustannusarvioita ei tässä yhteydessä voida antaa. /21/

Tulevaisuudessa tulee aiheelliseksi myös ratapiha-alueiden pehmeikköjen kantavuuden selvittäminen. 250 kN akselipainon laajentaminen uusille rataosille tekee selvityksen aikaisempaa tärkeämmiksi. Jo nyt voidaan nähdä, että esimerkiksi rataosalla Kouvola–Kotka sijaitsevalla Kymin ratapihalla jouduttaneen merkittäviin parannustöihin. Lisäksi Ilmalan ratapihan pehmeikköongelmat tulevat aiheuttamaan merkittäviä kustannuksia ratapihan uudistamistyön yhteydessä. Näitä kustannuksia ei kuitenkaan tässä selvityksessä arvioida.

4.3 Tärinäongelman ratkaisumenetelmät

Tällä hetkellä tärinäongelman takia asetetut nopeusrajoitukset ovat voimassa toistaiseksi. Tulevaisuudessa tärinäongelmat onkin tarkoitus poistaa erilaisilla korjaustoimilla, mikäli rahoitus sen sallii. Useiden korjausmenetelmien ongelmana ovat niiden aiheuttamat merkittävät liikennehaitat.

4.3.1 Paalulaatta

Tällä hetkellä parhaana ja toimivimpana ratkaisuna pidetään paalulaatan rakentamista tärinäalueelle. Korjaustoimissa yksiraiteisen radan liikenne joudutaan katkaisemaan

jopa viikoiksi. Kaksiraiteisella radalla korjaustyöt eivät aina vaadi liikennekatkoa. Paalulaatan asennustyön kustannukseksi muodostuu noin 3 000–4 000 euroa/raidemetri. /22/

4.3.2 Vaimennusseinä

Ruotsissa on kehitetty järjestelmä, jossa radan ja asutuksen väliin asennetaan maan-alainen vaimennusseinä /22/. Seinämä katkaisee maakerroksia pitkin etenevän värähtelyaallon. Seinämä on yhdistelmä rakenne, jossa 2 metrin syvyisen avo-ojan pohjan alla on 6 metriä korkea kaasutäytteinen vaimennusmatto. Ruotsalaisten kokemusten mukaan tärinä taso on ilmatäytteisellä seinämällä alentunut 50–70 %. /29, s. 10./ Tulokset seinän toimivuudesta tärinän pysäyttäjänä ovat siten varsin ristiriitaisia /22/. Oulun Heikkilänkankaan tärinäalueelle tehdyn tärinähaitan alentamisselvityksen mukaan seinämän kustannukseksi muodostuu noin 1 700–3 400 euroa/metri /29, s. 11/.

4.3.3 Syvästabilointi

Syvästabiloinnilla tarkoitetaan pehmeään pohjamaahan tehtyjä savesta ja erilaisista sideaineista tehtyjä pilareita. Erilliset pilarit voivat muodostaa esimerkiksi seinämäisen rakenteen. /6/ Tämän menetelmän kustannuksista ei tällä hetkellä ole tarkkaa tietoa. Menetelmän käytettävyyden selvittämiseksi RHK harkitsee osallistumista syvästabilointiselvitykseen. /22/

4.3.4 Asfalttirakenne

RHK on tällä hetkellä mukana asfalttirakenneselvityksessä. Vuonna 2004 Nikkilän tärinäalueelle tullaan rakentamaan koeosuus. Menetelmässä radan välikerrokseen tehdään asfalttikerros. Kerroksen uskotaan vähentävän junasta aiheutuvaa tärinää. Tämän ratkaisun kustannukseksi arvioidaan noin 1 000 euroa/raidemetri. /22/

Jo 1990-luvulla asfalttirakenteita on rakennettu mm. Helsinki–Turku-rataosalle. Näissä koekohteissa tarkoituksena oli kuitenkin lähinnä parantaa radan kantavuutta, eikä niillä haettu parannusta tärinäongelmaan. /30/

4.3.5 Tärinäongelmien poistokustannukset

Edellä käsitellyn perusteella paras ratkaisu tärinäongelmien poistoon on paalulaatan rakentaminen. Kustannukset ovat aina tapauskohtaisia sen mukaan, joudutaanko rataa siirtämään tärinäalueella. Tässä selvityksessä kustannukseksi arvioidaan 3 500 euroa/raidemetri. Tärinäkohteiden määrän kasvua tulevaisuudessa on erittäin vaikea arvioida, joten niiden aiheuttamia kustannuksia ei tässä oteta huomioon. Taulukossa 4.2 on lueteltu tämänhetkiset tärinäkohteet, niiden pituudet ja arvioidut kustannukset. Tärinäkohteet oletetaan korjattaviksi kyseessä olevan rataosan seuraavan päällysrakenteen uusimisen yhteydessä. Nämä kustannukset on koottu liitteen 1 rataosakohtaiseen kustannustaulukkoon.

Taulukko 4.2. Tärinäkohteiden korjauskustannukset

Kohde	Tärinäalueen pituus m	Tärinäalue rd-m	Kustannus eur/rd-m	Kustannus yht. eur.
Liminka	2300	2300	3 500	8 050 000
Koria (2-rait.)	3500	7000	3 500	24 500 000
Kempele	1100	1100	3 500	3 850 000
Hollola (2-rait.)	2300	4600	3 500	16 100 000
Lahti (2-rait.)	400	800	3 500	2 800 000
Jokela (2-rait.)	2000	4000	3 500	14 000 000
Nikkilä	1310	1310	3 500	4 585 000
Myllykoski (2-rait.)	1600	3200	3 500	11 200 000
Kurikka	1500	1500	3 500	5 250 000
Muhos	4000	4000	3 500	14 000 000
Heikkilänkangas	600	600	3 500	2 100 000
yhteensä		30410		106 435 000

4.4 Pohjamaasta aiheutuvat korvausinvestointikustannukset

Pohjamaan vahvistamisesta aiheutuvat kokonaiskustannukset on käsitelty luvussa 5 Päälysrakenne.

5 PÄÄLLYSRAKENNE

Päällysrakenteella tarkoitetaan radan päällimmäistä rakenneosaa, johon kuuluvat radan tukikerros ja raide kiskoineen ja pölkkyineen sekä vaihteet /31, s. 6/. Päällysrakenteen tarkoituksena on kantaa sille tuleva liikenteen aiheuttama kuorma ja siirtää ja jakaa dynaamiset voimat edelleen alusrakenteeseen. Vaihteet on tässä selvityksessä käsitelty omassa päällyvussaan.

Kiskojen ja tukikerroksen elinkaaren pituuteen vaikuttaa ennen kaikkea liikenteen aiheuttama kuormitus. Esimerkkinä voidaan mainita, että maamme vilkkaimmilla rataosilla liikenteen kuormitus on 15–20 Mbrt vuodessa raidetta kohti.

Päällysrakennetöiden suoritettavuuteen vaikuttaa suuresti liikenteen tiheys. Päällysrakenteeseen kohdistuvat työt voidaan tehdä ainoastaan liikenteen sallimissa työraoissa. Työrajojen lyhyys lisää työvaiheita ja vaikeuttaa siten töiden suorittamista sekä nostaa kustannuksia.

5.1 Tukikerros

Tukikerroksen tehtävänä on tukea raidetta sivu- ja pystysuunnassa, pitää raide geometrisesti oikeassa asennossa ja asemassa, jakaa junaliikenteen aiheuttamat kuormat alusrakenteelle ja muodostaa kiskoille ja pölkkyille kantava alusta. Tukikerroksen materiaalin tulee lisäksi olla rakenteeltaan sellaista, että sade- ja sulamisvedet pääsevät valumaan pois, eivätkä jää seisomaan tukikerrokseen. Tukikerroksen materiaaleina käytetään raidesoraa tai -sepeliä. /31, s. 6; 32, s. 11./ Vuoden 2002 lopussa Suomen rataverkon 6446 kilometrin pääraidepituudesta 5134 raidekilometriä oli sepelöity /33/.

Nykyaikaisen rautatien tukikerrosmateriaali on sepeli, jonka raekoko on 32–64 mm /34, s. 16/. Karkeana materiaalina se antaa raiteelle paremman tuen. Tällöin raide on helppo pitää oikeassa asemassa ja asennossa. Soratukikerroksen omaavat radat ovat luonteeltaan vähäliikenteisiä ja näillä radoilla junien nopeudet ovat alhaisia. Tässä selvityksessä keskitytäänkin raideseppelin elinkaaren selvittämiseen. Tulevaisuudessa sepelöidyn rata-pituuden määrä tulee kasvamaan päällysrakenteeseen kohdistuvien korvausinvestointien johdosta.

Tukikerroksen paksuus on puupölkkyraiteessa 45 cm ja betonipölkkyraiteessa 55 cm /31, s. 20/. Sepelitukikerroksen leveys on puupölkkyraiteessa 4,9 m ja betonipölkkyraiteessa 5,1 m. /31, liite 1/. Näin ollen tukikerroksen sepelimenekki on puupölkkyraiteessa noin 2,2 m³/raidemetri ja betonipölkkyraiteessa 2,8 m³/raidemetri.

5.1.1 Raideseppelin elinkaari

Raideseppelin elinkaari riippuu suuresti kiviaineksen ominaisuuksista sekä liikenteen aiheuttamasta kuormituksesta. Raidesepeliltä vaaditaan ominaisuuksina mm. iskevän ja hiovan kulutuksen kestoa, soveltuvaa raemuotoa, vähäistä rapautumisalttiutta ja hienoainespitoisuutta sekä huonoa vedensitomiskykyä. /34, s. 16./

Liikenteen kuormituksen seurauksena raidesepelissä tapahtuu hidasta, mutta jatkuvaa jauhautumista. Jauhautumisen seurauksena tukikerrokseen muodostuva hienoaines

heikentää raiteen geometristä asemaa. Hienoaines sitoo myös vettä, minkä johdosta jauhautuminen ja rapautuminen nopeutuvat edelleen. /34, s. 24./

Sepelin jauhautuminen johtaa ajan mittaan tukikerroksen tiivistymiseen. Tällöin tukikerros ei läpäise vettä ja sadevedet jäävät tukikerrokseen. Vesi hioo yhdessä hienoaineksen kanssa sepelimateriaalia ja pölkkyjä yhä enemmän. Hienoaines muodostaa noin 10–12 cm pölkyn alapuolelle kovan, tiivistyneen kerroksen, jolloin tukikerroksen liikennekuormituksen dynaamisia voimia vaimentava vaikutus vähenee. Tällöin liikenteen kuormitus kohdistuu yhdelle tasolle, ratapölkyn ja tukikerroksen kosketuspinnalle. Pölkyn alle syntyy tyhjä tila, jolloin liikenteen kuormitus siirtyy tukikerrokseen terävänä iskuna. Tästä seuraa mm. betonipölkkyjen murtumia ja katkeamia. Tukikerroksessa oleva vesi vaikuttaa osaltaan myös radan routimiseen. /34, s. 24./

Jauhautumisen seurauksena raiteen geometrinen asema ja asento heikkenee. Jauhautumisen edetessä raiteen oikomistyöt lisääntyvät eikä raidetta lopulta enää pystytä pitämään kunnossapitotoimien oikeassa geometrisessä asemassa ja asennossa. Tämä johtaa paikallisiin nopeusrajoituksiin ja pahimmillaan merkittäviin liikennehaittoihin myöhästymisten muodossa.

Raidesepelimateriaalin luokitteluksi on käytössä kolmiportainen lujuusluokitus. Luokitus määritellään materiaalille tehtävien haurausarvo- ja kuulamylykokeiden perusteella. /34, s. 17./ Raidesepelin kestoikällä tarkoitetaan liikennekuormitusta, joka aiheuttaa raidesepelin jauhautumisen tasolle, jossa sepelin puhdistaminen tai uusiminen tulee välttämättömäksi. Taulukossa 5.1 on esitetty eri lujuusluokitusten kestoikäarviot suhteessa junaliikenteen kumulatiiviseen kuormitukseen. /35, s. 2./

Taulukko 5.1. Raidesepelin kestoikä /35, s. 2/

Sepelin lujuusluokka	Kestoikä vähintään Mbrt
R1/R2	350
R3	250
R4	150

Eri rataosien erilaisen liikennekuormituksen johdosta RHK on määritellyt raidesepelin hankinta- ja toimitusohjeessaan sepelin lujuusluokat riippuviksi liikennemääristä taulukon 5.2 mukaan.

Taulukko 5.2. Liikennemäärien perusteella määräytyvät raidesepeliluokat /35, s. 14/

Raidesepelin lujuusluokka	Vuotuinen liikennemäärä
R1/R2	≥ 9 Mbrt
R3	$3 < \text{Mbrt} < 9$
R4	≤ 3 Mbrt

5.1.2 *Sepelin puhdistus*

Jauhautuneen sepelin osittaista uusimista kutsutaan sepelin puhdistukseksi. Puhdistuksessa liikennekuormituksen aikaansaama hienontunut kiviaines poistetaan tukikerroksesta. Poistetun aineksen tilalle palautetaan puhdistettu sepeli sekä lisätään uutta raide-sepeliä tarvittava määrä.

Sepelin hienoainespitoisuutta eli likaantumistasetta ilmaistaan rakeisuusluvulla. Rakeisuusluku saadaan tutkimalla tukikerroksesta, ratapölkyn pään vierestä 30–40 cm syvyydeltä pölkyn yläpinnasta otettua näytettä, joka seulotaan 25, 8 ja 1 mm seuloilla. Jokaisen seulonnan jälkeen mitataan läpimenneen aineksen massa ja samalla lasketaan sen prosentuaalinen osuus alkuperäisestä näytemassasta. Nämä prosenttiluvut lasketaan yhteen, jolloin saadaan tulokseksi rakeisuusluku. Suomessa sepelitukikerroksen puhdistusraja on rakeisuusluvulla ilmaistuna 88. /34, s. 37–38./

5.1.3 *Sepelinpuhdistuksen tarvearviointi*

Puhdistuksen tarvearviointia vaikeuttaa se, että ennen 1990-lukua raidesepeliltä ei vaadittu nykyisen kaltaisia lujuusluokituksia. Tukikerroksen jauhautuneisuusastetta onkin määritetty rakeisuuslukumittauksin. /36/

Vuosina 1993–2000 rakeisuuslukumittauksia on tehty yhteensä 2255 ratakilometrillä. Tulosten perusteella määritettiin eri rataosille laskennalliset puhdistusajankohdat, jotka määräytyvät pitkälti liikennekuormituksen mukaan. /37, s. 7./

Tässä selvityksessä sepelinpuhdistustarpeen ajankohtia arvioidaan edellä mainittujen rakeisuuslukumittausten tulosten perusteella. Vuoden 1995 jälkeen tapahtuneiden sepelinpuhdistusten ja sepelöntien yhteydessä oletetaan raidesepelin kuuluvan lujuusluokkaan R1/R2, jolloin sen laskennallinen kestoikä on 350 Mbrt.

5.1.4 *Raidesepelimateriaalin kustannukset*

Sepelimateriaali hankitaan työkohteeseen yleensä urakoitsijan toimittamana. Hankintakustannus on noin 17 euroa/m³. Hankintakustannus tosin vaihtelee kuljetusetäisyyksien ja lujuusluokan mukaan. /38/

5.2 *Ratapölkkyt*

Ratapölkkyjen tehtävänä on siirtää ja jakaa kiskoista välittyvä liikenteen aiheuttama kuormitus tasaisesti tukikerrokselle sekä antaa kestävä alusta kiskon kiinnityksille ja kiskolle /31, s. 19/. Suomen rataverkolla on käytössä pääosin kahdenlaisia ratapölkkyjä, betoniratapölkkyjä ja mäntypuuratapölkkyjä. Lisäksi muutamassa vaihteessa on käytössä erityisiä kovapuuratapölkkyjä, mutta näiden määrä on niin pieni, että se voidaan jättää tässä tutkimuksessa ottamatta huomioon. /39/

Yhdellä raidekilometrillä ratapölkkyjä on keskimäärin 1640 kpl. /40/

5.2.1 Betoniratapölkkyjen elinkaari

Betoniratapölkkyjä on käytetty Suomessa 1960-luvulta alkaen. Vielä 1970-luvulla betonipölkyn valmistamistekniikkaa ei täysin hallittua. Tämä näkyy vanhimmissa radassa olevissa pölkkyissä mm. päiden murtumina ja ennenaikaisena rapautumisena. /41/ Nykyisin uudelta pölkyltä vaaditaan 40 vuoden käyttöikä /42, s. 5/.

5.2.2 Betoniratapölkkyjen hankintakustannukset

Vuonna 2003 betonipölkkyt on tilattu kahdelta toimittajalta. Betonipölkyn hinnaksi muodostuu noin 50 euroa. Hankintakustannukseen sisältyy pölkky, kiskonkiinnitystarvikkeet sekä kuljetus tehtaalta ratatyömaalle. On huomattava, että hinta on keskiarvo-hinta. Työmaakohtainen hinta vaihtelee sen mukaan, kuinka etäällä ratatyökohte on pölkkyvarastosta. /43/ Yhden raidekilometrin pölkkyjen materiaalikustannukseksi muodostuu näin $1640 \text{ kpl} * 50 \text{ euroa/kpl} = 82\,000 \text{ euroa/raidekilometri}$.

5.2.3 Puuratapölkkyjen elinkaari

Puurapölkkyjen käyttöikä vaihtelee 20 ja 40 vuoden välillä. Käyttöikä riippuu suuresti rataosan liikennekuormituksen määrästä. Vähäliikenteisillä radoilla pölkyn käyttöikä voi ylittää 40 vuoteen, mutta vilkkaasti ja raskaasti liikennöidyillä osuuksilla käyttöikä saattaa kaarteessa jäädä 20 vuoteen. Pölkkyt kyllästetään kreosootilla lahoamistapahtuman hidastamiseksi. Kyllästämisestä huolimatta pölkky lahoaa ja kiskonkiinnitystarvikkeet pääsevät löystymään. Kiskon ja pölkyn välissä oleva aluslevy pääsee painumaan osittain pölkyn sisään. /44/. Esimerkki heikkokuntoisesta pölkkytyksestä nähdään kuvassa 5.1.



Kuva 5.1. Heikkokuntoista puupölkkytystä. Pölkkyistä kasvaa koivuntaimia, mikä on merkki pölkyn pitkälle edenneestä lahoamisesta.

Puupölkkyt hankitaan tällä hetkellä Oy VR-Rata Ab:n Haapamäen kyllästämöltä. Vuosittain radanpitoon on viime vuosina hankittu 100 000–120 000 kpl mäntypuuratapölkkyjä. /44/

5.2.4 Puuratapölkkyjen hankintakustannukset

Mäntypuuratapölkyn hinta riippuu sen varustetasosta, ts. kiskonkiinnitystarvikkeiden ja aluslevyjen käytöstä. Pölkkyistä noin 80 % hankitaan uusilla kiskonkiinnitystarvikkeilla varustettuina. Taulukko 5.3 osoittaa pölkkyjen hinnat eri kalustetasoilla. Hinnat sisältävät pölkyn, kyllästyksen, valitut kalusteet sekä kuljetuksen ratatyömaalle. /43/

Taulukko 5.3. Mäntypuuratapölkkyjen hankintakustannukset

Mäntypölkky, porattu	30 eur/kpl
Mäntypölkky kierrätysaluslevyillä	40 eur/kpl
Mäntypölkky uusilla aluslevyillä	60 eur/kpl

Koska kiskonkiinnitystarvikkeineen hankittujen pölkkyjen osuus on 80 %, voidaan keskimääräiseksi hankintakustannukseksi arvioida $0,8 \cdot 50 + 0,2 \cdot 30 = 46$ euroa/pölkky. Yhden raidekilometrin pölkytyksen materiaalikustannukseksi muodostuu näin $1640 \text{ kpl} \cdot 46 \text{ euroa/kpl} = 75\,440$ euroa/raidekilometri. Puuratapölkkyjen korvaaminen betoniratapölkkyillä vapauttaa kiskonkiinnitystarvikkeita kierrätykseen ja käytettäväksi uudelleen toisessa kohteessa. Esimerkiksi vuonna 2003 kiskonkiinnitystarvikkeita ei kuitenkaan vapautunut riittävästi ja niitä jouduttiin hankkimaan erikseen.

5.2.5 Ratapölkkyjen kierrätys

Raidetarvikkeiden kierrätystä säätelevät monet ympäristönormit. Betonipölkkyjä ei saa käyttää täytemaaksi kokonaisuena, vaan ne tulee murskata ja metalliosat tulee kerätä talteen. Puupölkkyjä ei niiden sisältämän kreosootin takia saa viedä kaatopaikalle eikä polttaa matalalämpökattiloissa. /43/

Betonipölkkyjä voi murskaamisen jälkeen käyttää mm. tienparannukseen ja piha-alueiden kunnostukseen. Käytetyt betonipölkkyt murskataan mahdollisimman lähellä ratatyökohdetta. Kierrätyskustannus on tällä hetkellä noin 5,30 euroa/pölkky sisältäen kuljetuskustannukset. Kuljetuskustannukset luonnollisesti vaihtelevat ratatyömaiden ja soveltuvan murskauspaikan muuttuessa työkohteen mukaan. /43/ Betonipölkkyjen hävittämisen kustannukseksi saadaan näin $1640 \text{ pölkkyä/kilometri} \cdot 5,30 \text{ euroa/pölkky} = 8\,692$ euroa/raidekilometri.

Puupölkkyt hävitetään polttamalla korkeassa, 850 °C lämpötilassa polttolaitoksissa Raumalla ja Kajaanissa. Hävityskustannukset ovat noin 1,70 euroa/pölkky sisältäen vaunusta purun, metalliosien poiston, haketuksen ja hakkeen ajon siiloon. Kuljetuskustannus ratatyömaalta käsittelyalueelle on keskimäärin 1 euro/pölkky. Kuljetuskustannus riippuu ratatyökohteen etäisyydestä polttolaitoksesta. Puupölkkyistä uudelleen käyttöön soveltuvia on 5–7 %. Näitä pölkkyjä käytetään vähäliikenteisillä radoilla, sivuradoilla sekä ratapihoilla. /43/

Jos puupölkkyistä menee suoraan hävitettäväksi noin 94 %, hävittämisen laskennalliseksi nauhakustannukseksi saadaan edellä esitettyyn perustuen $0,94 \cdot 2,70 \text{ euroa/pölkky} = 2,50$ euroa/pölkky. Tästä saadaan laskennalliseksi yhden raidekilometrin pölkytyksen hävittämiskustannukseksi $1640 \text{ pölkkyä/km} \cdot 2,50 \text{ euroa/pölkky} = 4\,100$ euroa/raidekilometri.

5.3 Kiskot

Suomessa on käytössä neljää eri kiskotyyppiä. Ne ovat K30, K43, 54 E1 ja 60 E1 /31, s. 33/. Kiskotyypin tunnuksessa luku tarkoittaa kiskon metripainoa. Eri kiskotyyppien osuudet rataverkon 6446 km:n pääraidepituudesta ilmenevät taulukosta 5.4. /33/

Taulukko 5.4. Kiskotyyppien jakauma

Kiskotyyppi	Raidekm
60 E1	1 776
54 E1	3 120
K 43	813
K 30	737
Yhteensä	6 446

5.3.1 Kiskojen elinkaari

Kiskojen kestävyys riippuu pääosin kiskotyypistä ja liikenteen aiheuttaman kuormituksen suuruudesta. Kiskoissa tapahtuvan korroosion ei nykytietämyksen valossa katsota aiheuttavan kiskojen eliniän lyhenemistä. Liikenteen kuormitus aiheuttaa kiskossa hidasta väsymistä ja yllirasitus johtaa kiskon myötörajan lähestymiseen. /41/

Kiskon käyttöiän määrittämisen pohjaksi eri kiskoprofiileille on määriteltä laskennalliset vaihtorajat. Ratateknisten määräysten ja ohjeiden mukaiset vaihtorajat ilmenevät taulukosta 5.5.

Taulukko 5.5. Kiskotyyppien laskennalliset vaihtorajat. /31, s. 43/

Kiskotyyppi	Laskennallinen vaihtoraja Mbrt
K 30	30
K 43	150
54 E1	300
60 E1	450

Nykyaikainen rautatie vaatii vähintään 54 E1 -kiskot. /45/ Nykyisin pääraiteissa käytössä olevat K 30 ja K 43 -kiskotukset tullaan korvaamaan niiden elinkaaren päässä 54 E1 tai 60 E1 -kiskotyypin kiskoilla.

5.3.2 Kiskoissa havaitut ongelmat

Ongelmia aiheutuu eniten yli-ikäisestä kiskosta, jonka laskennallinen käyttöikä on ylittynyt. Käyttöiän ylitys näkyy kiskon katkeamina ja murtumina. Näitä on viime vuosina tapahtunut noin 50 kpl vuosittain. /41/ Pohjoismaissa tehtyjen tutkimusten mukaan kiskojen vioista noin 40 % aiheutuu kiskojen hitsauksista /32, s. 34/

Luccinin vuosina 1995–1996 toimittamissa 60 E1 -kiskoissa ja Imatra Steelin vuosina 1980–1988 toimittamissa 54 E1 -kiskoissa on havaittu valssausprosessissa tapahtuneita virheitä. Mainittua valmistusvirheestä kärsivää kiskomateriaalia on noin 200 ratakilometriä. Välitöntä vaihtotarvetta kiskoille ei kuitenkaan eräitä poikkeustapauksia lukuun ottamatta ole ilmennyt. Kiskojen kuntoa seurataan tehostetusti ja yksittäisiä virheitä ja vikoja poistetaan vuosittain. /41/

5.3.3 Kiskojen hankintakustannukset

Uutena kiskona hankitaan pääasiassa 60 E1 -tyypin kiskoa. Maahan saapumisen jälkeen ne hitsataan määrämittäisiksi Oy VR-Rata Ab:n kiskohitsaamolla Kaipiaisissa. Tämän jälkeen kiskot siirretään vaunukuljetuksina ratatyökohteeseen. Uuden kiskon hankinta- ja hitsauskustannukset ilmenevät taulukosta 5.6 /43/.

Taulukko 5.6. Kiskon hankinta- ja hitsauskustannukset

60 E1	euroa/tonni	euroa/kiskometri	euroa/raidekilometri
Kiskomateriaali	420	25,2	50 400
Hitsaus ja lastaus	40	2,4	4 800
Kuljetus	50	3,0	6 000
Yhteensä	510	30,6	61 200

Myös 54 E1 -kiskoa hankitaan, tosin vain vähäisiä määriä. Kiskon hankintakustannukset ovat raidekilometriä kohti käytännössä samat kuin 60 E1 -kiskolla. /43/

5.3.4 Kiskon kierrätys

Elinkaaritaloudellisesti on järkevää vaihtaa radassa olevat kiskot uusiin jo ennen niiden laskennallista vaihtorajaa eli teknistä väsymisrajaa. Kiskon elinkaaren loppupäässä kiskoissa havaittavat vikamäärät ja kuluneisuus kääntyvät kasvuun ja kiskoista aiheutuvat kunnossapitotyöt lisääntyvät lähestyttäessä vaihtorajaa.

Vaihtamalla suuren liikennekuormituksen alla olevat kiskot uusiin ja kunnostamalla vanhat kiskot, soveltuvat vanhat kiskot käytettäväksi uudelleen vähemmän kuormitetuilla rataosilla, joilla myös edellä mainittu vikojen esiintyminen on hitaampaa ja hallittavampaa. Nykytilanteessa optimaalisina kiskon kierrätysrajoina eri kiskotyypeille voidaan pitää taulukossa 5.7 mainittuja arvoja /46/.

Taulukko 5.7. Kiskon ohjeelliset kierrätysrajat

Kiskoprofiili	vaihtoraja Mbrt	kierrätysraja Mbrt	käytettävissä Mbrt
54 E1	300	200–250	50–100
60 E1	450	300–350	100–150

Kierrätysrajaa ei yksiselitteisesti voida etukäteen määritellä, vaan optimaalinen kierrätysajankohta riippuu monessa tapauksessa muista radan päällysrakenteelle tehtävistä töistä.

Yli vaihtorajan kuluneet kiskot romutetaan yleensä suoraan, eikä niitä kunnosteta. Kunnostettavat kiskot jaetaan niiden kuluneisuuden mukaan neljään luokkaan. Parhaaseen luokkaan päästäkseen kiskon kuluneisuus saa olla yläpinnalla enintään 2 mm ja kulkureunalla 1 mm. /47; 48; 49, s. 3./

5.3.5 Kiskon kunnostamisen kustannukset

Kierrätettävät kiskot kunnostetaan tällä hetkellä Oy VR-Rata Ab:n Kaipaisten kisko-hitsaamalla. Kunnostuksessa kiskot ultraäänikuvataan mahdollisten vikojen löytämiseksi. Samoin vanhat kiskohitsit ja sidekisko- ym. reiät poistetaan. /47/ Lopuksi kiskot hitsataan haluttuun mittaan, yleensä 50 m tai 150 m pitkiksi kiskoiksi. 54 E1 -kisko-tyypin kunnostuksen kustannukset ilmenevät taulukosta 5.8 /38/.

Taulukko 5.8. Kiskon kunnostuksen kustannukset

Kiskon pituus	kustannus eur/jm	kustannus eur/raidekm
25 m	10,8	21 600
50 m, 150 m	8,6	17 200

5.3.6 Kierrätykseen kelpaamattomat kiskot

Kunnostukseen kelpaamaton kiskomateriaali myydään romuksi. Romuteräksestä saatava hinta määräytyy maailmanmarkkinahintojen mukaan ja hinnat vaihtelevat voimakkaasti. Tällä hetkellä kiskoromusta saadaan noin 68 euroa/tonni. /38/ Näin esimerkiksi romutettavan K 43 -kiskotuksen yhden raidekilometrin kiskomäärästä saadaan noin 5 850 euroa.

5.3.7 Kiskonhionta, kuluminen ja yksittäisvaihto

Kiskot kuluvat elinkaarensa aikana melko tasaisesti, tosin kaarrepaikoissa suoraa raidetta huomattavasti enemmän /41/. Kuormitus lisää kulumista /50/. Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa on päädytty suosittelemaan seuraavanlaisia hiontavälejä:

- Pienisäteiset kaarteet ($r \leq 700$ m) 15 Mbrt
- Loivat kaarteet 30 Mbrt
- Suorat rataosuudet 45 Mbrt. /32, s. 33./

Suomessa hiontaa on kuitenkin käytetty vähemmän, koska siitä saatavan hyödyn on katsottu jäävän vähäiseksi. Suurimmat hionnasta saatavat hyödyt ovat melun vähentyminen, kulkukitkan pienentyminen ja alkavien pintavikojen poisto. /41/

Tulevaisuudessa kiskonhiontaa suunnitellaan tehtäväksi noin 300 raidekilometriä vuodessa. Hiontatyö suoritetaan ulkomailta tilattavalla hiontajunalla. /50/ Hionnan kustannuksiksi arvioidaan 1,5 milj. euroa vuodessa /51/.

Radan voimakkaan kaarteisuuden takia kaarrekiskoja joudutaan vaihtamaan vuosittain mm. rataosilla Luumäki–Vainikkala ja Kerava–Sköldvik. Näillä rataosilla kulumista lisää raskaan venäläisen kaluston suuri osuus liikenteestä. Nämä työt tehdään kunnossapidon erikseen tilattavina töinä. /52/

5.4 Päälysrakenteen uusimismenetelmät

Päälysrakenteen eri komponenttien elinkaaren päässä tarvitaan korvausinvestointeja radan säilyttämiseksi liikennöitävässä kunnossa. Tyypillisesti päälysrakennetta uusittaessa tärkeysjärjestys on ikääntymisen takia pölkkyt, kiskot ja tukikerros /53/.

Monien työmenetelmien työsuorituksen jälkeen raide tulee tukea, stabiloida ja harjata. Nämä työvaiheet tehdään keskimäärin 2–3 kertaan /54, s. 34–35/. Raiteen tukemisella tarkoitetaan tukikerroksen raidesepelin tiivistämistä pölkkyjen alle ja sivuille niin, että raide saadaan vaaka- ja pystysuunnassa halutulle paikalle. Tukemisella saadaan aikaan kantokykyinen alusta ratapölkylle. /55, s. 10./ Tukeminen tehdään tukemiskoneella, jolla rataa voidaan myös oikoa. Stabiloinnissa tukikerroksen sepeliä tiivistetään rasittamalla rataa keinotekoisesti tärisyttämällä, ja se vastaa 100 000 brt:n liikennekuormitusta. Raiteen harjauksen tarkoituksena taas on saada sepeli pois pölkkyjen päältä ja saada raide haluttuun poikkileikkausmuotoon. Työssä käytetään erityistä sepeliharjaa. /56, s. 12./

Tuentatöiden yhteydessä raiteen geometria muuttuu, jolloin kiskoihin kertyvät jännitykset poistetaan katkaisemalla kisko sopivasta kohdasta ja neutraloimalla se. Kiskon neutraloinnilla tarkoitetaan kiskon saattamista neutraalilämpötila-alueelta vastaavaan neutraalipituuteen. Neutraalilämpötila on kiskotöissä 17...22°C. /57, s. 14./ Katkaisemisen jälkeen kisko hitsataan uudelleen jatkuvaksi.

Näiden töiden laskennallinen yhteiskustannus on noin 23,50 euroa/raidemetri. /58/

Ratatöiden yhteydessä mm. turvalaitteiden ja sähköratalaitteiden maadoitus- ym. johtoja joudutaan irrottamaan radasta työn ajaksi. Lisäksi taseoristeysten kansirakenteet joudutaan tilapäisesti purkamaan. /54, s. 4./ Näiden töiden kustannustietoja kerättiin yhdeksästä muustakin ratatyökohteesta. Vertailukustannukset käyvät ilmi taulukosta 5.9.

Taulukko 5.9. Turvalaitteisiin, sähkörataan ja tasoristeuksiin kohdistuvien oheistöiden kustannuksia, euroa/raidemetri.

Työkohte	turvalaite	sähkörata	tasoristeys
kohde 1	0,3	ei	3,6
kohde 2	0,1	ei	4,3
kohde 3	0,2	ei	2,3
kohde 4	2,5	2,1	1,4
kohde 5	1,3	4,9	1,8
kohde 6	0,8	ei	1,8
kohde 7	0,5	ei	7,6
kohde 8	2,4	1,1	2,9
kohde 9	1,4	ei	6,0
Sähköistetty rata			8,3
Sähköistämätön rata			4,0

Taulukon mukaan keskiarvokustannuksiksi muodostuu sähköistämättömällä radalla 4,0 euroa/raidekilometri ja sähköistetyllä radalla 8,3 euroa/raidekilometri /59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67/. Rataosalla Kouvola–Lelkola tehtyjen töiden vastaava kustannus oli 17,9 euroa/raidemetri /11, liite 4/. Rataosan Orivesi–Jämsänkoski päällysrakenteen uusimisselvityksessä päädyttiin 10 euron raidemetrinhintaan /12, s. 9/. Keskiarvoisesti voidaan sanoa, että sähköistetyllä ja turvalaittein varustetulla ratalinjalla mainittujen töiden kustannus on noin 10 euroa/raidemetri. Ratalinjalla, jolla ei ole turvalaitteita eikä sähkörataa, kustannusten voidaan arvioida olevan noin 5 euroa/raidemetri. Tulevaisuudessa sähköistetty ratapituus tulee kasvamaan nykyisestä, joten keskimäärin näiden töiden kustannuksiksi voidaan arvioida noin 7,50 euroa/raidekilometri.

5.4.1 Raidesepelin puhdistus sepeliseulalla

Linjaosuuksilla sepeli yleisemmin puhdistetaan kuin uusitaan kokonaan. Puhdistus tapahtuu sepeliseulalla. Kiskoilla kulkeva laite seuloo tukikerroksen sepelin, poistaa hienoaineksen ja palauttaa käyttökelpoisen sepelin takaisin rataan lisäten tarvittavan määrän uutta sepeliä /56, s. 39/. Seulontajäte eli sepelin hienoaines tapauksesta riippuen joko johdetaan erilliseen vaunuun tai ohjataan hihnakuljettimella ratapenkkaan. Sepeliseulan työrakominiminä voidaan pitää kuutta tuntia, jolloin teholliseksi työajaksi jää noin kolme tuntia /58/. Työraosta kuluu kolme tuntia työkohteeseen siirtymiseen ja sieltä poistumiseen sekä töiden aloitus- ja lopetustoimiin /53/. Kuvassa 5.2 nähdään sepeliseula sepeli- ja routalevyvaunuineen.



Kuva 5.2. Sepelinseulonta. Etualalla sepelivaunut. /68, s. 1/

Tukikerroksen puhdistuksen kustannukset riippuvat tarvittavan uuden raideseppelin määrästä. Tosin sepelin hinta myös vaihtelee jonkin verran. Vuonna 2003 valmistuneen Kouvola–Lelkola -päälysrakenteen vaihtourakan työkustannusanalyysin mukaan sepelin seulonnan kustannukseksi materiaaleineen muodostui noin 95 euroa raidemetriä kohti. Sepeliä käytettiin 1,6 m³ raidemetriä kohti. Lisäksi kustannuksia muodostui mittauksista, tukemisista, harjauksista, stabiloinneista ja hitsauksista yhteensä 21 euroa/raidemetri sekä jälkitöistä yhteensä 16 euroa/raidemetri. /11, s. 1–2./ Rataosan Orivesi–Jämsänkoski päälysrakenteen uusimistöistä tehdyssä suunnitelmassa päädyttiin hieman eri työkoostumuksella 150 euron kokonaiskustannuksiin. /12, s. 9/. Kustannusten muodostuminen selviää taulukosta 5.10.

Taulukko 5.10. Sepelinseulonnan kustannuksia.

	Orivesi–Jämsänk.	Lelkola–Kouvola
Sepelinpuhdistustyö €/rd-m	40	35
Sepelimateriaali m ³ /rd-m	2,5	1,6
Sepelimateriaali €/m ³	24	22
Sepelin hinta €/rd-m	60	35
Sepelöintityö €/rd-m	sis. edelliseen	25
Tukeminen, harjaus, stab. €/rd-m	23	21
Hitsaus, neutralointi €/rd-m	15	sis. edelliseen
Viimeistely €/rd-m	12	16
Yhteensä €/rd-m	150	132

Rataosalla Orivesi–Jämsänkoski suunniteltiin käytettäväksi sepeliä enemmän kuin Lelkola–Kouvola -osuudella käytettiin. Asetelma kuvaa hyvin koko rataverkkoa, koska sepelin menekki vaihtelee suuresti eri työmaiden välillä. Näiden kahden esimerkitapauksen sepelin seulonnan kustannusten keskiarvo on 141 euroa/raidemetri. Muilla tutkituilla rataosilla ei ole ollut yhtenäistä kustannuspaikkajakoa. Monissa tapauksissa kustannukset on kirjattu suurina kokonaisuuksina, jolloin yksittäisten työvaiheiden kustannuksia on vaikea jälkepäin selvittää. Useampien vertailukelpoisten kohteiden

puuttuessa edellä mainittua keskiarvoa voitaneen pitää kohtuullisena arviona sepelinpuhdistuksen kustannuksista.

Sepelinseulonnan yhteydessä rata voidaan varustaa routaeristyslevyillä. Luvussa 3 Alusrakenne todettiin routaeristyskustannuksiksi noin 47 euroa/raidemetri, kun 75 % raiteen pituusmitasta eristetään. Pienemmän, 10 % eristystarpeen kustannuksen todettiin olevan noin 16 euroa/raidemetri.

Taulukon 5.9 esimerkkien avulla saadaan kuitenkin hyvä kuva kustannustasosta. Yhteenvetona voidaan arvioida, että sepelin puhdistamisen sekä routalevyjen asentamisen kustannus käytettäessä sepeliseulaa on 165–196 euroa raidemetrille. Kustannusten muodostuminen ilmenee taulukosta 5.11.

Taulukko 5.11. Sepelinpuhdistus- ja routalevyjen asennuskustannus sepeliseulaa käytettäessä.

	Sepelinpuhd. sis. materiaalit, tukemiset ym.	Routaeristys materiaaleineen	Turvalaite-, sähkörata- ja tasoristeystyöt	Yhteensä €/raidemetri
Sepelinpuhd. ja routaeristys 75 %	141	47	7,5	196
Sepelinpuhd. ja routaeristys 10 %	141	16	7,5	165

5.4.2 Sepelin poisto kaivinkonejyrsimellä

Kaivinkonemenetelmä soveltuu radoille, joilla ei liikenteellisistä syistä voida käyttää pitkää työrakoa, vaan on tyydyttävä 4–6 tunnin työraagoon. Menetelmässä kiskoilla liikkuvaan kaivinkoneeseen on liitetty jyrsin, joka poistaa tukikerroksen kaivamalla. Sepelin seulominen ja palautus rataan on vaikeaa ja työnlaatu on epätasainen. Menetelmä soveltuu parhaiten lyhyiden, 20–30 metrin kohteiden sepelin poistoon, eikä ole suositeltava työtapa linjatyöskentelyyn. Soveltuvia kohteita ovat esimerkiksi tasoristeysten kohdat. Ennen sepelin jyrsimisen aloittamista ratapenger täytyy kaivaa auki molemmin puolin. Lisäksi uusi sepeli täytyy tuoda paikalle erillisillä sepelivaunuilla. Asiantuntija-arvio kustannusten muodostuksesta ilmenee taulukosta 5.12. /69/

Taulukko 5.12. Sepelinpoistokustannukset kaivinkonemenetelmällä, euroa/raidemetri

Työtehtävä	työ	materiaali
Sepelin poisto jyrsimällä	6	
Ojien kaivu ja massojen käsittely	7,5	
Täyssepelöinti	32	48
Routalevyt		56
Tukeminen, harjaus, stabilointi	28	
Turvalaite- ja sähköratatyöt	7,5	
Yhteensä		185

Rataosalla Kuopio–Iisalmi tehtiin kesällä 2003 sepelin jyrsiminen 19 pistemäisessä kohteessa. Kohteiden keskipituus oli noin 17 metriä ja keskimääräiseksi kustannukseksi muodostui 350 euroa/raidemetri työraon ollessa 2,5 tuntia. Kustannuksiin ei sisällynyt tukemistöitä. Asiantuntijan arvion mukaan 2,5 tunnin työraossa saavutetaan normaalisti noin 30–40 metrin työsuoritus. /70/ Tällöin kustannukseksi muodostuu noin $((17/35)*350)=170$ euroa/raidemetri. Kun tukemistöiden kustannus lasketaan mukaan, kokonaiskustannusten voidaan arvioida olleen noin 200 euroa/raidemetri.

Kahden edellä käsitellyn esimerkin perusteella voidaan arvioida, että sepelin uusiminen jyrsimällä maksaa olosuhteista riippuen 185–200 euroa/raidemetri. Laskelmissa voitaneenkin käyttää kustannuksena keskiarvoa, joka on 193 euroa/raidemetri.

Alle neljän tunnin työraolla tukikerroksen uusiminen on tehotonta /71/. Tämä johtaa siihen, että usein töitä joudutaan tekemään öisin ja viikonloppuisin.

5.4.3 Kiskojen ja pölkkyjen vaihto raiteenvaihtokoneella

Raiteenvaihtokoneen avulla voidaan vaihtaa sekä pölkkyt että kiskot tai ainoastaan pölkkyt. Pelkkien kiskojen vaihto on kustannuksiltaan varsin kallista. Kone ei sovellu alle kuuden tunnin työrakoihin ja tehokas työskentely vaatii yleensä vähintään kahdeksan tunnin häiriöttömän työskentelyn. /58/ Vaihdettaessa puupölkkyt betonisiin tukikerroksen paksuutta lisätään vähintään 10 cm:llä. Tämä vaatii täydennyssepelöinnin suorittamista. Täydennyssepelöinnin sepelimenekki on noin $0,7 \text{ m}^3$ /raidemetri.

Kun raiteenvaihtokoneella vaihdetaan sekä kiskot että pölkkyt, asiantuntija-arvion mukaan kustannukset kohoavat noin 80 euroon raidemetriä kohti. /58/ Taulukossa 5.13 on esitetty kolmella eri rataosalla tehtyjen töiden kustannuksia /11; 65; 66/.

Taulukko 5.13. Raiteenvaihtokoneen työ- ja materiaalikustannuksia kiskon- ja pölkkyvaihdolle

Raiteenvaihtokoneen työ- ja materiaalikustannuksia, euroa/raidemetri				
Rataosa	raiteenvaihto	jatkuvaksi-hitsaus, neutralointi	täydennyssepelöinti materiaaleineen	tuenta, stabilointi, harjaus ja muut työt
Kouvola–Selänpää	47,6	15,2	21,7	11,9
Lappeenranta–Imatra	50,7	8,4	22,7	20,0
Imatra–Saari	44,5	10,0	ei tietoa	18,4
Raiteenvaihto ja sepelöinti			71,3	eur/raidemetri
Jatkuvaksihitsaus ja neutralointi			11,2	eur/raidemetri
Tuenta, stabilointi, harjaus ja muut keskim.			16,7	eur/raidemetri

Taulukosta ilmenee, että raiteenvaihdon kustannukset ovat täydennyssepelöinnillä keskimäärin 71 euroa/raidemetri. Muiden töiden kustannukset ovat noin 28 euroa/raidemetri sisältäen tuennat, harjaukset, stabiloinnit, neutraloinnit, hitsaukset sekä mittaukset ja dokumentoinnit. Lisäksi työssä tarvitaan turva- ja sähköratalaitteiden irrottaminen

ennen työtä ja niiden asennus töiden jälkeen sekä tasoristeysrakenteiden tilapäinen purkaminen. Näiden kustannus on 7,5 euroa/raidemetri. Kokonaiskustannuksiksi muodostuu keskimäärin 106,5 euroa/raidemetri.

Vaihdettaessa vain pölköt vanhat kiskot jäävät rataan. Raiteenvaihtokone nostaa vanhat pölköt kuljetustasolle ja siirtää uudet pölköt tukikerroksen päälle. Lisäksi tarvitaan raiteen stabilointi, tukeminen ja oikominen. Pölkynvaihdon kustannukseksi käytettäessä vanhoja kiskoja muodostuu asiantuntija-arvion mukaan noin 60 euroa/raidemetri. /58/ Esimerkkejä viime vuosina raiteenvaihtokoneella tehtyjen pölkynvaihtojen kustannuksista on lueteltu taulukossa 5.14 /64; 66; 67/.

Taulukko 5.14. Raiteenvaihtokoneella suoritettujen pölkynvaihtotöiden kustannuksia

Rataosa	kustannus €/raidemetri
Imatra-Saari	64,4
Laurila-Tornio	64,8
Viinijärvi-Varkaus	61,5
Keskimäärin	63,6

Taulukon 5.14 esimerkkien mukaan voidaan arvioida raiteenvaihtokoneella tehdyn pölkynvaihdon kustannukseksi noin 64 euroa/raidemetri. Kustannukset sisältävät pölkynvaihtotyön sekä tarvittavat tuennat, täydennysspelöinnit, stabiloinnit, hitsaukset ja harjaukset. Kun kustannuksiin lisätään turva- ja sähköratalaitteiden vaatimat purku- ja asennustyöt, kustannuksiksi muodostuu 71 euroa/raidemetri.

5.4.4 Kiskojen ja pölkkyjen vaihto portaalinosurilla

Portaalinosurimenetelmässä kokonainen raide-elementti nostetaan radasta pois. Tämän jälkeen nosturi tuo ratapohjalle uudet pölköt. Kiskot asennetaan myöhemmin. /53/ Menetelmän käyttö on arvioiden mukaan kuitenkin vähenemässä /21/.

5.4.5 Kiskojen vaihto Geismar-menetelmällä

Menetelmässä kiskoparit ohjataan Geismar-nostimella paikoilleen. Tätä ennen uudet kiskot on jaettu vaunuista joko vanhojen kiskojen sisä- tai ulkopuolelle. Kiskojen nostamisen jälkeen ne kiinnitetään. Esimerkkejä menetelmän kustannuksista on koottu taulukkoon 5.15. Kustannukset sisältävät kiskojen jaon, hitsauksen jatkuvaksi ja neutraloinnin /72; 73; 74; 75/.

Taulukko 5.15. Geismar-menetelmällä suoritettujen kiskonvaihtotöiden kustannuksia

Rataosa	kustannus €/rd-m
Haapamäki-Jyväskylä	37,7
Orivesi-Haapamäki	38,1
Toijala-Valkeakoski	31,3
Kalvitsa-Korpi	34,3
Keskimäärin	35,4

Keskimäärin kustannuksiksi muodostuu 35,4 euroa/raidemetri. Tässäkin työssä kustannuksia nostaa vielä turva- ja sähköratalaitteiden purku- ja asennustyöt, joiden myötä kiskonvaihtokustannukset muodostuvat noin 42,9 euroksi raidemetriä kohti.

5.4.6 Pölkkyjen yksittäisvaihtovaihto kaivinkonemenetelmällä

Lyhyiden työrakojen pölkynvaihtoon soveltuu parhaiten kaivinkonemenetelmä. Työssä käytetään kiskoilla liikkuvaa kaivinkonetta, joka kumipyöriensä avulla pystyy helposti siirtymään radalta pois. Menetelmä soveltuu lyhyille, jopa 1–2 tunnin työraoille. /58/ Kahden rataosan töiden kustannukset ilmenevät taulukosta 5.16.

Taulukko 5.16. Kaivinkonemenetelmällä suoritettujen pölkynvaihtotöiden kustannuksia /60; 76/

Rataosa	kustannus €/raidemetri
Tampere-Orivesi	45,6
Vihanti-Oulu	56,9
Keskimäärin	51,3

Taulukossa mainituilla rataosilla kustannuksiin sisältyivät rataosan raiteen täydennys-
sepelöinti ja jälkituenta sekä turva- ja sähköratalaitteiden purku- ja asennustyöt. Kustannustietojen mukaan pölkynvaihto tulee kaivinkonemenetelmällä edullisemmaksi kuin raiteenvaihtokoneella tehtynä. Raiteenvaihtokoneetyön on kuitenkin todettu käsittelevän pölkkyjä varovaisemmin. Kaivinkonemenetelmää käytettäessä pölkkyjen vaurioitumisriski on suurempi. Raiteenvaihtokoneen etuna on myös työn hyvä ja tasainen laatu. /12, s. 6./

5.4.7 Puolisepelöinti

Kun radan tukikerros täydennetään sorasta sepeliksi, mutta raiteessa säilytetään puu-
pölkkytys, sepelöinti suoritetaan yleensä ns. puolisepelöintinä. Tällöin raiteen tukikerroksen sepeliosuuden paksuus on 35 cm ja sepelimenekki on noin $1,5 \text{ m}^3/\text{raidemetri}$. /31, liite 1./ Raiteen sepelöinnin työkustannuksiksi muodostuu 32 euroa/raidemetri /58/. Sepelin materiaalikustannusten ollessa 17 euroa/ m^3 muodostuu puolisepelöinnin kustannuksiksi noin $32 + 1,5 \cdot 17 = 57,5$ euroa/raidemetri. Lisäksi raide vaatii normaalit tukemiset, harjaukset ja stabiloinnin, joiden kustannukseksi voidaan arvioida 23 euroa/raidemetri. Kokonaiskustannuksiksi muodostuu näin 80,5 euroa/raidemetri.

5.4.8 Täyssepelöinti

Raiteen täyssepelöintiä tarvitaan, kun raiteen pölkkytys vaihdetaan puisesta betoniseen ja tukikerros sorasta sepeliin. Sepelimenekki on tällöin $2,8 \text{ m}^3/\text{raidemetri}$ ja työkustannus 32 euroa/raidemetri. Kokonaiskustannukseksi muodostuu näin $32 + 2,8 \cdot 17 = 80$ euroa/raidemetri. Tukemiset, harjaukset ym. nostavat kustannukset noin 103 euroon raide-
metriä kohti.

5.5 Pölkkyjen hajavaihto

Kuten muissakin ratatöissä pölkynvaihtoa voidaan suorittaa vain liikenteen sallimissa työraoissa. Pölkkytyksen uusiminen on edullisinta suorittaa ns. kertatyönä, jossa pölkkyt uusitaan kokonaan pidemmältä osuudelta. Vähäliikenteisillä radoilla radassa olevien puupölkkyjen ikä vaihtelee kuitenkin huomattavasti. Tämä johtuu siitä, että näille rataosille pölkkyjä on vaihdettu tarpeen mukaan. Tämä niin sanottu hajavaihto tulee jatkuamaan tulevaisuudessakin, koska pölkkyt ikääntyvät varsin yksilöllisesti. Hajavaihdossa uusitaan vain ne pölkkyt, jotka ovat vaihdon tarpeessa. /44/

Vähäliikenteisillä radoilla liikenteen kuormitus on alhainen ja puupölkkyjen kestoikä on keskimäärin 40 vuotta /77/. Pölkkyjen ikäjakauman voidaan olettaa olevan jatkuvasta vaihdosta johtuen tasainen. Näin radan pölkkyt vaihdetaan kokonaisuudessaan 40 vuoden aikana. Kun työtä tehdään vuosittain, tulee vuosittain vaihdettavaksi noin 2,5 % rata-pituuden pölkkytyksestä. Tämä merkitsee $0,025 * 1640$ pölkkyä/raidekilometri = 41 pölkynvaihtoa vuodessa.

Yksittäisen pölkyn vaihtokustannukset ovat asiantuntija-arvion mukaan noin 34 euroa/pölkky /77/. Lisäksi pölkynvaihdon yhteydessä tarvitaan tukemistöitä. Tämän kustannukseksi arvioidaan 2 euroa/raidemetri. Pölkkyateriaalin kustannus on noin 1 900 euroa/raidekilometri. Näin ollen vuosittaisen puupölkkyjen hajavaihdon kustannus on noin 5 300 euroa/raidekilometri. Pölkkyjen hajavaihto luetaan kunnossapitotöihin kuuluvaksi.

5.6 Vähäliikenteisten ratojen päällysrakenteen uusiminen

Osalla vähäliikenteisistä radoista liikenne on huomattavan vähäistä, eivätkä raskaat, suuria kustannuksia aiheuttavat uusimistyöt ole järkeviä. Toisaalta pelkkä pölkkyjen hajavaihto ei riitä pitämään ratoja liikennöitävässä kunnossa. Vuonna 2000 valmistuneessa vähäliikenteisten ratojen toimenpideselvityksessä päädyttiin esittämään kolme eri vaihtoehtoa näiden rataosien päällysrakenteen uusimiselle. /14, s. 3./ Näistä oletettavien vaihtoehto toteutettavaksi on kevennetty perusparannus, jonka koostumus on pääpiirteissään seuraava:

- Uudet betonipölkkyt
- Pölkkyjä 1265 kpl/raidekilometri
- Kierrätetyt 54 E1-kiskot
- Puolisepelöinti, tukikerroksen paksuus 35 cm
- Pajojen routapaikkojen korjaus
- Uusiminen raiteenvaihtokoneella. /14, liite 9./

Routakohtien korjaus arvioidaan tehtävän radan rakennekerroksia kasvattamalla.

Viimeisimmän tarvearvion mukaan tämänkaltainen kevennetty perusparannus tulisi tehdä rataosille Huutokoski–Savonlinna, Joensuu–Ilomantsi, Suonenjoki–Iisvesi, Mynttilä–Ristiina, Sokojoki–Pankakoski sekä Porokylä–Vuokatti. Mainitut työt tulisi tehdä pääosin vuoteen 2010 mennessä, mikäli ratojen liikennekelppoisuus halutaan säilyttää. Vuoteen 2015 mennessä mainittu perusparannus tulisi tehdä rataosilla

Äänekoski–Haapajärvi sekä Isokylä–Kelloselkä. /52/ Kevennetyn perusparannuksen kustannukseksi muodostuu noin 245 000 euroa/raidekilometri.

Kuvasta 5.3 nähdään radan heikko kunto. Esimerkki on rataosalta Joensuu–Ilomantsi.



Kuva 5.3. Heikkokuntoista rataa. Kiskonjatkos on päässyt siirtymään pölkkyjen huonon kunnan, kiskonkiinnitysten heikkouden ja liikennekuormituksen aiheuttaman kiskonvaelluksen takia. Normaalitylanteessa jatkosraon tulisi sijaita kuvassa näkyvien pölkkyjen välissä. Kyseessä on ns. lyhytkiskoraide, jossa kiskoja ei ole hitsattu jatkuviksi. Näitä lyhytkiskoraiteita on pääasiassa vähäliikenteisillä radoilla. (Lähde: RHK)

5.7 Päälysrakennetöiden kokonaiskustannukset

Päälysrakennetöiden kustannuksiin tulee lisäksi laskea työmaakohtaiset yleiskustannukset, jotka muodostuvat työnjohto- ja turvamiestehtävistä, mahdollisesta korvaavan liikenteen järjestämisestä, suunnittelukustannuksista sekä työmaakuljetuksista. Yleiskustannusten suuruudeksi arvioidaan 15 %.

Edellisissä kappaleissa käsitellyt päälysrakennetöiden raidekilometrikohtaiset kokonaiskustannukset on koottu liitteen 1 taulukkoon. On syytä huomata, että kustannustiedot saatiin varsin suppeasta otoksesta. Tietojen vertailua vaikeutti se, ettei töiden kustannuksia ole kirjattu yhdenmukaisesti. Saman nimikkeen alle on eri aikoina kirjattu eri asioita. Myös paikallisilla työ- ja liikenneolosuhteilla on huomattava vaikutuksensa kustannusten muodostumiseen. Nämä seikat eivät kuitenkaan käy ilmi työmaakohtaisista kustannustiedoista.

Tarkastelujaksolla tehtävien päälysrakennetöiden ajankohtien määrittäminen perustui RHK:n ratatilastoon /39/. Tilasto sisältää rataosittaiset tiedot kiskojen ja pölkkyjen

tyypeistä, asennusvuosista, kumulatiivisista ja tämän hetken vuosittaisista bruttonneista sekä raideseppelin asennus- tai edellisestä puhdistusvuodesta. Tilastossa on lisäksi tiedot raideseppelin rakeisuuslukumittauksen tuloksesta, mikäli tällainen on kyseisellä rataosalla tehty.

Töiden ajankohtien määrittämisessä otettiin huomioon oletettavissa oleva liikenteen määrän lievä kasvu. Määriä arvioitiin vuonna 2002 valmistuneen tavaraliikenneennusteen perusteella /78, s. 62–65/. Ajankohtien tarkistaminen tapahtui RHK:n asiantuntijoiden kanssa käydyssä haastattelussa /52/.

Rataosakohtaisten päällysrakennetöiden arvioidut suoritusvuodet on koottu liitteeseen 2.

5.8 Muut päällysrakenteen työt

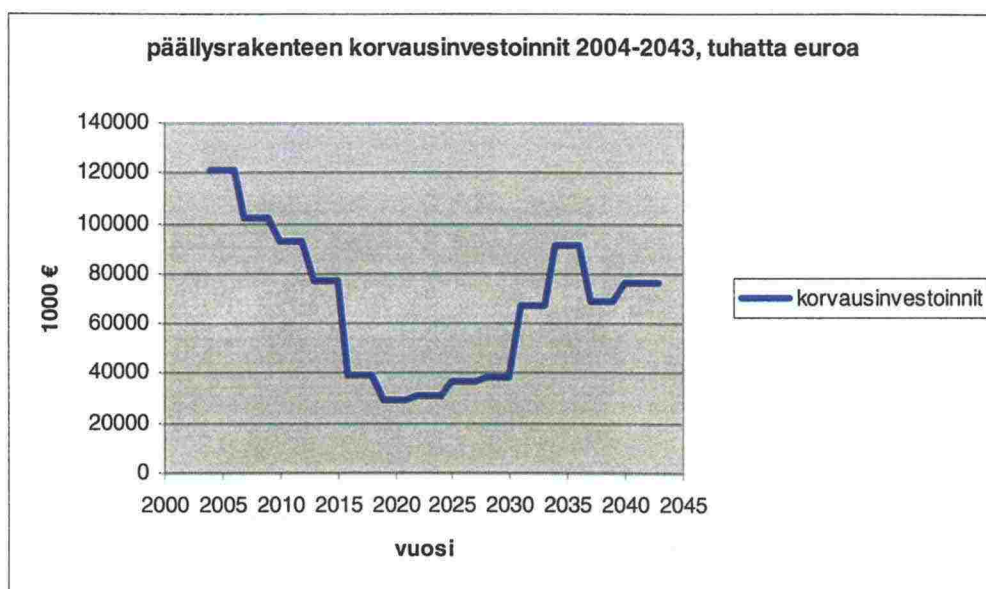
Päällysrakenteen uusimis- ja peruskunnossapitotöiden onnistumisen takaamiseksi radat vaativat kiintopisteverkon. Mittapisteiden puuttuminen vaikeuttaa mm. tuennan toteuttamista, koska ei tarkkaan tiedetä, mille kohdalle raide tulisi sijoittaa /71/. Tällöin raide sidotaan vanhalle paikalleen.

Kiintopisteverkoston rakentaminen on tarpeellista kaikille rataosille, joiden nopeustaso on 160 km/h tai tulee olemaan suurempi /21/. Rataverkko 2020 -suunnitelmassa mainitun nopean liikenteen tavoiterataverkon pituus on yhteensä noin 2042 ratakilometriä /7, s. 19/. Rataosalle Helsinki–Tampere kiintopisteverkko on jo tehty. Kerava–Lahti-oikoradalle verkko rakennetaan radan rakentamisen yhteydessä. Jäljelle jäävä 1792 ratakilometrin osuus on syytä varustaa kiintopisteverkolla vuoteen 2020 mennessä.

Kiintopisteverkon rakentamiskustannuksiksi arvioidaan noin 5 000 euroa/ratakilometri /21/. Verkon rakentamisen kustannuksiksi muodostuu siten noin 9,0 milj. euroa. Rakentamisen oletetaan etenevän tasaisesti vuosina 2005–2020. Tällöin vuosittaisiksi rakentamiskustannuksiksi muodostuu noin 0,56 milj. euroa.

5.9 Päällysrakenteen korvausinvestointikustannukset tarkastelujaksolla

Päällysrakenteen korvausinvestointikustannukset vaihtelevat vuositason suuruusasteella. Koska päällysrakenteeseen liittyvät työt tehdään yleensä vähintään kahden kolmen vuoden aikana, kustannukset jaettiin kolmen vuoden keskiarvoihin. Vuosittainen vaihtelu ilmenee kuviosta 5.1. Kuviosta selviää hyvin päällysrakenteen uusimistarpeen luonne. Lähivuosina korvausinvestointitarve on suuri, koska rataverkolle on päässyt kertymään investointikasaamaa alhaisen rahoitustason takia. Investointikasaaman purkamisen jälkeen rahoitustarve pienenee, kunnes vuosina 1995–2010 peruskorjatuilla radoilla alkaa ilmentyä korvausinvestointitarvetta.



Kuvio 5.1. Päälysrakenteen korvausinvestointikustannukset

5.10 Päälysrakenteen peruskunnossapito

Päälysrakenteen peruskunnossapidon tehtävänä on liikenneturvallisuuden takaaminen, radan kunnan laadun säilyttäminen sekä oikean kunnan tunteminen /79, s. 9/. Peruskunnossapidon tehtäväkenttä on laaja, eikä kaikkien töiden luettelemiseen ole tässä yhteydessä aihetta. Yksinkertaistaen voidaankin sanoa, että peruskunnossapito sisältää kaikki päälysrakenteeseen liittyvät työt lukuun ottamatta seuraavia töitä:

- Raidesepelin puhdistaminen ja vaihtaminen pitkällä matkalla
- Pölkynvaihto, joka ylittää 2 % rataosan pölkkytyksestä vuodessa
- Kuluneiden kiskojen yksittäisvaihtoa laajempi vaihto
- Koneellinen kiskojen hionta
- Vauriokorjaukset
- Raiteenvaihto. /16, s. 10/

Päälysrakenteen peruskunnossapito voidaan jakaa kolmeen alaryhmään. Ne ovat tarkastus, huolto ja hoito sekä viankorjaus. Peruskunnossapitokustannukset riippuvat monesta tekijästä. Näitä ovat mm. päälysrakenteen ikä, rataluokka, liikennekuormitus sekä radan kunnossapitotaso. /77/

5.10.1 Rataluokat

Radat jaetaan päälysrakenteen perusteella rataluokkiin, joita ilmaistaan kirjain- ja numerotunnuksella /80, s. 5/. Taulukossa 5.17 on esitetty rataluokat ja niiden tekniset ominaisuudet.

Taulukko 5.17. Rataluokat /81/

Rataluokka	Päällysrakenne		
	kiskotus	ratapölkyt	tukikerros
A	K30, K33	puu	raidesora tai vast.
B ₁	K43, 54 E1, K60, 60 E1	puu	raidesora tai vast.
B ₂	K43, K60	puu, betoni	raidesepeli
C ₁	54 E1	puu, betoni ennen 1987	raidesepeli
C ₂	54 E1	betoni 1987 ja jälkeen	raidesepeli
D	60 E1	betoni	raidesepeli

5.10.2 Radan kunnossapitotaso

Radan kunnossapitotaso määräytyy liikenteen määrän ja tavoitenopeuden mukaan. Kunnossapitotasoja on seitsemän ja niitä merkitään tunnuksilla 1A, 1, 2, 3, 4, 5 ja 6. Korkein kunnossapitotaso on 1A, ja siinä sallitaan suurimmat nopeudet. Kunnossapitotaso määrittelee, millaisia toleransseja ja virheitä radan rakenteille sallitaan. Kunnossapitotaso määrittelee lisäksi radan tarkastuskohteet, -menetelmät ja -määrävälit. /82, s. 5/

Eri kunnossapitotasojen radoille sallittavat toleranssit selviävät taulukosta 5.18 /82, liite 1/.

Taulukko 5.18. Raiteessa sallitut virheet eri kunnossapitotasoilla, millimetriä

Raiteen virhe	Kunnossapitotaso						
	1A	1	2	3	4	5	6
Raidelevyyden leveneminen	15	25	30	30	30	30	30
Raidelevyyden kapeneminen	6	7	10	10	10	10	10
Nuolikorkeuspoikkeamien raja-arvot	9	10	12	14	19	25	36
Korkeuspoikkeamien raja-arvot	7	8	9	10	12	13	14
Kallistuspoikkeamien raja-arvot	8	9	11	12	15	19	21

5.11 Päällysrakenteen peruskunnossapitokustannukset

Päällysrakenteen peruskunnossapitokustannukset suunnittelukustannuksineen olivat vuonna 2002 noin 28,3 milj. euroa vuodessa. Kustannuksista keskimäärin 13 milj. euroa kului lumitöihin ja rikkaruohontorjuntaan. /17/ Näiden kustannusten voi olettaa pysyvän lähes vakiona. Sen sijaan itse päällysrakenteen kunnossapitotöiden kehityksen arviointi on vaikeaa, koska kustannuksiin vaikuttavia seikkoja on monia. Vuonna 2002 nämä kustannukset ovat olleet noin 15,3 milj. euroa vuodessa.

Päällysrakenteen tekninen ikä vaikuttaa kunnossapitokustannuksiin siten, että vasta uusitusta päällysrakenteesta aiheutuu tarkastus- ja talvityökulujen lisäksi vain vähäisiä

kunnossapitokustannuksia. Elinkaaren päässä kunnossapitokustannukset ovat korkeimmillaan, koska ikääntynyt rakenne vaatii jatkuvaa huoltoa.

Liikennekuormituksen määrä vaikuttaa päällysrakennekustannuksiin selvemmin. Lisääntyvän kuormituksen aiheuttaman sepelin ja kiskojen ikääntymisen myötä syntyvät kustannukset näkyvät korvausinvestointien aikaistumisina. Myös pölkkyjen osalta liikennekuormituksen vaikutus on otettu huomioon pölkkyvaihtojen laskennallisissa ajankohdissa.

Rataluokan vaikutus peruskunnossapitokustannuksiin lienee suurempi. Alempien rataluokkien radat vaativat paljon huoltoa mm. kiskonkiinnitysten ja -jatkosten ja pölkkytyksen osalta /77/. Betonipölkkyillä ja raskailla kiskoilla varustettu rata taas ei vaadi läheskään niin paljon huoltoa.

Mikäli liitteessä 2 esitetyt korvausinvestoinnit päästään toteuttamaan aikataulun mukaisesti, radan päällysrakenteen keskimääräinen ikä ei nouse. Tällöin keski-ikä laskee, eivätkä kunnossapitokustannukset pääse nousemaan päällysrakenteen ylikäisyyden takia. Päinvastoin on oletettavissa, että päällysrakenteen peruskunnossapitokustannukset laskevat.

Toisaalta päällysrakenteen uusimisen yhteydessä sekä akselipaino- ja nopeudenostotavoitteiden saavuttamiseksi ratojen tekninen taso kohoaa. Nopean liikenteen ratojen osalta kunnossapitotasot kohoavat. Koska korkean kunnossapitotason radalle sallitaan pienempiä toleransseja, voi kunnossapitokustannusten olettaa tältä osalta hieman kasvavan.

Tulevaisuudessa tapahtuvan 250 kN:n akselipainojen käyttöönoton on eri tutkimuksissa arvioitu nostavan päällysrakenteen kunnossapitokustannuksia enintään 5 % /8, s. 45/. Akselipainon nostotavoite ei kuitenkaan koske koko rataverkkoa /7, s. 10/. Tämän vuoksi akselipainojen kunnossapitokustannuksia nostava vaikutus koko rataverkolla lienee erittäin vähäinen.

Huomioon on otettava myös vaatimus kunnossapitotöiden jatkuvasta tehokkuuden paranemisesta. Tehokkuuden paraneminen alentaa kunnossapitokustannusten yksikköhintoja.

Tarkastelujaksolla varmimmin kustannuksia tulee nostamaan ratapituuden kasvu. Vuonna 2006 valmistuva oikorata Kerava–Lahti ja vuonna 2009 valmistuva Vuosaaren satamarata kasvattavat rataverkon raidepituutta 145 raidekilometrillä.

Edellä esitettyyn viitaten päällysrakenteen peruskunnossapitokustannusten voidaan nykyrataverkolla olettaa pysyvän lähes ennallaan, mikäli liitteessä 2 mainitut korvausinvestoinnit voidaan tehdä ajallaan. Muussa tapauksessa kunnossapitokustannukset nousevat selvästi. Raidepituuden kasvun johdosta peruskunnossapitokustannukset nousevat nykyisestä 28,3 milj. eurosta noin 28,9 milj. euroon.

5.12 Tarkastukset

Radantarkastusten tehtävänä on kunnossapitotarpeen määrittäminen sekä liikenneturvallisuuden varmistaminen. Tarkastuksesta saatavat tiedot ohjaavat osaltaan radan kunnossapitoa. /82, s. 4./

Tarkastukset on jaettu kahteen ryhmään, peruskunnossapitoon kuuluviin tarkastuksiin sekä erikseen tilattaviin tarkastuksiin. Peruskunnossapitoon kuuluvat seuraavat tarkastukset:

- radan kävelytarkastus
- tarkastus liikkuvasta kalustosta
- ratapihan tarkastus
- ratajohdon kävelytarkastus
- edellisiin liittyvä raportointi. /16, s. 7./

Erikseen tilattaviin tarkastuksiin kuuluvat:

- tarkastusvaunumittaus
- kiihtyvyyssmittaus
- mittapyöräkertamittaus
- aukean tilan ulottuman mittaus
- koneellinen ultraäänitarkastus
- siltojen erikoistarkastukset
- kiskojen kulkupinnan koneellinen mittaus. /16, s. 8./

5.12.1 Peruskunnossapitoon kuuluvat tarkastukset

Peruskunnossapitoon kuuluvien tarkastusten kustannus on ollut vuosina 2000–2002 keskimäärin 2,15 milj. euroa vuodessa /17/. Taulukossa 5.19 on esitetty peruskunnossapidon alaisten tarkastusten vähimmäis- tai keskiarvomäärät.

Taulukko 5.19. Peruskunnossapitoon sisältyvien tarkastusten määrät kunnossapitotasoittain /82, s. 5/

Tarkastustapa	Kunnossapitotaso						
	1A	1	2	3	4	5	6
Liikkuva kalusto	6	6	6	6	4	2	2
Vaihdetarkastus	4	4	3	3	3	1	1
Kävelytarkastus	2,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

On luonnollista, että korkeamman kunnossapitotason radoilla tarkastuksia tarvitaan enemmän kuin alemman tason radoilla. Näin tarkastuskustannuksetkin ovat korkeammat. Kun tiedetään tarkastusten määrä, voidaan laskea kunnossapitotasokohtaiset tarkastuskustannukset. Taulukossa 5.20 on laskettu eri kunnossapitotasoille tarkastuskertoimet sen mukaan, kuinka monta kertaa enemmän tarkastuksia vaaditaan verrattuna alimpaan kunnossapitotasoon. Tarkastuskertoimille on tämän jälkeen laskettu keskiarvo ja se on kerrottu kunnossapitotasokohtaisten raidekilometrimäärien kanssa.

Taulukko 5.20. Tarkastuskertoimet eri kunnossapitotasoilla

Tarkastustapa	Kunnossapitotaso							
	1A	1	2	3	4	5	6	
Liikkuva kalusto	3	3	3	3	2	1	1	
Vaihdetarkastus	4	4	3	3	3	1	1	
Kävelytarkastus	1,67	1	1	1	1	1	1	
<i>Tarkastuskertoimen keskiarvo</i>	<i>2,89</i>	<i>2,67</i>	<i>2,33</i>	<i>2,33</i>	<i>2,00</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	
Raidekm kunnossapitotasoittain	641	1731	1470	489	901	663	320	yht.
Tarkastuskertoimen ja raide-km tulo	1852	4616	3430	1141	1802	663	320	13824

Jakamalla vuosittaiset tarkastuskustannukset tarkastuskertoimen ja raidekilometrien tulo summalla, saadaan selville laskennallinen yhden raidekilometrin tarkastuskustannus. Tarkastuskustannukseksi muodostuu 2,15 milj. euroa / 13 824 ratakilometriä = 156 euroa/raidekilometri. Taulukossa 5.21 kustannukset on laskettu kaikille kunnossapitotasoille.

Taulukko 5.21. Tarkastuskustannukset eri kunnossapitotasoilla

	Kunnossapitotaso						
	1A	1	2	3	4	5	6
Tarkastuskerroin	2,89	2,67	2,33	2,33	2,00	1,00	1,00
Tarkastuskustannus, kp-taso 1	156	156	156	156	156	156	156
Tarkastuskustannus eur/rd-km	451	417	363	363	312	156	156

5.12.2 Erikseen tilattavat tarkastukset

Tärkein erikseen tilattavista, peruskunnossapitoon kuulumattomista tarkastuksista on koko rataverkon kattava radan geometrisen kunnan tarkastusvaunumittaus /16, s. 8/. Tarkastusten vuosikustannus on tällä hetkellä noin 1,4 milj. euroa /51/. Tarkastuskustannukset voidaan jakaa eri kunnossapitotasoille samalla tavalla kuin edellisessäkin esimerkissä on tehty. Jakamalla vuosittainen tarkastuskustannus tarkastuskertoimen ja raidekilometrien tulo summalla, saadaan tarkastuskustannukseksi 167 euroa/raidekilometri. Laskelmat sekä tarkastuskustannukset eri kunnossapitotasoilla ilmenevät taulukosta 5.22.

Taulukko 5.22. Tarkastusvaunumittauskustannukset eri kunnossapitotasoilla

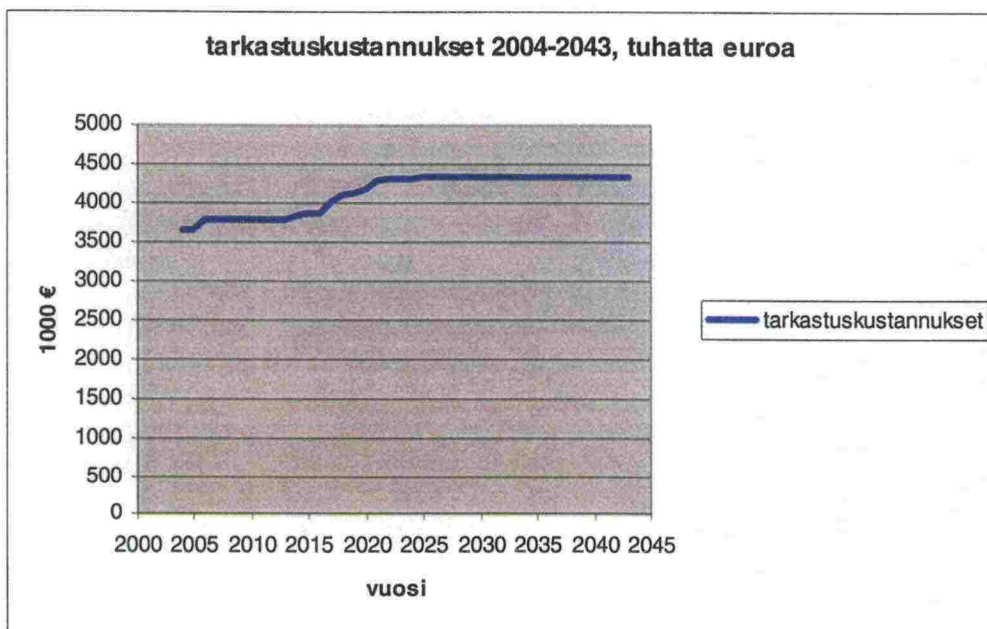
Tarkastusvaunumittaus	Kunnossapitotaso							
	1A	1	2	3	4	5	6	
Mittauksia vuodessa	6	3	2	2	2	2	2	
<i>Tarkastuskerroin</i>	<i>3</i>	<i>1,5</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	
Raidekm kunnossapitotasoittain	641	1731	1470	489	901	663	320	yht.
Tarkastuskertoimen ja rd-km tulo	1923	2597	1470	489	901	663	320	8363
Tarkastuskustannus, kp-taso 1	167	167	167	167	167	167	167	
Tarkastuskustannus eur/rd-km	501	251	167	167	167	167	167	

Tarkastusvaunumittausten lisäksi kiskojen kuntoa tullaan tulevaisuudessa tarkastamaan koko rataverkolla noin kolmen vuoden välein erillisellä ultraäänivaunulla. Kustannuksiksi arvioidaan noin 0,38 milj. euroa. Vuotta kohti tasoitettuna kustannukseksi muodostuu noin 127 000 euroa. /51/

5.12.3 Tarkastuskustannusten kehitys

Ratojen päällysrakenteen teknisen tason kohotessa ja keskimääräisten kunnossapitotasojen noustessa tarkastuskustannukset nousevat samassa suhteessa. Laskelmissa tarkastuskustannusten kehitystä arvioitiin oletuksella, että päällysrakenteen uusimisen myötä nopean liikenteen tavoiterataverkon rataosien nopeustaso nousee. Tällöin myös näiden rataosien kunnossapitotaso kohoaa. Kunnossapitotason kohoaminen saa aikaan tarkastusten määrän ja kustannusten kasvun.

Laskelmien perustella tarkastuskustannukset tulevat nousemaan vuoden 2003 tasosta noin 4,3 milj. euroon vuodessa. Tarkastuskustannusten kehitys ilmenee kuviosta 5.2.

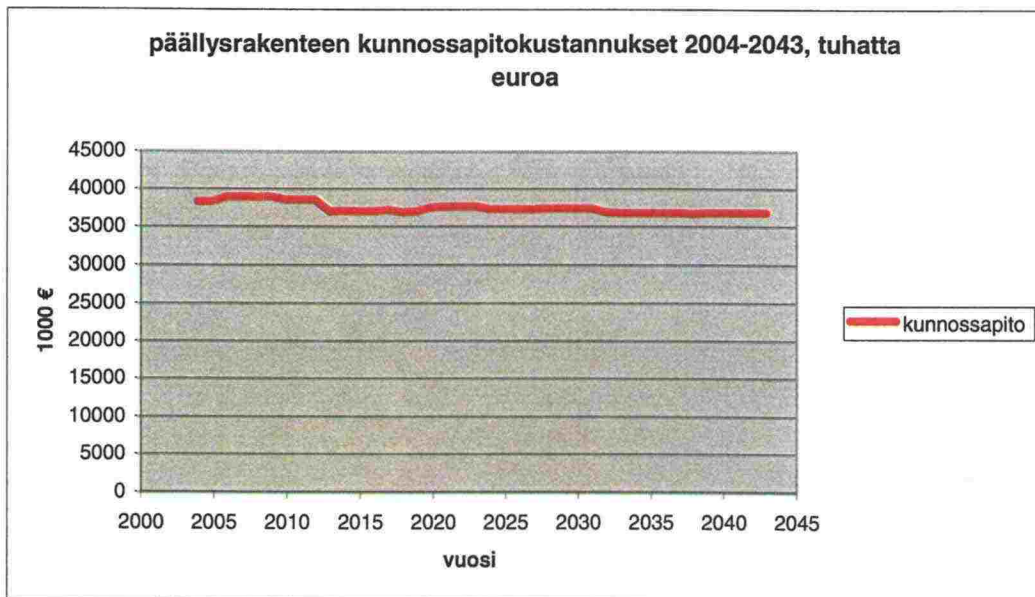


Kuvio 5.2. Tarkastuskustannukset 2004–2043.

5.13 Päällysrakenteen kunnossapidon kustannukset tarkastelujaksolla

Päällysrakenteen kunnossapitokustannukset muodostuvat peruskunnossapidosta, rata-pölkkyjen ja -kiskojen hajavaihdosta ja kiskojen hionnasta. Myös tarkastukset luetaan kuuluvaksi kunnossapitoon.

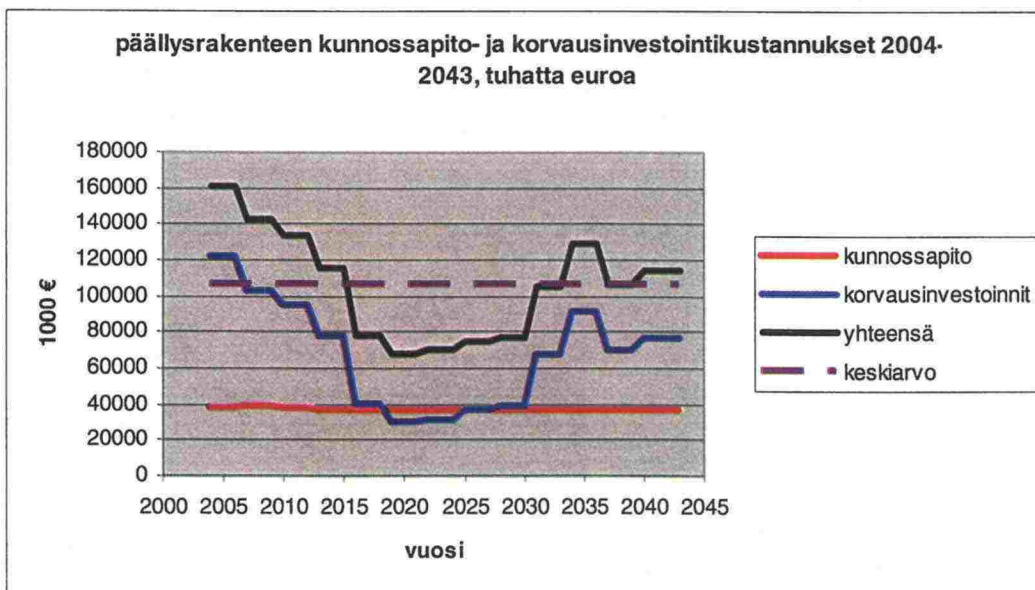
Päällysrakenteen kunnossapitokustannusten arvioidaan hieman alenevan. Pääsyy tähän on puuratapölkkyjen korvaaminen betonisilla, jolloin vuosittainen hajavaihto tulee vähenemään. Kunnossapitokustannukset ovat vuonna 2004 noin 37,9 milj. euroa. Vuoteen 2043 mennessä niiden arvioidaan laskevan noin 36,8 milj. euron tasolle. Kunnossapitokustannusten vaihtelu on esitetty kuviossa 5.3.



Kuvio 5.3. Päällysrakenteen kunnossapitokustannukset

5.14 Päällysrakenteen kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Päällysrakenteen kunnossapito- ja korvausinvestointikustannukset vaihtelevat tarkastelujaksolla melko voimakkaasti. Tarkastelujakson alussa, vuonna 2004, kokonaiskustannukset ovat noin 160 milj. euroa. Tarkastelujakson keskiarvo kustannuksille on noin 106 milj. euroa. Kustannusten vaihtelu käy ilmi kuviosta 5.4.



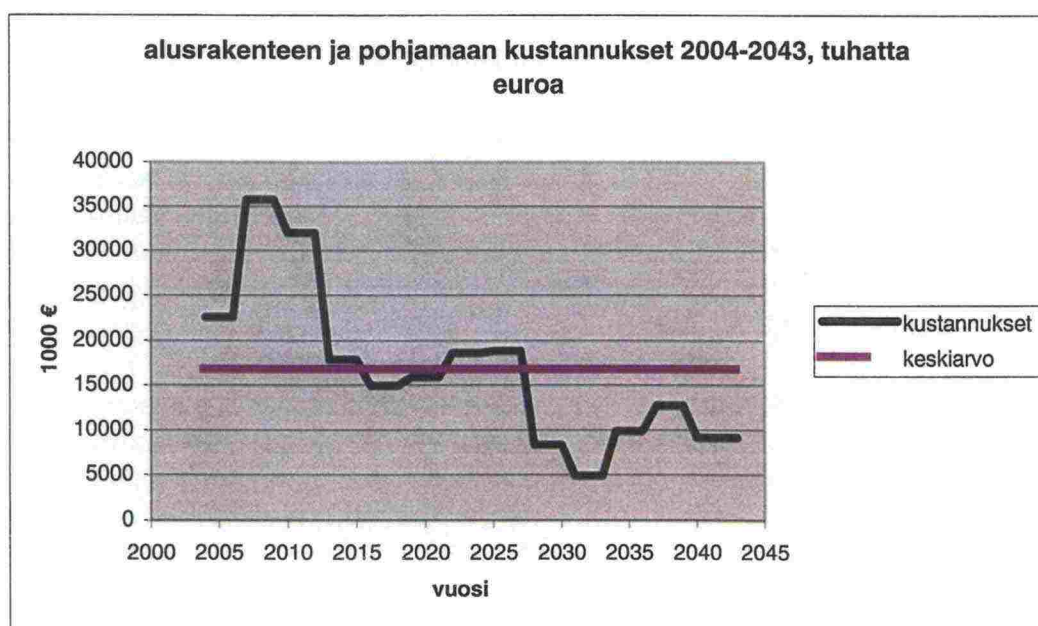
Kuvio 5.4. Päällysrakenteen kokonaiskustannukset

5.15 Alusrakenteen ja pohjamaan kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Alusrakenteen ja pohjamaan kustannukset koostuvat peruskunnossapidosta, pohjanvahvistus- ja pengerlevitystöistä, tärinäalueiden korjaamisesta sekä rataoikaisujen tekemisestä pehmeikköalueilla.

Alusrakenteen ja pohjamaahan liittyvien töiden kustannukset laskettiin luvuissa 3 ja 4 mainituin perustein. Työt ajoitettiin rataosakohtaisesti päällysrakennetöiden yhteyteen lukuun ottamatta Suurisuon ja Tikkalansuon oikaisua. Nämä oletettiin tehtäväksi vuosina 2008–2010.

Kuten päällysrakenteessakin, kustannukset vaihtelevat vuosittain varsin huomattavasti. Keskimäärin kustannuksiksi muodostuu noin 17 milj. euroa vuodessa. Kolmen vuoden jaksoilla tasoitettu vuosivaihtelu käy ilmi kuviosta 5.5.



Kuvio 5.5. Alusrakenteen ja pohjamaan kustannukset.

6 VAIHTEET

Tässä osioissa käsitellään vaihteiden sekä niiden kääntölaitteiden ja lämmityselementtien korvausinvestointeja ja kunnossapitoa. Valtion rataverkolla on tällä hetkellä 6285 vaihdetta /21/. Vaihteet jakautuvat kiskotyypin mukaan seuraavasti:

- 60 E1 890 kpl
- 54 E1 3 067 kpl
- K43 1 668 kpl
- K30 660 kpl. /21/

Kokonaisvaihdemäärän arvioidaan pysyvän tulevaisuudessa nykytasolla. Sivuraiteissa olevien vaihteiden määrä tulee vähenemään, mutta pääraiteissa vastaava määrä tulee kasvamaan. /21/

6.1 Vaihteiden kierrätys

Elinkaarensa aikana vaihde kuuluu junaliikenteen kuormituksen johdosta. Kun vaihdetta ei enää kunnossapitotoimin saada pysymään liikenteen edellyttämässä kunnossa, se korvataan uudella /83, s. 26/. Vanhat vaihteet kunnostetaan tällä hetkellä Oy VR-Rata Ab:n Kaipiaisten ja Pieksämäen vaihdehalleilla. Kunnostuksessa vaihde puretaan osiin ja vaihde tarkastetaan. Risteykset ja kielisovitukset kunnostetaan hitsaamalla ja oikomalla. Mikäli nämä osat ovat liian kuluneet, ne vaihdetaan. Kaikki vaihteen osat myös tarkastetaan ultraäänimenetelmällä. Vanhat puupölköt korvataan suurimmaksi osaksi uusilla. Lopuksi vaihde kootaan kunnostetuista ja uusista osista. /84/

Vaihteita kunnostetaan vuosittain 60–100 kpl. Kunnostettavista vaihteista noin 50–90 kpl on 54 E1 -kiskotyypin ja noin 10 kpl 60 E1 -kiskotyypin vaihteita. Tulevaisuudessa kierrätysmäärät pysyvät vakiona, mutta kierrätyksen painopiste tulee muuttumaan enemmän 60 E1 -vaihteisiin 54 E1 -vaihteiden määrän vähentyessä. K43-vaihteiden kierrätys on vähäistä. Näiden vaihteiden kierrätys tulee loppumaan kokonaan. K30-vaihteet romutetaan niiden kuluessa loppuun. /21/

Vaihteen kunnostuksen kustannus on keskimäärin 15 000 euroa /85/. Sadan vaihteen vuosittaisen kunnostuksen kustannukseksi muodostuu siten 1,5 milj. euroa.

6.2 Uusien vaihteiden hankinta

Kierrätettyjä ja kunnostettuja vaihteita ei pääsääntöisesti palauteta pääraiteeseen /82/. Tämän vuoksi uusia vaihteita hankitaan korvausinvestointitarpeisiin noin 50–80 kpl vuodessa. Vuonna 2003 uusista vaihteista noin 40–60 kpl on 54 E1 -vaihteita ja 10–20 kpl 60 E1 -vaihteita. Tulevaisuudessa 60 E1 -vaihteiden määrä tulee kasvamaan, kun taas 54 E1 -vaihteiden määrä tulee vähenemään. Kokonaisuutena voidaan arvioida uusien vaihteiden hankintamäärän pysyvän tulevaisuudessa vakiona. Tulevaisuudessa tullaan siirtymään enenevässä määrin betonipölkkyllisiin vaihteisiin. /21/ Edellä mainittujen korvausinvestointitarpeiden lisäksi vaihteita hankitaan myös rataverkon kehittämishankkeiden yhteydessä.

Uusien vaihteiden hankintakustannukset muodostuvat teräsosista sekä vaihteen osien asennuksesta pölkytyksineen. Vaihteiden kokoaminen tapahtuu pääosin Oy VR-Rata Ab:n vaihdehalleilla Kaipiaisissa ja Pieksämäellä /84/. Uuden vaihteen hankintakustannukset vaihtelevat vaihdetyypin mukaan. Kustannukseksi muodostuu keskimäärin 55 000 euroa/vaihde /43/. Vuosittainen kustannus on siten 2,75 milj. euroa.

6.3 Vaihteiden asennuskustannus

Vaihteen asennus tapahtuu joko vaihteenasennusyksiköllä tai nostureilla. Vuosien 2000–2001 kustannustietojen mukaan keskimääräinen asennuskustannus on noin 26 000 euroa/vaihde /86; 87; 88; 89; 90/. Koska vaihteiden määrä tulee pysymään nykytasolla, vuosittain tarvitaan noin 150 vaihteen asennusta. Asennuskustannukset ovat siten 3,9 milj. euroa vuodessa.

6.4 Vaihteiden uusimisen kokonaiskustannukset

Koko rataverkon vuosittaiset vaihteiden uusimiskustannukset koostuvat uusien vaihteiden hankinnasta, käytettyjen kierrätyksestä ja kunnostuksesta sekä asennuksista. Vuosittaisiksi kokonaiskustannuksiksi arvioidaan noin 8,15 milj. euroa.

6.5 Vaihteiden kunnossapito

Vaihteiden kunnossapito kuuluu lähes kokonaisuudessaan peruskunnossapitoon seuraavia töitä lukuun ottamatta:

- Vaihteen vaihto
- Kierrätysvaihteiden peruskorjaus
- Vaihteen kääntölaitteen perushuolto
- Vaihteiden uusimiset ja routasuojaukset
- Raillex-raidelukitsimien perushuolto. /16, s. 11-12./

6.5.1 Vaihteiden sähkökääntölaitteet

Vaihteista yhteensä 2980 kpl on varustettu sähköisellä kääntölaitteella. Kääntölaitteita näissä vaihteissa on yhteensä 3422, eli keskimäärin 1,15 kääntölaitetta vaihdetta kohti. /91/ Kääntölaitteiden vaihteita suurempi määrä selittyy sillä, että eräissä vaihteissa on useampia kääntölaitteita /21/. Kuva 6.1 esittää saksalaisvalmisteista vaihteenkääntölaitetta.



Kuva 6.1. Vaihteenkääntölaite. (Lähde: RHK)

Kääntölaitteiden kunnostusväli riippuu liikennetiheydestä. Vähäliikenteisillä radoilla kunnostusväli on noin yhdeksän vuotta, mutta vilkasliikenteisillä osuuksilla se jää noin viiteen vuoteen. Keskimäärin kunnostusväli on siis noin seitsemän vuotta. Kunnostuksessa kääntölaite saadaan lähes uudenveroiseen kuntoon. /92/

Sähkökääntöisten vaihteiden arvioidaan lisääntyvän vuosina 2004–2010 noin 30 vaihteen vuosivauhtia. Tämän jälkeen kasvun arvioidaan olevan noin 20 vaihdetta vuodessa. Tarkastelujakson aikana tämä merkitsee noin 870 sähkökääntöisen vaihteen lisäystä. /21/ Samaan aikaan kääntölaitteiden määrä kasvaa noin 1000 laitteella.

Kääntölaitteiden vuosittainen kunnostustarve tulee tarkastelujaksolla kasvamaan nykyisestä noin 490 kappaleesta 630 kappaleeseen. Kun kunnostuskustannus on noin 2 000 euroa/kääntölaite, kustannukset tulevat nousemaan nykyisestä 1,0 milj. eurosta 1,3 milj. euroon /92/.

6.5.2 Vaihteiden lämmityslaitteet

Vaihteen lämmityksen tarkoituksena on sulattaa jää ja tuiskuava lumi pois vaihteen kielten ja tukikiskojen välistä. Vastusten avulla tapahtuvalla sulatuksella ehkäistään vaihteiden jumiutumista ja liikennehäiriöitä. Vaihteen lämmitykseen tarvittava sähkö otetaan sähköistetyllä radalla ratajohdosta, sähköistämättömällä radoilla sen sijaan yleisestä jakeluverkosta /93/.

Lumensulatusjärjestelmällä varustettuja vaihteita on käytännössä yhtä paljon kuin sähkökääntöisiä vaihteita /92/. Lämmityselementtien huolto kuuluu peruskunnossapitoon. Sähkökääntöisten vaihteiden määrän lisääntyessä myös vaihteenlämmityslaitteiden määrä kasvaa samassa suhteessa /21/. Tämä merkitsee tältä osin peruskunnossapitokustannusten kasvua.

Vaihteiden lämmityslaitteiden tarvitsema sähkö muunnetaan sopivalle jännitteelle vaihteenlämmitysmuuntajilla. Näille on vaikea määrittää uusimistarvetta. Asiantuntija-arvion mukaan vuosittaiset huoltokustannukset ovat noin 20 000 euroa. /93/ Vaihteenlämmitysten määrän kasvaessa huoltokustannukset tullevat nousemaan tarkastelujaksolla noin 26 000 euroon vuodessa.

6.5.3 Vaihteiden hionta

Asiantuntija-arvion mukaan vaihteiden koneelliseen hiontaan on tarvetta. Tähän mennessä hiontaa ei ole tehty, mutta sen voi olettaa alkavan vuonna 2005. Kustannusten arvioidaan olevan ennen vuotta 2008 noin 0,3 milj. euroa kolmen vuoden välein ja vuodesta 2008 eteenpäin noin 0,4 milj. euroa myös kolmen vuoden välein. /21/ Yhdelle vuodelle tasoitettuna vuosikustannukseksi muodostuu 0,1 milj. euroa vuosina 2005–2007 ja 0,13 milj. euroa vuosina 2008–2043.

6.5.4 Vaihteiden peruskunnossapitokustannukset

Vaihteiden peruskunnossapitokustannukset ovat vuosina 2001–2002 olleet keskimäärin 10,7 milj. euroa vuodessa. Summasta sähkökääntölaitteisiin liittyvien töiden osuus on noin 1,5 milj. euroa ja lämmityslaitteiden osuus noin 0,45 milj. euroa. /17/

Peruskunnossapitokustannusten arvioidaan tulevaisuudessa kasvavan 5–10 %. Vaikka vaihteiden kokonaislukumäärä pysyneeikin nykytasolla, niiden määrä tulee kasvamaan rataosilla, joilla liikennekuormitus on suuri ja vähenemään rataosilla, joilla liikennekuormitus on pieni. /21/

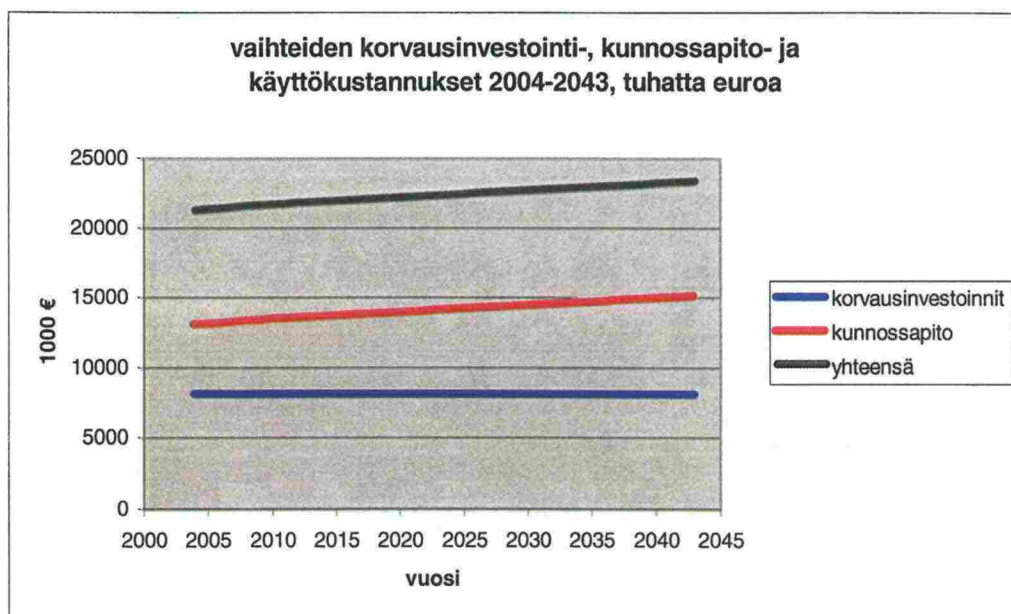
Nykyisistä peruskunnossapitokustannuksista noin 8,7 milj. euroa muodostuu vaihteiden mekaanisesta huollosta. Tämän arvioidaan kasvavan tarkastelujakson aikana noin 9,6 milj. euron vuositason. Vaihteiden sähkökääntö- ja lämmityslaitteiden lisääntyminen nostavat näiden kustannukset 2,5 milj. euroon vuodessa. Kokonaisuutena vaihteisiin liittyvien peruskunnossapitokustannusten arvioidaan nousevan tarkastelujaksolla nykyisestä 10,7 milj. eurosta 12,1 milj. euroon.

6.6 Vaihteiden käyttökustannukset

Vaihteiden lämmityslaitteiden kuluttaman sähköenergian kustannus oli vuonna 2002 noin 1,3 milj. euroa /94/. Lämmityslaitteiden määrän lisääntyminen nostanee kustannuksia tasaisesti koko tarkastelujakson ajan. Tarkastelujakson lopussa kustannusten arvioidaan olevan noin 1,7 milj. euroa vuodessa. Sähkön hinnan vaihteluita ei tässä tutkimuksessa arvioida.

6.7 Vaihteiden kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Vaihteiden kunnossapitokustannukset nousevat tarkastelujakson loppuun mennessä noin 15,2 milj. euroon. Korvausinvestointikustannukset pysyvät 8,15 miljoonan euron vuositasolla koko tarkastelujakson ajan. Kokonaiskustannukset nousevat mm. sähkökääntö- ja vaihteenlämmityslaitteiden määrän kasvun myötä. Kustannusten vaihtelu tarkastelujaksolla käy ilmi kuviosta 6.1. Tarkemmat laskelmat ovat liitteenä 3.



Kuvio 6.1. Vaihteista aiheutuvat kustannukset tarkastelujaksolla.

7 SILLAT

Suomen rataverkolla oli vuoden 2002 lopussa yhteensä 2142 rautatiesiltaa. Rautatiesillat omistaa ja niiden kunnosta vastaa RHK. Lisäksi rataverkon ylittävistä silloista 106 on kokonaan tai kantavien rakenteiden osalta RHK:n omistuksessa. Tämän selvityksen laskelmissa siltojen määräksi on oletettu 2200 siltaa. Vuosittain siltojen kunnossapitoon on käytetty arviolta 2,5–3,3 miljoonaa euroa. /95, s. 1./

Tässä selvityksessä ei arvioida siltojen kunnossapidon ja korjaustöiden ajoittamista esimerkiksi päällysrakennetöiden yhteyteen, vaan kustannukset arvioidaan tasaisiksi tai tasaisesti kasvaviksi.

7.1 Siltojen tekninen kunto

Siltojen keski-ikä on 33,5 vuotta. Silloista suuri osa on rakennettu sotien jälkeen, joten ne ovat joko saavuttamassa tai jo saavuttaneet laskennallisen peruskorjauksiensa. Peruskorjausvälinä voidaan pitää 35–40 vuotta. /95, s. 7./

Nykyisin sillan tekninen elinikävaatimus on 100 vuotta, mutta nykysillat eivät tule saavuttamaan tätä vaatimusta /95, s. 10/. Yhtenä syynä voidaan pitää mm. betonirakentamistekniikan heikkoa tuntemusta ennen 1970-lukua. Betonirakentamisen voimakas kehittyminen 1960- ja 1970-luvuilla näkyy nyt säilyvyysongelmina. Rapautuminen ja muu materiaallinen heikkeneminen on näissä silloissa voimakasta. /96/

Merkittäviä haasteita tulee myös tuomaan rataosien nopeustasojen ja akselipainojen nosto. Vanhimpien siltojen kantavuus ei tule riittämään siirryttäessä painavampiin akselipainoihin. Ongelmia syntyy myös siirtymäläatojen kohdalla. Radan nopeustason nosto asettaa siirtymäläatoille tiukat painuman raja-arvot, eivätkä nykyisten siltojen siirtymäläaatat ehkä takaa riittävää painumattomuutta. /96/

7.2 Siltojen kunnossapito ja kunnan seuranta

Siltojen peruskunnossapito on annettu Oy VR-Rata Ab:n tehtäväksi. Kunnossapidon yhteydessä suoritetaan siltojen tarkastuksia, joista vuosittain kootaan rautatiesiltojen hallintaraportti. /95/ Sillan kunnan arviointiin on kehitetty ns. korjaustarveindeksi, jossa huomioidaan vaurioiden ja vikojen vakavuus sekä korjauksien kiireellisyys painottaen vakavinta vauriota. Indeksillä voidaan kuvata mm. siltojen korjauksen tärkeysjärjestystä, indeksin kasvulla sillan ikääntymisen aiheuttamaa korjaustarvetta sekä indeksin summalla ja keskiarvolla koko sillaston kunnan kehittymistä. /95, s. 17–18./

7.3 Sillaston kunnan kehittyminen ja nykytilanne

Vuoden 2002 siltaraportin mukaan korjaustarveindeksin summa on kasvanut vuodesta 2000 vuoteen 2002 84 639 pisteestä 86 291 pisteeseen eli noin 2 %. Samaan aikaan kuitenkin erittäin huonokuntoisten siltojen määrä on kasvanut merkittävästi. Tämä tarkoittaa, että korjaustoiminta on jälkeenjäänyttä, eli sillaston korjaustyöt eivät vastaa kunnan heikkenemistä. Jälkeenjääneisyyden kustannuksena voidaan raportin mukaan pitää 29,52 miljoonaa euroa, ja raportissa ehdotetaan jälkeenjääneisyyden purkamista tehostetuilla korjaustöillä. /95, s. 31–37./

Raportti antaa korjaustöihin kaksi vaihtoehtoa. Vaihtoehdossa 1 esitetään kolmena ensimmäisenä vuotena panostettavaksi nykyrahoituksen lisäksi 3,5 milj. euroa vuosittain ja tämän jälkeen 1,59 milj. euroa 12 vuoden ajan. Vaihtoehdossa 2 jälkeenjääneisyyden kustannukset esitetään jaettavaksi tasaisesti 15 vuoden ajalle, jolloin vuosikustannukseksi muodostuu nykyrahoituksen lisäksi 1,97 milj. euroa. Näillä korjaustöillä sillaston kunnan jälkeenjääneisyys saataisiin purettua. /95, s. 37–38./

Nykyisessä rahoitustilanteessa vaihtoehdon 1 mukainen kolmen ensimmäisen vuoden suurempi panostus ei liene realistinen. Tämän vuoksi on syytä olettaa, että siltojen korjausten jälkeenjääneisyyden purku toteutetaan vaihtoehdon 2 mukaisesti. Koska raportissa suositeltua kiireellisten töiden panostusta ei voida aloittaa vuonna 2004, oletetaan jälkeenjääneisyyden purkamisen alkavan vuonna 2005 ja jatkuvan vuoteen 2019 saakka.

7.4 Siltojen määrän kehitys kunnossapitotarvetta ajatellen

RHK:n julkaisussa A3/2002 ”Rautatietasoristeyksen turvaamis- ja poistostrategia 2020” päädytään esittämään tasoristeysten poistoa kokonaan tärkeimmiltä rataosilta, yhteensä 1956 ratakilometriltä. Strategiassa mainitut tärkeimmät rataosat ovat Helsinki–Tampere, Vainikkala–Kouvola–Kotka/Hamina, Tampere–Orivesi, Riihimäki–Kouvola, Luumäki–Imatra, Helsinki–Turku, Seinäjoki–Oulu, Kouvola–Pieksämäki, Turku–Toijala, Imatra–Parikkala–Joensuu, Jyväskylä–Pieksämäki, Tampere–Pori sekä Orivesi–Jämsä. Mainitut rataosat ovat vilkasliikenteisiä sekä henkilö- että tavaraliikenteessä. /97, s. 48./ Tasoristeyksiä käsiteltävänä olevilla rataosilla on yhteensä 597 /97/.

Verrattaessa rataosille tehtyjä tasoristeysten poistamisselvityksiä, niiden voidaan todeta suosittavan 50–68 %:ssa tutkituista tasoristeyksistä eritasoliittymän, ts. alikulku- tai ylikulkusillan rakentamista tasoristeyksen paikalle. Muut tasoristeykset suositetaan poistettavaksi tiejärjestelyillä. /25, s. 39; 98, s. 7–8./

Kun otetaan huomioon, että rautatietasoristeyksen turvaamis- ja poistostrategiassa mainituilta rataosilta vaarallisimmat tasoristeykset on poistettu jo aiemmin, jäljellä olevat tasoristeykset ja niiden muodostamat kulkuyhteydet ovat maantieliikenteen tai paikallisen asutuksen kannalta tärkeitä. Tästä syystä voitaneen laskennallisesti arvioida, että uusia siltoja rakennetaan puolet poistettavien tasoristeysten määrästä. Näin ollen tasoristeysten poiston voidaan arvioida aiheuttavan noin 264 uuden sillan rakentamisen vuoteen 2020 mennessä

Muiden pääratojen tasoristeysten poistotarpeesta tasoristeysstrategia arvioi toimenpiteiden olevan yhtä tarpeellisia kuin vuosina 1999–2000 kolmella eri rataosalla tutkituissa 289 tasoristeyksessä /97, s. 50/. Siltojen määrän kasvun ennustamiseen on syytä käyttää tasoristeysstrategian rataosakohtaisissa arvioissa mainittua tasoristeysten määrää, joka tulisi korvata eritasoristeyksellä. Edelleen voidaan arvioida, että muilla kuin edellä luetelluilla rataosilla neljän tasoristeyksen poistaminen ja korvaaminen eritasoristeyksellä saa aikaan yhden sillan rakentamistarpeen. Tästä saadaan uusien siltojen määräksi 92 kpl.

Siltaraportin mukaan radan ylittävistä ylikulku- tai ylikäytäväsilloista noin 10 % on RHK:n kunnossapitovastuulla /95, s. 7/. Alikulkusillat ovat pääsääntöisesti RHK:n. Voidaan karkeasti arvioida, että rakennettavista uusista silloista puolet on alikulku- ja puolet ylikulkusiltoja. Siten esimerkiksi sadan eritasoliittymän rakentaminen lisää RHK:n kunnossapitovastuulla olevien siltojen määrää $(0,5 + 0,5 * 0,1) * 100 = 0,55 * 100 = 55$ kappaleella.

Tasoristeysten poiston myötä uusia siltoja rakennettaneen arviolta 354. Tästä määrästä RHK:n kunnossapitovastuulle tulee arviolta 201 siltaa.

Tasoristeysten poiston yhteydessä rakennettavien siltojen lisäksi tulee ottaa huomioon rakenteilla oleva oikorata Kerava–Lahti, jolle rakennetaan 76 siltaa /99/. Vuonna 2008 avattavalle Vuosaaren satamaradalle rakennetaan 5 siltaa /100/.

Edellä esitettyyn viitaten voidaan arvioida, että vuonna 2020 RHK:n omistamien tai kunnossapitovastuulla olevien siltojen määrä on noin 2482.

7.5 Sillaston ikääntymisestä aiheutuvat kustannukset

Peruskunnossapitotöistä huolimatta sillasto ikääntyy. Nykykunnan säilyttämiseksi on tehtävä jatkuvaa huoltotyötä. Siltojen hallintaraportissa on esitetty ikääntymisestä johtuvan korjaustarveindeksin kasvunopeudeksi keskimäärin kahta pistettä/vuosi/silta. /95, s. 38./ Kuitenkin vertailtaessa aikaisempien vuosien raportteja voidaan havaita, että huonokuntoisten siltojen määrä on vuosittain kasvanut huomattavasti. Lisäksi viime vuosien korjaustöihin tarkoitettun rahoitustason alhaisuus on johtanut siihen, että jälkeenjääneisyyden purkamiseen liittyviä korjaustöitä on jouduttu lykkäämään raportin suosituksista. Tämän vuoksi on syytä olettaa, että sillaston ikääntyminen on aiemmin arvioitua nopeampaa, ja näin ollen laskelmissa on perusteltua käyttää korjaustarveindeksin kasvunopeutena vuosina 2004–2019 neljää pistettä siltaa ja vuotta kohti. /96/

Vuoden 2002 siltaraportissa on laskettu yhden korjaustarveindeksin pisteen aiheuttamaksi kustannukseksi 250 euroa. Näin ollen tämänhetkisen sillaston nykykunnan säilyttämisen kustannukseksi saadaan 4 pistettä * 250 euroa * 2200 siltaa = 2,2 milj. euroa vuodessa vuosina 2004–2023. /95, s. 38; 96/

Vuoden 2020 jälkeen siltojen määrä ei nykytiedon mukaan tule kovinkaan paljon kasvaan. Näin ollen siltojen ikääntyminen jatkuu ja vanhimpia siltoja alkaa tulla elinkaarensa päähän. /96/ Kappaleessa 7.4 esitetyn siltojen korjaustoiminnan jälkeenjääneisyyden purkamisen jälkeen kunnan ylläpitotarve ei siis lopu. Voidaan karkeasti arvioida, että siltojen kustannukset vuosina 2020–2043 ovat samaa luokkaa kuin korjaustarpeen purkamisen aikana, eli noin 1,97 milj. euroa vuodessa, varsinkin kun korjaustarpeen purkamisen aikana muodostuu jatkuvasti uutta korjaustarvetta. /101/

Sekä tasoristeysten poiston myötä vuosina 2004–2020 rakennettavien että oikoradan uusien siltojen ikääntymisnopeudeksi arvioidaan korjaustarveindeksin kasvun kautta 2 pistettä siltaa ja vuotta kohti. Vanhempia siltoja alemmaa korjaustarveindeksin kasvua voidaan käyttää, koska siltojen rakentamisen ja materiaalien osaaminen on kehittynyt verrattuna vanhempiin siltoihin.

Siltojen uusimisesta huolimatta muun sillaston kokonaiskorjaustarve kasvaa vuosina 2020–2043. Korjaustarpeen kasvua voidaan laskennallisesti havainnollistaa korjaustarveindeksin kasvulla. Laskelmissa oletetaan, että ennen vuotta 2004 rakennettujen siltojen korjaustarveindeksi kasvaa tasaisesti 0,2 pistettä vuoden 2019 neljästä pisteestä vuoden 2043 kahdeksaan pisteeseen. /102/

Siltojen kunnossapidon kustannuslaskelmassa oikoradan sillat lasketaan mukaan vuodesta 2007 lähtien. Tasoristeysten poiston myötä rakennettavien siltojen kunnossapitokustannukset lasketaan mukaan vuodesta 2004 lähtien olettaen, että siltojen määrä kasvaa tasaisesti vuoteen 2020 saakka.

7.6 Akselipainon noston vaikutus siltojen korvausinvestointikustannuksiin

Vuosina 1999–2003 valmistuneissa rataosakohtaisissa korvausinvestointien tarveselvityksissä on tutkittu 250 kN:n akselipainon käyttöönoton aiheuttamia siltojen vahvistamis- tai uusimistarpeita ja näiden kustannuksia. Rataosilla Seinäjoki–Oulu, Pieksämäki–Kuopio, Kouvola–Joensuu, Jyväskylä–Pieksämäki ja Riihimäki–Kouvola tutkittiin yhteensä 379 siltaa. Akselipainon noston mahdollistavien töiden kustannusarvioksi muodostui yhteensä noin 15,1 milj. euroa. Näin laskennalliseksi nauha-kustannukseksi siltaa kohti muodostuu noin 40 000 euroa. Tarveselvityksissä tutkittujen rataosien siltojen uusimis- ja vahvistamistarpeet ilmenevät taulukosta 7.1. /9, s. 57; 10, s. 39; 19, s. 64; 20, liite 4a, s. 11; 25, s. 38/.

Taulukko 7.1. Akselipainon noston vaatimat siltojen vahvistukset

Rataosa	Siltoja yht.	Kustannukset M€	Kustannus/silta €
Seinäjoki–Oulu	148	7,0	47 297
Pieksämäki–Kuopio	31	1,7	54 839
Kouvola–Joensuu	138	4,0	28 986
Jyväskylä–Pieksämäki	31	0,9	29 032
Riihimäki–Kouvola	31	1,5	48 387
Yhteensä/keskiarvo	379	15,1	39 842

Nämä työt tulee siis tehdä ennen akselipainon korotusta. Koska akselipainon nostotoimet ovat viivästyneet, voidaan olettaa, että akselipainon nosto tapahtuu rataverkolla tasaisesti vuosina 2004–2020. On huomioitava, että tarvittavat parannukset on jo tehty rataosilla Harjavalta–Mäntyluoto ja Kirkniemi–Hanko, joilla 250 kN akselipaino on otettu käyttöön vuosina 2002–2003. Tällöin vahvistettavien siltojen määräksi jää 1613 /103/. Niiden vahvistuskustannuksiksi muodostuu (1613 siltaa * 0,04 milj. euroa)/17 vuotta = 3,8 milj. euroa vuodessa.

Kokemusta siitä, miten ratojen nopeustason laajamittainen nosto vaikuttaa siltojen kunnossapitoon, ei ole. Oletettavaa kuitenkin on, että rakenteita joudutaan pitkällä aikavälillä uusimaan. Kasvaneiden akselipainojen siltoja rasittava vaikutus näkynee viiveellä, jolloin korjaustoimiin saatetaan joutua ryhtymään vasta vuosia akselipainon käyttöönoton jälkeen.

Lisäksi on otettava huomioon, ettei vanhimpien betonisiltojen korjaaminen tee niistä uuden veroisia. Elinkaaren lopussa sillan korjaaminen ei yleensä kannata, koska korjaustöillä ei saada aikaan pysyvää kunnan paranemista. Ainoaksi järkeväksi vaihtoehdoksi jää sillan uusiminen. Näin onkin varauduttava kokonaan uusien siltojen rakentamiseen. /96/

Siten voidaankin olettaa, että mainittu 3,8 milj. euron vuotuinen panostus siltojen korvausinvestointeihin on tarpeellinen myös vuosina 2020–2043.

7.7 Akselipainon noston vaikutus peruskunnossapitokustannuksiin

Siltojen hallintaraportissa siltojen peruskunnossapitokustannuksiksi on arvioitu 250 euroa/silta/vuosi. Näin ollen tämänhetkiset 2200 sillan kunnossapitokustannukset ovat 250 euroa/silta/vuosi * 2200 siltaa = noin 0,55 milj. euroa vuodessa. /95, s. 38./ Uusien siltojen rakentamisen myötä kustannukset nousevat vuoteen 2020 mennessä 0,66 milj. euroon vuodessa, kun ei oteta huomioon akselipainon noston vaikutuksia kustannuksiin.

Vuonna 2001 valmistuneessa 250 kN:n akselipainoselvityksessä selvitettiin akselipainon noston vaikutuksia mm. siltakustannuksiin. Selvityksessä käsiteltiin rataosat Harjavalta–Mäntyluoto, Kirkniemi–Hanko ja Lauritsala–Kotka/Hamina. Selvityksessä suositettiin mainittujen rataosien yhteensä 103 sillasta 7:lle (7 % kaikista silloista) jatkuvaa seurantaa, jonka kustannus on noin 850 euroa vuodessa siltaa kohti. Seuranta koostuu pääasiassa siltojen ylimääräisistä tarkastuksista. /104/ Tätä tarkastusmäärää voidaan perustellusti käyttää arviona muidenkin rataosien siltojen ylimääräiselle seurantarapeelle.

Koska 250 kN:n akselipainojen vaikutuksista siltojen muihin peruskunnossapitokustannuksiin ei vielä ole kokemusperäistä tietoa, voidaan karkeasti arvioida sen olevan samaa luokkaa kuin vaikutusten päällysrakenteen kunnossapitokustannuksiin. RHK:n julkaisussa A4/2001 ”Radan kunnossapitokustannusten kirjallisuustutkimus” on päädytty tulokseen, että kunnossapitokustannukset nousevat enintään 10 %. /32, s. 70./

Kolmessa edellisessä kappaleessa tehtyihin tarkasteluihin viitaten voidaan olettaa, että siltojen kunnossapitokustannukset kasvavat karkeasti keskimäärin $(0,07 * 850 \text{ euroa}) + (0,1 * 250 \text{ euroa}) = 85 \text{ euroa siltaa kohti vuodessa}$. Tätä voidaan pitää jo huomattavana kustannusnousuna, kun muistetaan tämänhetkisten laskennallisten peruskunnossapitokustannusten olevan 250 euroa/silta/vuosi. Koska akselipainojen korotuksen laajenemisen eri rataosille voi olettaa olevan tasaista vuosina 2004–2020, kasvavat siltojen peruskunnossapitokustannukset tuona aikana tasaisesti 250 eurosta 335 euroon siltaa ja vuotta kohti.

Laskelmissa käytetyt rataosat, joille akselipainon nosto aiheuttaa kasvavia kustannuksia, on saatu RHK:n julkaisusta ”Rataverkko 2020 – radanpidon linjaukset, tarkistettu suunnitelma”. /7, s. 10./

7.8 Rautatiesiltojen kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Rautatiesiltojen hallintaraportin mukaan sillastolle tulisi pikaisesti osoittaa varoja siltojen kunnan jälkeenyäneisyyden purkamiseksi. Näiden kunnossapitotoimien

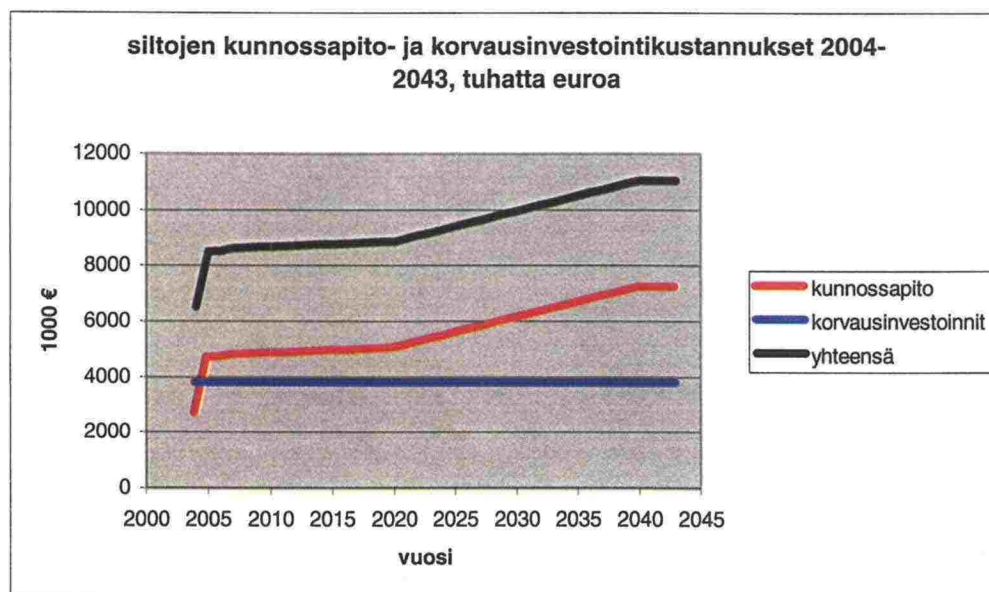
kustannus on 1,97 miljoonaa euroa vuodessa vuosina 2005–2019. /95, s. 38./ Sillaston ikääntymisen johdosta kunnossapitotarpeen arvioidaan jatkuvan samalla tasolla myös tarkastelujakson loppuun saakka.

Siltojen määrän kasvu sekä oikoradan rakentamisen että tasoristeysten poiston yhteydessä nostavat sillaston kunnan ylläpitokustannuksia. Kunnan ylläpitokustannukset kasvavat vuoden 2004 2,2 milj. eurosta vuoden 2043 4,5 milj. euroon.

Peruskunnossapitokustannukset kasvavat vuoden 2004 0,56 milj. eurosta 0,83 milj. euroon. Kunnossapitokustannusten nousuun vaikuttaa siltojen määrän kasvun lisäksi 250 kN:n akselipainon aiheuttama kunnossapitokustannusten nousu.

Akselipainojen noston seurauksena nykyisiä siltoja tulee tarkastaa sekä tehdä tarvittavia uusimis- ja vahvistamistöitä yhteensä noin 1613 sillalle. Nämä työt tehdään ennen akselipainon nostoa. Akselipainojen ja nopeustasojen noston myötä vastaavien töiden voi olettaa olevan tarpeellisia myös vuoden 2020 jälkeen. Tällöin vanhimpien siltojen elinkaaren päässä joudutaan kokonaisten siltojen uusimisiin, koska korjauksilla ei saada tilannetta paranemaan riittävästi. Kustannusten arvioidaan olevan noin 3,8 milj. euroa vuodessa. Uusimis- ja vahvistamistöitä ei tarvitse tehdä uusille silloille, jotka rakennetaan vuoden 2003 jälkeen.

Sillastosta aiheutuvat kokonaiskustannukset vaihtelevat näiden tarkastelujen perusteella tarkastelujaksolla 8,5–11,0 milj. euron välillä. Kustannusten vaihtelu ilmenee kuviosta 7.1.



Kuvio 7.1. Rautatiesilloista aiheutuvat kustannukset.

Laskelmista huolimatta tulee ottaa huomioon, että 250 kN:n akselipainon käyttöönoton aiheuttamia lisäkustannuksia sillaston kunnossapitoon ei kokemusperäisen tiedon puuttuessa voi tarkasti arvioida /96/. Sillaston kuntotason tuntemus tarkentuu tulevina vuosina, kun siltaraporttiin saadaan tarkastustietoja useammalta vuodelta peräkkäin.

Tämä saattaa muuttaa mm. siltojen korjaustarveindeksin kasvunopeutta. Selvää on myös, että korvausinvestointien mahdollinen viivästyminen kasvattaa korjaustöiden jälkeenjääneisyyttä. Tällöin vauriot pääsevät pahenemaan. Tästä seuraa vuosittaisten kokonaiskustannusten jatkuva nousu.

8 RUMMUT

Rautatierummulla tarkoitetaan ratapenkereessä sijaitsevaa siltamaista tai putkimaista rakennetta, joka on vapaa-aukoltaan alle 2,0 m. /105, s. 1/ Sen tehtävänä on johtaa valuma- ja sadevedet radan puolelta toiselle. Rummun luotettava toiminta on tärkeää mm. radan painumien ehkäisemiseksi.

Suomen rataverkolla on noin 6000 rumpua. Oy VR-Rata Ab:n ylläpitämässä rumpurekisterissä oli vuoden 2002 lopussa paikkatiedot 5542 rummusta, joten rekisterin kattavuus on 90–95 %. Kuntotietoa oli 3514 rummusta. /105, s. 1./

Tässä tutkimuksessa ei arvioida rumpujen korjausaikataulua ja kytköksiä muihin radalla tehtäviin töihin, vaan kustannukset on arvioitu tasaisiksi tai tasaisesti nouseviksi. Käytännössä rumpujen korjaustyöt tulee suorittaa ennen radan akselipainon tai nopeustason nostoa /96/.

8.1 Rumpujen tekninen kunto ja käyttöikä

Suurin osa rummuista on rakennettu samaan aikaan radan rakentamisen yhteydessä, joten niiden keski-ikä on hyvin korkea. Rumpurekisterissä ei ole tietoja rumpujen iästä. /105, s. 6./ Rummut on aikanaan rakennettu ilman täsmällisiä laskelmia.

Rumpujen suurimpina teknisinä ongelmina voidaan pitää kivrummyissa kivien siirtymistä, kivien avoimia saumoja sekä rumpujen pituuden vajaamittaisuutta. Kivien siirtyminen ja saumojen purkautuminen on todennäköisesti seurausta lisääntyneestä liikenteen kuormituksesta. Pituuden vajaamittaisuus on syntynyt aikojen saatossa tapahtuneista radan pengervervityksistä ja raiteen nostoista. Tästä syystä mm. siipimuurirakenteet ovat monin paikoin vaurioituneet ja pengermaita on valunut rummuille johtaviin uomiin. /105, s. 6–8./ Kuvassa 8.1 nähdään heikkokuntoinen rummu.



Kuva 8.1. Heikkokuntoinen kivrumpu. Rummun kivet ovat siirtyneet ja rummun uoma on tukkeutunut. /14, s. 13./

Vanhoille rumpurakenteille on vaikea antaa käyttöikätaivoitetta, koska rakentamismenetelmät ja rakentamisen taso on vaihdellut laajasti. Vanhojen kivrumpujen käyttöikää ei voida laskennallisesti osoittaa. Uudemmissa betonirakenteisilla rummuilla käyttöikä voidaan pitää sataa vuotta, sen sijaan teräs- ja muovirakenteisilla rummuilla käyttöikä lienee 50 vuotta. /105, s. 6–8./

8.2 Rumpujen kunnossapito ja kunnan seuranta

Rumpujen peruskunnossapitoon kuuluu puhdistus, virtauskapasiteetista huolehtiminen, rummun päiden jäätyamisen ehkäiseminen ja eroosiovaurioiden korjaaminen /16, s. 17–18/. Virtauskapasiteetin säilyttämisellä varmistetaan, ettei vesi pääse vahingoittamaan radan tai penkereen rakenteita ja tätä kautta liikenneturvallisuutta. /79, s. 46/

Rumpujen tarkastustoiminta tapahtuu nykyisin radan kävelytarkastuksen yhteydessä, jossa huomioidaan mahdolliset pengermateriaalin vuodot rumpuun, uoman tukkeutumiset sekä raiteen tai penkereen painumat. Tarkastuksissa kiinnitetään lisäksi huomiota rummun kantavuuteen. Kivirakenteiden päästessä liikkumaan rummun kantavuus heikkenee ja saattaa näin aiheuttaa liikenneturvallisuusriskin. Tarkastuksissa havaitut vauriot ja tarkastustiedot kirjataan rumpurekisteriin. /16, s. 8./

8.3 Rumpujen kunnan kehittyminen ja nykytilanne

Rumpujen kunnan systemaattista seuranta on tehty pitkään, mutta yhtenäinen rekisteri on ollut käytössä vasta vuodesta 2001 lähtien /105, s. 4/. Yhtenäinen rekisteri on mahdollistanut suuren tarkastustietomäärän edelleen käsittelyn ja analysoinnin. Kaikilta rataosilta rumpujen kuntotietoa ei ilmeisesti ohjeistuksen puutteellisuuden takia vielä ole saatavilla rumpurekisteristä. Vuoden 2002 rautatierumpujen hallintaraportissa on arvioitu kuntotilanteen olevan vielä tutkimattomilla rataosilla vastaavan kuin jo tutkituilla.

Rumpujen kuntotasoa arvioidaan siltojen hallintajärjestelmästä johdetulla korjaustarveindeksillä, jossa painotetaan vaurion vakavuutta ja korjaustoimenpiteiden kiireellisyyttä. Korjaustarveindeksin summan ja keskiarvon avulla voidaan vuosittain arvioida rumpujen kunnan kehittymistä sekä asettaa korjaustoimenpiteille kiireellisyysjärjestykset. /105, s. 12–13./

Vuonna 2002 tarkastettujen rumpujen korjaustarveindeksien summa oli 56 337 pistettä keskiarvon ollessa 16,03 pistettä. Keskiarvo putosi vuoden 2001 vastaavasta 1,16 pistettä, mutta tilanteen parantumiseen lienee asiantuntija-arvion mukaan syynä tarkastettujen rumpujen määrän kasvu eikä niinkään korjaustoimien lisäys. /105, s. 19/

Tarkastustiedoista on johdettu kustannusarvio rumpujen korjaamiselle. Kustannusarvio, yhteensä 4,07 milj. euroa, on laadittu rummuille, joille on voitu määrittää toimenpide, jolla vaurio voidaan korjata. Lisäksi rummuille, joiden korjaustarveindeksi on yli 100, esitetään perusteellisempaa tarkastusta. Näitä rumpuja on rataverkolla laskennallisesti noin 300. Tarkastuskustannuksiksi raportissa arvioidaan 500 euroa rummulta eli yhteensä 150 000 euroa. /105, s. 24/

Korjaus- ja tarkastustoimenpiteet suositetaan suoritettavaksi kymmenen vuoden aikana, jolloin vuotuisiksi kustannuksiksi muodostuu $0,407 + 0,015 = 0,422$ milj. euroa. /105, s. 24–25./ Töitä ei kuitenkaan ole käynnistetty vuonna 2003, eikä niitä myöskään rahoituksen puuttumisen vuoksi voitane käynnistää vuonna 2004. Tämän vuoksi työt oletetaan tehtäväksi vuosina 2005–2014. On huomattava, että mikäli töiden käynnistäminen tästäkin viivästyy, rumpujen vauriot pääsevät edelleen pahenemaan. Tällöin myös kokonaiskustannukset kasvavat.

Rumpujen teknisen kunnan kehittymistä pitemmällä aikavälillä on rumpurekisterin tietoihin nojautuen vaikea määrittää. Vasta, kun tarkastustoiminta on saanut selvän linjan ja jo tarkastushetkellä voidaan antaa alustava toimenpide-ehdotus, voidaan saada aikaan parempia ennusteita kunnan kehittymiselle. Kun tarkastuksista kertyy tietoa useammalta vuodelta, ennusteiden luotettavuus paranee. /105, s. 24./

8.4 Rumpujen ikääntymisestä aiheutuvat kustannukset

Rumpujen ikääntymisen ei katsota olevan yhtä voimakasta kuin silloilla. Toiminnallinen ikääntyminen kuitenkin nopeutuu, jos radan vaatimustasoa, ts. akselipaino- tai nopeustasovaatimuksia nostetaan. /105, s. 7./

Edellä mainituista korjaustoimenpiteistä huolimatta voidaan olettaa rumpujen korjaustarpeen jatkuvan myös vuoden 2014 jälkeen, varsinkin kun korjaustoimenpiteiden aikana (2005–2014) rumpuihin kertyy uutta korjaustarvetta. Korjaustarvetta kivirummuissa aiheuttaa mm. liikennekuormituksesta johtuva kivien siirtyminen. Siksi voidaankin olettaa, että kuvatunlaisten kunnan ylläpito- ja korjaustoimenpiteiden tarve jatkuu koko tarkastelujakson ajan.

Rumpuraportissa esitetään lisäksi ns. päätarkastusjärjestelmän luomista rummuille. Pää-tarkastuksissa tarkastettaisiin perusteellisesti rummut, joiden korjaustarveindeksin pisteluku on yli 100. /105, s. 26./

Jatkuva korjaustarve ja tarkastustoiminnan tehostaminen huomioon ottamalla rumpujen kunnan ylläpitoon liittyvien kustannusten voidaan arvioida pysyvän myös vuosina 2015–2043 $0,422$ milj. euron vuositasolla. Tässä tarkastelussa ei ole huomioitu akselipainon noston vaikutusta kustannuksiin.

8.5 Akselipainon noston vaikutus rumpujen kunnan ylläpitoon

250 kN:n akselipainon tavoiteverkon rataosilla on Oy VR-Rata Ab:n ylläpitämän rumpurekisterin mukaan noin 4000 rumpua /106/.

Kappaleessa 8.5 arvioitiin rumpujen kunnan ylläpidon kustannusten olevan koko tarkastelujaksolla noin $0,422$ milj. euroa vuodessa. Akselipainon nosto 250 kN:iin lisää kuitenkin vääjäämättä rumpuihin kohdistuvaa kuormitusta ja sitä myötä nopeuttaa vaurioiden syntymistä.

Vaurioiden ja niistä aiheutuvien kustannusten kasvuksi voidaan karkeasti arvioida 1 % vuodessa /101/. Kustannusten nousu koskee vain niitä rumpuja, jotka sijaitsevat akselipainon noston alaisilla rataosilla. Näin voidaan arvioida, että rumpujen korvaus-

investointikustannukset kasvavat vuoteen 2043 mennessä tasaisesti 0,422 milj. eurosta ($1,01^{38} * 0,422$ milj. euroa * (4000/6000) rumpua) + (0,422 milj. euroa * (2000/6000) rumpua) = 0,55 milj. euroon.

8.5.1 Akselipainon vaikutus rumpujen korvausinvestointikustannuksiin

Vuonna 2001 valmistuneessa akselipainoselvityksissä tutkittiin akselipainon noston vaikutuksia mm. rumpukustannuksiin. Rataosilla Kirkniemi–Hanko, Harjavalta–Mäntyluoto ja Lauritsala–Kotka/Hamina selvitettiin yhteensä 223 rummun kunto akselipainon nostoa silmällä pitäen. Tutkituista rummuista 14:n todettiin vaativan korjaustöitä ennen akselipainon nostoa. Kustannusarvio näiden 14 rummun korjaukselle oli yhteensä 908 200 euroa. Laskemalla korjauskustannukset kaikille rummuille saadaan nauhakustannukseksi 908 200 euroa / 223 rumpua = 4073 euroa/rumpu. /104, s. 23./

Vuosina 2001–2003 rataosille Pieksämäki–Kuopio, Jyväskylä–Pieksämäki ja Riihimäki–Kouvola tehdyissä korvausinvestointien tarveselvityksissä tutkittiin muun ohessa akselipainon noston aiheuttamia rumpujen uusimis- ja korjauskustannuksia. Selvitysten mukaan normaalien vahvistus- ja uusimistöiden lisäksi akselipainon noston yhteydessä tapahtuva penkereen levitys vaatii usein myös rumpujen pidennystä. Rumpuja mainituilla rataosilla on yhteensä 271 ja niiden korjauskustannukset ovat selvitysten mukaan yhteensä noin 2,9 milj. euroa. /10, liite 6; 20, s. 42, 49; 25, s. 32, 39/ Taulukosta 8.1 ilmenevät sekä näiden kolmen rataosan että akselipainoselvitysten esittämät rummuista aiheutuvat kustannukset, jotka on esitetty nauhakustannuksina.

Taulukko 8.1. Akselipainon nostosta aiheutuva rumpujen korjaustarve

Rataosa	Rumpuja yht.	Kustannukset M€	Kustannus €/rumpu
Pieksämäki-Kuopio	114	1,7	15 105
Jyväskylä-Pieksämäki	72	0,6	8 889
Riihimäki-Kouvola	85	0,8	9 412
akselipainoselvitys	223	0,9	4 073
Yhteensä/keskiarvo	494	4,0	8 097

Taulukosta nähdään, että kustannukset vaihtelevat rataosittain. Keskiarvoa, noin 8 100 euroa/rumpu, voitaneen kuitenkin pitää hyvänä arviona koko rataverkon rumpujen uusimis- ja korjaustarpeen kustannuksille rataosilla, joita akselipainon nosto 250 kN:iin koskee. Nämä työt on tehtävä ennen akselipainon nostoa.

Koska akselipainon nostotoimet ovat alhaisen rahoitustason takia viivästyneet, on syytä olettaa, että akselipainon nosto tapahtuu rataverkolla tasaisesti vuosina 2004–2020. Tällöin rumpujen korjauskustannukset ovat tänä aikana (8 100 euroa/rumpu * 4000 rumpua) / 17 vuotta = 1,9 milj. euroa vuodessa.

Voidaan olettaa, että akselipainon noston vaikutukset alkavat näkyä rummuissa vasta viiveellä. Pahimmassa tapauksessa vanhimmat kivirummut tulevat vaatimaan laajaa kokonaisuusimista, eivätkä kuntoa ylläpitävät korjaustoimet enää riitä. Tämän vuoksi

voitaneen karkeasti arvioida, että rumpujen uusimiseen kuluu noin 1 milj. euroa vuodessa vuosina 2021–2043.

8.5.2 Akselipainon noston vaikutus peruskunnossapitokustannuksiin

250 kN:n akselipainon vaikutuksista rumpujen kunnossapitotarpeeseen ei vielä ole kokemuseräistä tietoa. On kuitenkin syytä olettaa, että kunnossapitokustannukset kasvavat mm. ylimääräisten tarkastusten lisääntymisen johdosta ja siksi, että akseli-kuormat kasvavat yli mitoituskuormien. Mitoituskuormien ylitys aiheuttaa kivi-rumpujen kivien siirtymisen nopeutumista. /101/

Lähtökohtana voitaneen pitää, että kustannusten nousu on samaa luokkaa, kuin päällysrakenteelle on arvioitu. RHK:n julkaisussa A4/2001 ”Radan kunnossapitokustannusten kirjallisuustutkimus” on päädytty tulokseen, että kunnossapitokustannukset nousevat akselipainon noston myötä enintään 10 %. /32, s. 70./

Rumpujen hallintaraportissa rumpujen peruskunnossapitokustannukseksi arvioidaan 250 euroa/rumpu/vuosi. Koska rumpujen määrä ei tulle tarkastelujaksolla kasvamaan, voidaan kunnossapitokustannusten olettaa olevan ilman akselipainon noston vaikutusta $6000 \text{ rumpua} * 250 \text{ euroa/rumpu} = 1,5 \text{ milj. euroa vuodessa}$. /105, s. 25./

Akselipainon noston alaisilla radoilla peruskunnossapitokustannusten voidaan arvioida kasvavan $0,1 * 250 \text{ euroa} = 25 \text{ euroa rumpua kohti}$. Muilla radoilla kunnossapitokustannukset pysyvät ennallaan.

Rumpujen kunnossapitokustannukset tulevat siis nousemaan nykytasosta ($250 \text{ euroa/rumpu} * 6000 \text{ rumpua}$) = 1,5 milj. eurosta ($250 \text{ euroa/rumpu} * 2000 \text{ rumpua} + 275 \text{ euroa/rumpu} * 4000 \text{ rumpua}$) = 1,6 milj. euroon vuodessa. Näiden kustannusten ei arvioida kasvavan vuoden 2020 jälkeen.

8.6 Rautatierumpujen kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

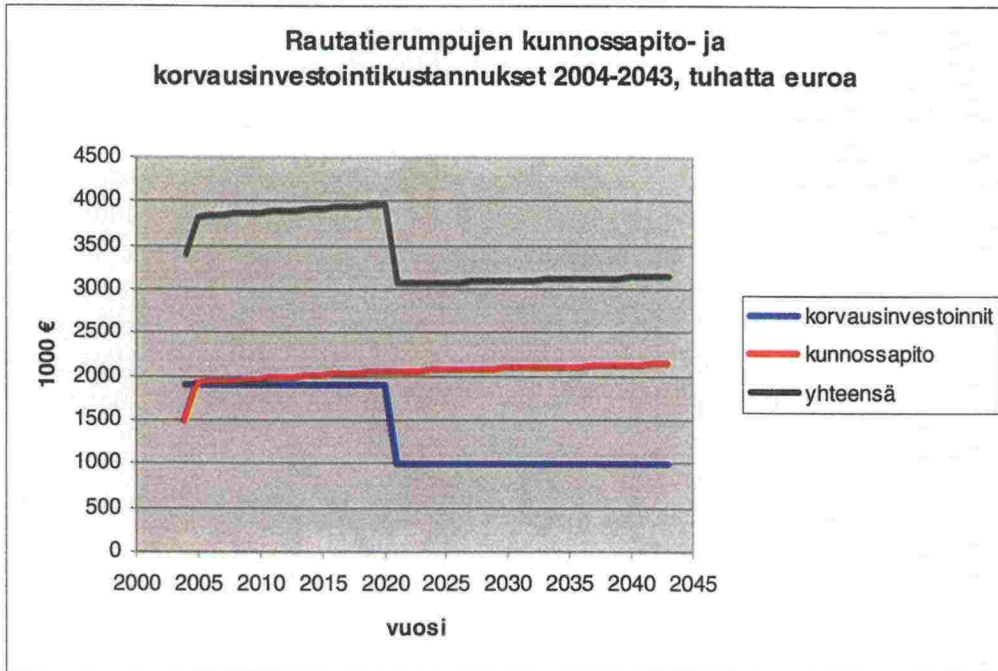
Rautatierumpujen hallintaraportin 2002 mukaan rumpujen vaurioiden korjaamisen ja erikoistarkastuksen kustannusarvio on 0,422 milj. euroa vuodessa. Korjaustyöt oletetaan tehtäväksi kymmenen vuoden aikana vuosina 2005–2014. Tämä kunnan ylläpitotarve kuitenkin jatkuu rumpujen toiminnallisen ikääntymisen johdosta samalla tasolla koko tarkastelujakson ajan eli myös vuosina 2015–2043. Akselipainon nosto 250 kN:iin suurella osalla rataverkkoa kuitenkin kasvattaa tarpeen tasaisesti noin 0,55 milj. euroon.

Peruskunnossapidon kustannukset kasvavat tarkastelujaksolla tasaisesti nykyisestä noin 1,5 milj. eurosta 1,6 milj. euroon. Syynä tähän on akselipainojen korotuksen aikaansaama lisääntynyt huolto- ja tarkastustarve.

250 kN akselipainon käyttöönoton edellä rumpuja tulee vahvistaa ja mahdollisesti uusita. Näiden töiden kustannus on 1,9 milj. euroa vuodessa vuosina 2004–2020. Rumpujen ikääntyessä on oletettavaa, että paikoin joudutaan vanhojen kivirumpujen kokonaisuun uusimisiin. Tämän kustannukseksi arvioidaan 1 milj. euro vuodessa vuosina 2021–2043.

Kaikkiaan rautatierumpuista aiheutuvat kustannukset tulevat arvioiden mukaan vaihtelevaan tarkastelujaksolla 3,1–4,0 milj. euron välillä, jota kuvio 8.1 esittää.

Laskelmista huolimatta tulee muistaa, että kokemuksia akselipainon korotuksen vaikutuksista kunnossapitokustannuksiin ei vielä juurikaan ole.



Kuvio 8.1. Rautatierumpujen kustannukset.

9 TURVALAITTEET

Turvalaitteilla tarkoitetaan laitteistoja, joiden tehtävänä on mahdollistaa rautatie liikenteen turvallinen ja sujuva ohjaaminen /107, s. 9/. Näihin luetaan asetinlaitteet, varmistuslukko- ja opastinturvalaitokset, suojastus, kulunvalvonta, kauko-ohjaus ja tasoristeyslaitokset. /107, s. 33; 108/ Tässä selvityksessä käsiteltävä aihe jaetaan turvalaitteisiin sekä valvonta- ja ohjauslaitteisiin. Valvonta- ja ohjauslaitteet käsittävät raidevirtapiirit, akselinlaskentalaitteet, suojastuksen ja laakereiden kuumakäynti-ilmalaisimet.

Asetinlaitteilla ohjataan rautatieliikenteessä käytettäviä juna- ja vaihtokulkuteitä. Teknisesti asetinlaitteet jaetaan mekaanisiin, rele-, releryhmä- ja elektronisiin asetinlaitteisiin. Elektronisia asetinlaitteita kutsutaan tässä nimellä tietokoneasetinlaite. Asetinlaitteen toiminta suunnitellaan sellaiseksi, ettei vaaratilannetta synny inhimillisen erehdyksen, ympäristöolosuhteiden tai laitteen toimintahäiriön johdosta. /107, s. 33./

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestointikustannuksia on syytä arvioida viimeaikaisten vastaavien töiden kustannusten perusteella. Monien laitteiden elinkaaren aikana niiden käytettävyyden ylläpitämiseksi tarvitaan ns. uusivaa ja korjaavaa kunnossapitoa.

9.1 Mekaaniset asetinlaitteet

Mekaanisissa asetinlaitteissa kulkuteiden ohjaaminen ja vaihteiden kääntäminen tapahtuu mekaanisesti kampia tai kankia kääntämällä. Näiden kääntöliike johdetaan mekaanisen johdon, teräslangan, avulla käyttölaitteelle, esimerkiksi vaihteen kääntölaiteelle. /107, s. 47–48./ Mekaanisia asetinlaitteita on käytössä vuoden 2003 lopussa enää 11 kpl /108/.

Käytössä olevat mekaaniset asetinlaitteet ovat jo hyvin vanhoja. Niiden heikkoutena voidaan pitää jatkuvaa mekaanista huoltotarvetta. Mekaanista asetinlaitetta ei myöskään voida liittää kauko-ohjaukseen, joten mekaanista asetinlaitetta käyttämään tarvitaan aina erillinen henkilö. Tämä henkilö toimii liikennepaikan junasuorittajana tai ratapihalla asetinlaitemiehenä. Mekaanisten asetinlaitteiden käyttökustannukset muodostuvat siis varsin suuriksi. Mekaaniset asetinlaitteet tullaan korvaamaan lähivuosina nykyaikaisemilla tekniikoilla.

9.2 Rele- ja releryhmäasetinlaitteet

Rele- ja releryhmäasetinlaitteet ovat liikennepaikalla sijaitsevia relepohjaisia turvalaitoksia. Laitteeseen kuuluu releistö virransyöttölaitteineen sekä kaapeloinnit ratapihan kytkinkaapeille ja edelleen laitteisiin. Näitä laitteita ovat mm. opastimet, vaihteet ja raidevirtapiirit. /107, s. 42./ Releryhmäasetinlaitteissa vaihteille, opastimille, kulkuteille ym. on omat releryhmänsä, jolloin tarvittavien releiden määrä kasvaa /109/. Releryhmien etuna on asetinlaitteen helppo ja edullinen muunneltavuus esimerkiksi ratapihamuutostöiden yhteydessä. Poistettaessa raide käytöstä muutostyöhön riittää raitteeseen liittyvän releryhmän poistaminen laitteistosta. /110, s. 37./

Releasetinlaitteiden käyttöikä arvioidaan 30–50 vuodeksi /108; 109; 111; 112/. Käyttöikä riippuu suuresti laitteiden varaosien saatavuudesta. Releasetinlaitteen käyttöikä

voidaan usein pidentää huoltamalla ja puhdistamalla releitä mm. ultraäänipesun avulla. Kuluneet osat voidaan vaihtaa uusiin tai kunnostettuihin. /109; 111/

Suomessa on käytössä kuuden eri valmistajan releasetinlaitteita, joista mm. Unkarissa valmistettujen Ganzin, DDR:ssä valmistettujen WSSB:n ja Neuvostoliitossa valmistettujen asetinlaitteiden varaosien saatavuudessa on ongelmia /112/. Näitä ongelmallisia asetinlaitteita on käytössä yhteensä 24 /108/. Muut releasetinlaitteet ovat pääosin Siemensin valmistamia ja näiden varaosien saatavuus näyttää tällä hetkellä turvatulta. Näille asetinlaitteille voidaan arvioida käyttöiäksi 40–50 vuotta. /112/

Releasetinlaitteiden kunnossapitokustannukset ovat sen elinkaaren aikana varsin tasaiset. Monista muista elementeistä poiketen releasetinlaitteiden kunnossapitokustannuksissa ei tapahdu kovin merkittävää nousua elinkaaren loppua lähestyessä. /109/ Niinpä releasetinlaitteiden uusimisella ei tavoitella kunnossapitokustannusten säästöä, vaan uusiminen tapahtuu joko varaosien saatavuuden heikentyessä, radan muun korvausinvestoinnin yhteydessä tai liikenteellisten vaatimusten muuttuessa /109; 111; 112/.

Yleinen suuntaus eurooppalaisellakin tasolla on johtamassa siihen, että releasetinlaitteet tullaan niiden käyttöiän lopussa korvaamaan tietokoneasetinlaitteilla. Vähäliikenteisillä radoilla korvaavaksi tekniikaksi tulee Suomessa radio-ohjausjärjestelmä. /108; 112/

9.3 Varmistusrakko- ja opastinturvallaitokset

Varmistusrakko- ja opastinturvallaitos on yksinkertainen turvalaitos, joka on suunniteltu ensisijaisesti junakohtauspaikkoja varten. Laitoksen suojaaman liikennepaikan vaihteet on lukittu varmistusrakko ja liikennepaikka on varustettu tulosuuntien pää- ja esiopastimin. Opastimilla annettavat opasteet ovat riippuvaisia vaihteiden asennosta. /107, s. 47./ Varmistusrakko- ja opastinturvallaitoksia on käytössä lähinnä vähäliikenteisillä rataosilla /108/.

Varmistusrakko- ja opastinturvallaitoksia on käytössä tällä hetkellä noin 50 ja ne alkavat olla elinkaarensa lopussa. Käytössä olevat laitokset on rakennettu pääasiassa 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa. Turvalaitoksen käyttäminen vaatii aina paikallisen miehityksen liikennepaikalle, eikä turvalaitosta voida kauko-ohjata. Varmistusrakko- ja opastinturvallaitokset tultaneen lähivuosina korvaamaan vähäliikenteisten ratojen radio-ohjausjärjestelmällä. Mikäli liikenne on todella vähäistä, eikä radio-ohjausjärjestelmää rakenneta, laitokset muutettaneen varmistusrakkolaitoksiksi tai puretaan kokonaan. /109/ Varmistusrakkolaitos eroaa varmistusrakko- ja opastinturvallaitoksesta siten, ettei siinä ole liikennepaikkaa suojaavia opastimia.

9.4 Tietokoneasetinlaitteet

Tietokoneasetinlaitteissa juna- ja vaihtotyöliikennettä ohjataan logiikkakomponentteihin perustuvalla järjestelmällä. Rataosan tai liikennepaikan liikennetilanne ja kulkutiet näkyvät tietokonevalvomoista. Käskyt järjestelmälle annetaan näppäimistöä ja hiirtä käyttäen. /107, s. 34–35./

Ensimmäiset tietokoneasetinlaitteet otettiin käyttöön Suomessa 1990-luvun alussa Jyväskylässä ja Pieksämäellä /109/. Lyhyestä käyttökokemuksesta johtuen tietokone-

asetinlaitteiden elinkaaren pituutta on vaikea arvioida täsmällisesti /112/. Myöskään Euroopassa ei juuri ole pitempää kokemusta tietokonelaitteiden käyttöiästä. Yleisesti tietokoneasetinlaitteen käyttöiäksi arvioidaan 15–25 vuotta /108; 109; 111; 112/. Tosin asetinlaitteen käyttöiän aikana laitteistojen tekniikkaan ja ohjelmistoihin joudutaan tekemään useita päivityksiä /112/. Uusimista vaativia osia ovat yleisesti ohjauslaitteet, ts. näppäimistöt, hiiret ja näyttöruudut. Laskelmissa tietokoneasetinlaitteiden käyttöaikana käytetään kahtakymmentä vuotta.

Tietokoneasetinlaitteiden käyttöiän lyhyteen vaikuttaa alan nopea kehitys, jossa laitevalmistajat eivät halua sitoutua toimittamaan komponentteja kovinkaan pitkään. Toisaalta markkinoille tulee noin viiden vuoden välein uusia versioita asetinlaiteohjelmistoista ja näin valmistajien halu vanhojen ohjelmistojen käytettävyyden ylläpitämiseen ja päivitysten tekemiseen on vähäistä. /111/

Tietokoneasetinlaitteiden kunnossapitokustannuksiin vaikuttavat ohjelmistopäivitysten määrät sekä normaali viankorjaus. Elinkaaren alkuvaiheessa kunnossapitokustannuksia nostaa laitteistoissa esiintyvät ns. lastentaudit. /111/

Tietokoneasetinlaitteen korvausinvestointikustannukset ovat pitkälti riippuvaisia siihen liitettävien vaihteiden ja opastinten määrästä eli ratapihan laajuudesta. Kustannukset muodostuvat itse asetinlaitetekniikasta, käyttöönosta ja tarvittavista kaapeloinneista. Esimerkkejä viimeaikaisten tietokoneasetinlaitteiden hankinta- ja käyttöönotto-kustannuksista on esitelty taulukossa 9.1 /113/.

Taulukko 9.1. Tietokoneasetinlaitteen hankinta- ja käyttöönottokustannuksia

Liikennepaikka	Kustannus M€
Joutseno	3,6
Imatra	3,5
Lauritsala	2,5
Muukko	1,6
Torkkeli, Talviainen, Länkipohja yht.	3,1

Esimerkkikustannuksia voidaan pitää suuntaa antavina muidenkin asetinlaitteiden korvausinvestointikustannuksista. Taulukossa mainitut Joutsenon ja Imatran liikennepaikat edustavat suurehkoja liikennepaikkoja, joilla on runsaasti sivuraiteita. Asetinlaitteen korvausinvestointikustannuksiksi voidaan arvioida 3–4 milj. euroa.

Pienekköä liikennepaikkaa taulukossa edustaa Lauritsala. Tällaisella liikennepaikalla on useita sivuraiteita tavaraliikennettä varten, mutta asetinlaitteen laajuus on kuitenkin pienempi kuin suurehkoilla liikennepaikoilla. Tämänkaltaisten liikennepaikkojen asetinlaitteen korvausinvestointikustannuksiksi voidaan arvioida 2–3 milj. euroa.

Niin sanottuja junakohtauspaikkoja taulukossa edustavat Muukko, Torkkeli, Talviainen ja Länkipohja. Junakohtauspaikoilla on yleensä vain yksi sivuraide, eikä asetinlaitteen laajuus siksi ole kovin suuri. Tällaisten liikennepaikkojen asetinlaitteen korvausinvestointikustannukseksi voidaan arvioida 1–1,5 milj. euroa.

Taulukossa 9.1 mainittuja liikennepaikkoja suurempia ovat mm. suuret risteysasemat kuten Kouvola, Pieksämäki ja Riihimäki. Suurten liikennepaikkojen asetinlaitteiden korvausinvestointikustannuksiksi voidaan arvioida 5–8 milj. euroa. Helsingin ja Tampereen asetinlaitteet vaativat näitäkin laajempia ratkaisuja ja niiden korvausinvestointikustannuksiksi voidaan arvioida 9–15 milj. euroa. /114/

Tietokoneasetinlaitteet vaativat elinkaarensa aikana komponenttien uusimista ja ohjelmistojen päivytystä. Asetinlaitteita hankittaessa sisälaitteiden eli tietokone- ja ohjauslaitteiden osuus hankintakustannuksista on noin 50 %. RHK:n asiantuntijan arvion mukaan voidaan olettaa, että laitteistojen ikääntymisen seurauksena noin puolet komponenttien ja ohjelmistojen alkuinvestoinnin rahallisesta määrästä joudutaan järjestelmän elinkaaren aikana käyttämään laitteiden uusivaan kunnossapitoon. Uusimisten ja päivitysten voi olettaa alkavan 7 käyttövuoden jälkeen ja jatkuvan tasaisena 13 vuoden ajan, kunnes asetinlaite 20-vuotiaana on elinkaarensa päässä. Kokemuseräisen tiedon mukaan mm. ohjauslaitteiden uusiminen tulee ajankohtaiseksi noin 7 vuoden päästä käyttöönotosta. /115/

Esimerkki: Liikennepaikalla otetaan käyttöön vuonna 2004 tietokoneasetinlaite, jonka hankintakustannus on 4 M€. Uusimis- ja päivityksiin arvioidaan elinkaaren aikana kuluvan $4 \text{ M€} * 0,5 * 0,5 = 1 \text{ M€}$. Uusimiset ja päivitykset tapahtuvat vuosina 2011–2023, jolloin vuosikustannukseksi muodostuu noin 77 000 euroa. Vuonna 2024 asetinlaite on elinkaarensa päässä ja se uusitaan, jolloin korvausinvestointikustannukseksi muodostuu noin 4 M€.

9.5 Radio-ohjausjärjestelmä

Radio-ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan turvalaitejärjestelmää, jossa rataosan kaikkien liikennepaikkojen logiikka-asetinlaitteita ohjataan keskitetysti yhdestä paikasta. Radan liikennepaikat on varustettu kulunvalvonnalla. Lähtölupa liikennepaikalta annetaan näkyvän opastimen sijasta radiolla. Radio-ohjauslaitteistoja on käytössä rataosilla Haapamäki–Seinäjoki–Vaasa, Siilinjärvi–Viinijärvi, Tornio–Kolari sekä Pieksämäki–Joensuu. Laitteistoja tullaan rakentamaan useita lisää lähivuosina. Radio-ohjauslaitteistot soveltuvat vähäliikenteisille radoille, joilla liikennepaikkojen määrä on vähäinen. /112/

Radio-ohjausjärjestelmissä käytettävä tekniikka on helposti korvattavissa sen ikääntyessä ja kehittyneempien järjestelmien tullessa markkinoille /112/. On kuitenkin oletettava, että laitteistojen taloudellinen käyttöikä on noin 25 vuotta. Elinkaaren lopussa laitteistojen, mm. logiikkapiirien, uusimiskustannukset ovat nousseet jo niin suuriksi, ettei järjestelmää kannata enää pitää yllä korjaustoimilla, vaan on järkevää investoida kokonaan uuteen. /115/

Vuosina 1998–1999 rataosalle Haapamäki–Seinäjoki rakennetun radio-ohjausjärjestelmän kustannus oli noin 25 000 euroa/ratakilometri /112/. Kustannuksiin sisältyivät logiikka-asetinlaitteiden, tiedonsiirtolaitteistojen ja ohjauslaitteiden lisäksi kulunvalvonnan ratalaitteiden rakentaminen. Esimerkkikustannusta voidaan pitää hyvänä keskiarvona muillekin rataosille, koska radio-ohjausjärjestelmiä tullaan rakentamaan suhteellisen vähäliikenteisille rataosille, joilla liikennepaikkojen määrä on vähäinen.

Radio-ohjausjärjestelmän rakentamiskustannuksista noin 30 % muodostuu logiikoista, ohjauselektronikasta, päätelaitteista ja kulunvalvontalaitteista. Voidaan olettaa, että laitteistojen ikääntymisen seurauksena noin puolet mainittujen sisälaitteiden ja kulunvalvonnan alkuinvestoinnin rahallisesta määrästä joudutaan järjestelmän elinkaaren aikana käyttämään laitteiden uusivaan ja korjaavaan kunnossapitoon. Kunnossapidon voidaan olettaa alkavan 7 vuoden päästä käyttöönotosta ja jatkuvan tasaisena laitteiston 25 ikävuoteen saakka. Seitsemää vuotta käyttöönotosta voidaan pitää perusteltuna siksi, että mm. päätelaitteiden, esimerkiksi monitorien kestoikä on tätä luokkaa. /115/ Näin ollen radio-ohjausjärjestelmän uusimiskustannukset elinkaaren aikana ovat noin 25 000 euroa/r-km * 0,3 * 0,5 = 3 750 euroa/km. Kun uusimistyöt tapahtuvat 18 vuoden aikana, muodostuu vuosikustannukseksi noin 210 euroa/kilometri. Elinkaaren päässä laitteistoille tarvitaan kuitenkin korvausinvestointi, jonka kustannus on mainittu 25 000 euroa/ratakilometri.

9.6 Raidevirta- ja äänitaajuuspiirit sekä akselinlaskentalaitteet

Raidevirta- ja äänitaajuuspiirien avulla voidaan valvoa raiteiden vapaanaoloa. Junan akselien tullessa raidevirtapiirin valvomalle raiteen osuudelle ne oikosulkevat raidevirtapiiriin. Raiteen varautumisesta viedään tieto asetinlaitteelle. Raidevirtapiiri vapautuu vasta, kun juna on kokonaan poistunut aiemmin varatulta raidevirtapiiriin osuudelta. /110, s. 21./

Akselinlaskentalaitteiden tehtävä on sama kuin raidevirtapiireillä. Kuvassa 9.1 nähtävän akselinlaskentalaitteen anturilta suuntautuu kiskon hamaran yli sähkömagneettinen kenttä vastaanottajalaitteelle. Liikkuvan kaluston pyörän ohittaessa laskentalaitteen sähkömagneettinen kenttä muuntuu. Laite laskee muunnospulssien määrän mukaan ohimenneiden akselien lukumäärän. Tätä lukua verrataan junan kulkusuunnan mukaisen edellisen akselinlaskentalaitteen lukemaan. Mikäli lukemat ovat samat, juna on tullut osuudelta kokonaisuena ja osuus vapautuu. Junan kulkusuunnan huomioimiseksi akselinlaskentalaitteessa on kaksi anturia. Näin niiden häiriintymisjärjestyksestä saadaan selville junan kulkusuunta. /110, s. 23./



Kuva 9.1. Akselinlaskentalaitte. (Lähde: RHK)

Akselinlaskentalaitteiden käyttöikä voidaan pitää noin 20 vuotta. Järjestelmät tullaan uusimaan samassa yhteydessä muidenkin turvalaitejärjestelmien kanssa. Raidevirtapiirien käyttöikä on vaikeampi määrittää, koska laitteisiin liittyviä releitä uusitaan niiden vikaantuessa. /116/ Tulevaisuudessa ollaan kuitenkin enenevässä määrin siirtymässä akselinlaskentalaitteiden käyttöön. Akselinlaskentalaitteiden käyttöä puoltavat edullisemmat hankinta- ja käyttökustannukset. /116; 117, s. 4./ Lisäksi raidevirtapiirien vaatima jatkosrako kiskoissa kuluttaa sekä kalustoa että kiskoja päitä. /108; 109; 116/ Vilkkaasti liikennöidyillä radoilla eristysjatkoksiin kertyy kiskoista ja junan pyöristä irtoavaa metallipölyä ja -lastuja. Kokemusten mukaan metallinen aine on satunnaisesti aiheuttanut virheellisiä raidevirtapiirin sulkeutumisia. /108/ Tämänkaltaiset tilanteet aiheuttavat aina liikennehaittoja. Junia ei voida päästää varautuneelle osuudelle ennen kuin on varmistettu, mistä raidevirtapiirin sulkeutuminen on johtunut.

Akselinlaskentalaitteiden hankintakustannuksiksi oikoradalle Kerava–Lahti on arvioitu noin 1,2 milj. euroa /117, s. 8/. Uuden radan pituudeksi tulee 63 km /99/. Koska radasta tulee kaksiraiteinen, muodostuu akselinlaskentalaitteiden hankintakustannuksiksi noin 9 500 euroa/raidekilometri. Tätä kustannusta voidaan käyttää arvioitaessa muidenkin ratojen akselinlaskentalaitteiden uusimiskustannuksia sekä arvioitaessa raidevirtapiirejä korvaavan akselinlaskentajärjestelmän rakentamiskustannuksia.

Myös akselinlaskentalaitteiden arvioidaan tarvitsevan elinkaaren aikaista uusivaa kunnossapitoa. Uusimistarvetta saattaa ilmentyä mm. laskentalaitteiden piirikorteissa /118/. Tarkkoja arvioita uusimistarpeesta ei kuitenkaan voida antaa. Voitaneen olettaa, että elinkaaren aikaiseen uusivaan kunnossapitoon kuluu noin 25 % alkuperäisistä hankintakustannuksista. Uusiminen alkaa laskennallisesti 7 vuoden päästä laitteiston käyttöönotosta ja jatkuu tasaisena elinkaaren päähän.

9.7 Suojastus

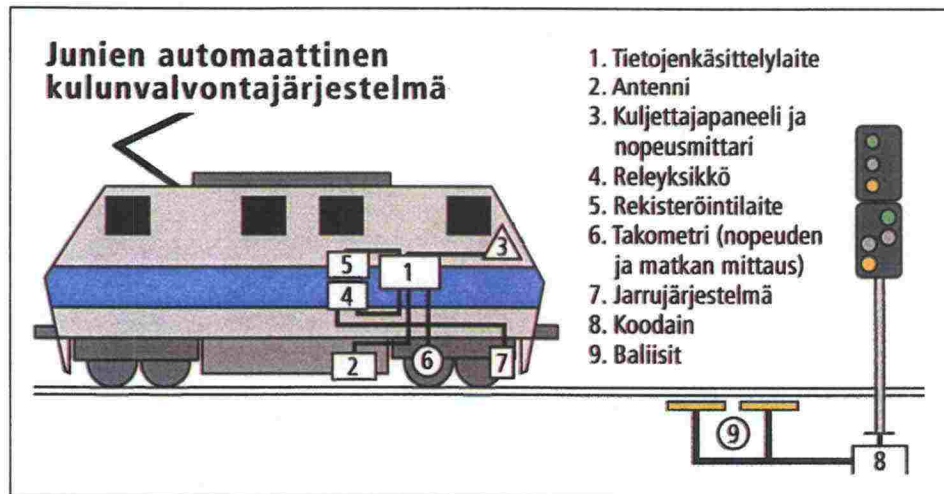
Liikennepaikkojen välillä eli linjalla olevaa turvalaitejärjestelmää kutsutaan suojustukseksi /110, s. 40/ Suojastuksella jaetaan ratalinja useaan ns. suojaväliin. Suojavälin

pituus vaihtelee rataosittain noin 1,5 kilometristä ns. asemavälisuojustukseen, jossa suojavälin pituus on sama kuin vierekkäisten liikennepaikkojen väli. Suojastusjärjestelmä ohjaa opastimien opasteita raidevirtapiiri- tai akselinlaskentalaitteista saatavalla raiteen vapaanaolotiedon perusteella. /107, s. 53./

Nykyisin turvalaitejärjestelmiä uusittaessa ratalinjalle rakennetaan aina myös suojastus. Nykyisten suojastusjärjestelmien uusiminen tulee ajankohtaiseksi rataosan muun turvalaitejärjestelmän uusimisen yhteydessä.

9.8 Kulunvalvonta

Kulunvalvonnalla tarkoitetaan laitteistoa, jolla varmistetaan junaa koskevien nopeusrajoitusten ja opasteiden noudattaminen. Suomessa on käytössä ns. pistemäinen kulunvalvonta, jossa nopeusrajoitus- ja opastintiedot välitetään junaan radassa olevien baliisien välityksellä. Junan ns. veturilaitteet käsittelevät tiedon ja tarvittaessa jarruttavat junaa. /107, s. 57./ Kulunvalvonnan komponentit selviävät kuvasta 9.2.



Kuva 9.2. Kulunvalvonnan komponentit. /119/

Junien kulunvalvonnan rakentaminen alkoi Suomessa vuonna 1995, jolloin kulunvalvonta otettiin käyttöön rataosalla Kirkkonummi–Turku. Tämän vuoksi käyttökokemuksia on kertynyt vasta lyhyeltä ajalta. Baliiseissa on kuitenkin jo nyt havaittu vikaantumista. Heikoimmillaan käyttöikä on jäänyt viiteen vuoteen ja tästä syystä viime vuosina on jouduttu vaihtamaan 200–300 baliisia. Tutkimuksista huolimatta vian syytä ei ole löytynyt. /108; 109; 112/ Oletettavaa on, että baliisien vaihtotarve jatkuu lähivuosina. Uusiin kulunvalvonnan rakentamishankkeisiin on valittu toinen baliisitoimittaja. /112/.

Kokonaisuutena kulunvalvontajärjestelmän käyttöikä voidaan pitää 25 vuotta. Tätä olettamusta tukee mm. Ruotsin rautateiden kokemukset kulunvalvontalaitteiden käyttöiästä. Ruotsin 1980-luvulla rakennetulla kulunvalvontajärjestelmällä arvioidaan olevan vielä 5–10 vuotta käyttöikää jäljellä. /50/

Vuosina 1995–2003 käyttöönotettujen kulunvalvonnan ratalaitteiden rakentamiskustannukset olivat noin 27 000 euroa/raidekilometri /115/.

Nykyarvion mukaan kulunvalvontalaitteiston ratalaitteiden uusiminen on elinkaaren aikana jatkuvaa. Uusimistarpeeseen vaikuttavat baliiseissa ja koodaimissa havaitut ongelmat sekä baliisien sijainti radassa, jossa ne joutuvat ankarien sääolosuhteiden ja ratatöiden aiheuttaman mekaanisen rasituksen kohteeksi. Voidaan arvioida, että ratalaitteiden uusimisesta aiheutuu 25 vuoden laskennallisen käyttöiän aikana saman verran kustannuksia kuin mitä alkuperäiset rakentamiskustannukset ovat olleet. Näin ollen yhden raidekilometrin kulunvalvonnan ratalaitteiden uusimiskustannuksena voidaan pitää 27 000 euroa / 25 vuotta = 1 080 euroa vuodessa. Elinkaaren päässä on oletettavaa, ettei laitetoimittaja tekniikan kehitymisestä johtuen enää ole valmis ylläpitämään laitteiden varaosavaraa eikä järjestelmien tietotaitoa. Tämän vuoksi elinkaaren päässä joudutaan kokonaisen järjestelmän uusimiseen. Korvausinvestointikustannukseksi arvioidaan 27 000 euroa/raidekilometri. /115/

9.9 Kauko-ohjaus

Kauko-ohjauksella tarkoitetaan järjestelmää, jolla ohjataan rataosan liikennepaikkojen yksittäisiä tietokone- tai releasetinlaitteita. Kauko-ohjauksella pystytään lisäksi valvomaan turvalaitteisiin liittyvien tasoristeyslaitteiden ja virransyöttölaitteiden toimintaa. Kauko-ohjauksen ohjauspisteestä välitetään komentoja asetinlaitteille ja vastaavasti vastaanotetaan asetinlaitteilta ilmaisuja. Ilmaisulla tarkoitetaan mm. kulkutien varauksen tai vaihteen tai opastimen asennon tilatiedon ilmaisua. /107, s. 63–64./

Uudet kauko-ohjausjärjestelmät perustuvat kokonaan tietokonetekniikkaan. Käytössä on tällä hetkellä vain yksi reletekniikkaan perustuva kauko-ohjausjärjestelmä /108; 120/. Kauko-ohjausjärjestelmien käyttöikä voidaan arvioida yhtä pitkäksi kuin tietokoneasetinlaitteilla eli noin 20 vuodeksi.

Kauko-ohjauslaitteet uusitaan yleensä samassa yhteydessä rataosan muun turvalaittejärjestelmän yhteydessä. Vuonna 2003 käyttöönotetun Oulun kauko-ohjauspisteen kustannukseksi muodostui 1,8 milj. euroa. Kauko-ohjauksen rakentamiseen kuuluvat tietokonelaitteet, tarvittavat ohjelmistot, pääte- eli ohjauslaitteet sekä rataosuuksien asetinlaitteiden rajapintaliitännät. /115/

Kauko-ohjauksen rakentamiskustannus riippuu ohjattavien vaihteiden ja opastinten määrästä. Näin liikennepaikkojen lukumäärällä ja niiden laajuudella on ratkaiseva merkitys kauko-ohjausjärjestelmän rakentamiskustannuksiin. Ouluun rakenteilla oleva kauko-ohjaus kattaa valmistuttuaan rataosat Oulu–Ylivieska, Oulu–Tornio–Kolari, Laurila–Kemijärvi ja Oulu–Kontiomäki–Vartius. Liikennepaikkoja näillä rataosilla on yhteensä 37, kun otetaan huomioon myös Oulun ratapihat. /115/ Esimerkin mukaisessa kauko-ohjauksessa kauko-ohjauksen liikennepaikkakohtaiseksi kustannukseksi muodostui noin 50 000 euroa. Tätä summaa voidaan pitää suuntaa antavana arvioitaessa muidenkin rataosien kauko-ohjausjärjestelmän uusimiskustannuksia.

Myös kauko-ohjauksen laitteisto vaatii elinkaaren aikana uusivaa kunnossapitotyötä. Koska kauko-ohjauslaitteistot koostuvat lähes kokonaan tietoteknisistä sisälaitteista, voidaan uusimistarpeen arvioida olevan vastaavan kuin tietokoneasetinlaitteilla. Näin

ollen puolet kauko-ohjauksen rakentamiskustannusten summaa vastaavasta määrästä kuluu elinkaaren aikaisiin laitteistojen uusimisiin. Uusimisten oletetaan alkavan 7 vuoden päästä laitteiston käyttöönotosta ja jatkuvan 13 vuoden ajan elinkaaren loppuun saakka. Elinkaaren päässä laitteistolle joudutaan suorittamaan korvausinvestointi.

RHK:n tavoitteena on keskittää koko Suomen kauko-ohjaus kuudelle paikkakunnalle vuosina 2005–2006. Keskittäminen tuo mukanaan säästöjä, joiden suuruusluokkaa ei tässä tutkimuksessa arvioida. /111/

9.10 Tasoristeyslaitokset

Tasoristeyslaitoksilla ohjataan tasoristeysten valo- ja puomilaitteiden toimintaa. Laitteet jaetaan kolmeen ryhmään, nimittäin valo- ja äänivaroituslaitoksiin, puolipuumilaitoksiin ja kokopuumilaitoksiin. Laitteet ovat joko rele- tai logiikkaohjattuja ja ne saavat herätteensä joko akselinlaskentalaitteesta tai raidevirtapiiri järjestelmästä. /107, s. 61./ Tasoristeyslaitoksia on käytössä 839 /108/.

Tasoristeyslaitosten määrästä logiikkaohjattujen osuus on vielä tällä hetkellä pieni, vain 7,5 %. On kuitenkin oletettavissa, että logiikkaohjattujen laitteistojen määrä tulee kasvamaan. Tulevaisuudessa tasoristeyslaitosten määrä pysynee lähes vakiona, koska laitosten määrä lisääntyy rakennettaessa uusia puolipuumilaitoksia, mutta toisaalta taas vähenee mm. tasoristeysten poiston ja eritasoratkaisujen rakentamisen myötä. /108/

Tasoristeyslaitosten uusiminen on jatkuvaa ja vuosittaisten määrien arviointi on kattavien ikätietojen puuttuessa vaikeaa. Karkeasti voidaan arvioida vuosittain uusittavan 30 tasoristeyslaitosta /115/. Kun yhden tasoristeyslaitteiston hankinta- ja asennuskustannus on noin 100 000 euroa, muodostuu vuosittaisiksi kustannuksiksi noin 3 milj. euroa /121/.

9.11 Laakereiden kuumakäynti-ilmaisin

Laakereiden kuumakäynti-ilmaisin mittaa ohiajavan junan kaikkien akseleiden lämpötilan. Tällä pyritään löytämään ylikuumentuneet laakerit ja vialliset vaunut liikenteestä ennen kuin niistä on vaaraa junaliikenteen turvallisuudelle. Kuumakäynti-ilmaisin sijaitsee radan tukikerroksessa tavallisen pölkyn paikalla. Mittaus perustuu infrapunasäteiden pyyhkäisyyn akselilla. Mittaustiedot siirretään liikenteenohjauskeskukseen, jonne junaohjaajat saavat mahdolliset hälytykset kuumana käyvistä akseleista. /107, s. 68–69./

Vuoden 2002 lopussa käytössä oli 32 vanhempaa kuumakäynti-ilmaisinta. Niiden 15 vuoden arvioitu käyttöikä päättyy vuonna 2010. Lisäksi kuumakäynti-ilmaisimien määrää ollaan lisäämässä 43:lla vuosina 2003–2005, joten rataverkolla tulee vuonna 2005 olemaan 75 kuumakäynti-ilmaisinta. Uusien laitteiden tekninen 20 vuoden käyttöikä päättynee vuosina 2023–2025. /122/ Kuumakäynti-ilmaisimien korvausinvestointikustannuksien arvioidaan olevan samat kuin nyt rakenteilla olevien ilmaisimien rakentamiskustannukset, jotka ovat laitetiloinen noin 150 000 euroa /ilmaisimien /123/.

Yhden mittausaseman peruskunnossapitokustannuksiksi arvioidaan noin 20 200 euroa vuodessa. Lisäksi keskusaseman peruskunnossapitokustannukseksi arvioidaan 6 000 euroa vuodessa. Keskusasemia on rataverkolla kolme, Helsingissä, Tampereella ja Kouvolassa. /122/ Yhteensä peruskunnossapitokustannuksiksi muodostuu $75 * 20\,200$ euroa + $3 * 6\,000$ euroa = 1,53 milj. euroa vuodessa.

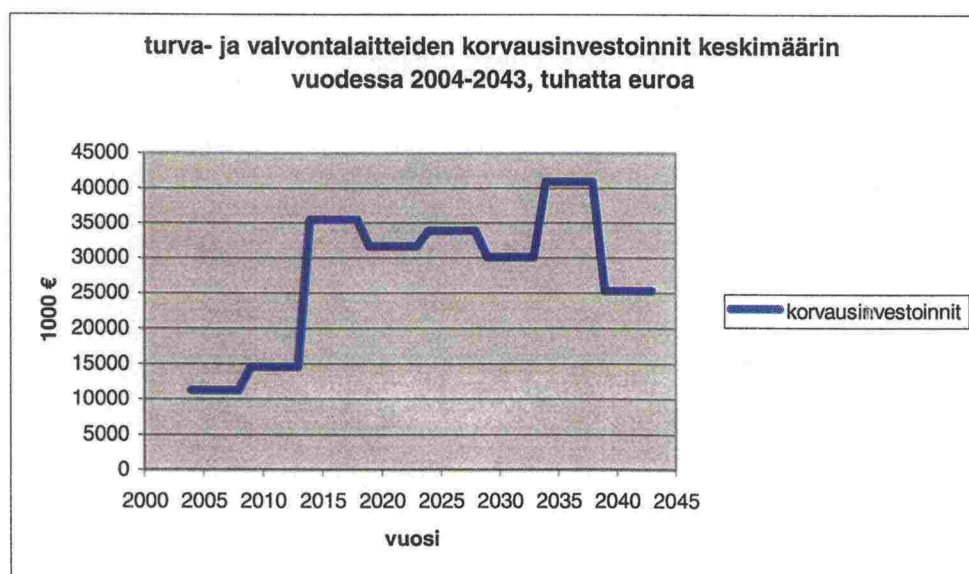
Kuumakäynti-ilmaisimet ovat varsin herkkiä mm. ukonilmoille ja salaman aiheuttama jännitepiikki saattaa vaurioittaa laitteita. Laitteiden käyttöhistorian aikana on saatu kokemus, että muutaman vuoden välein laitteita joudutaan korjaamaan juuri salamaniskujen takia. Näiden korjaustöiden keskiarvoksi on todettu noin 50 000 euroa vuodessa. Vastaavan korjaustarpeen voi olettaa jatkuvan myös tulevaisuudessa. /124/

9.12 Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestointikustannukset tarkastelujaksolla

Edellä esitettyjen lähtökohtien pohjalta arvioitiin turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestointikustannuksia. Korvausinvestointien ajoitus perustui RHK:n tilastoon laitteiden käyttöönottovuosista /125/.

Mikäli korvausinvestointikustannukset lasketaan vuoden tarkkuudella, eri vuosien välille muodostuu huomattavia eroja. Koska turvalaitteiden uusimiset tapahtuvat yleensä aina useamman vuoden aikana, on kustannukset syytä jakaa viiden vuoden jaksoihin. Tätä tukee myös seikka, että laskelmissa käytetyt elinkaaret ovat laskennallisia. Käytännössä laitteistojen uusiminen saattaa tulla ajankohtaiseksi jo ennen laskettua elinkaaren päätä tai toisaalta joissain tapauksissa elinkaari voi muodostua arvioitua pidemmäksi. Rataosittaiset arvioidut korvausinvestoinnit on koottu liitteeseen 4.

Tarkastelujen mukaan turva- ja valvontalaitteiden keskimääräisiksi vuosittaisiksi korvausinvestointikustannuksiksi muodostuu noin 29,9 milj. euroa. Korvausinvestointitarpeet ilmenevät kuvioista 9.1.



Kuvio 9.1. Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestointikustannukset.

9.13 Turva- ja valvontalaitteiden kunnossapitokustannukset

Siirtyminen releasetinlaitteista tietokoneasetinlaitteisiin ja logiikkaohjattuihin turvalaitteisiin ei asiantuntijoiden mukaan juuri tule kasvattamaan peruskunnossapidon kustannuksia. Tietokone- ja releasetinlaitteiden kunnossapitokustannukset liikennepaikkaa kohti ovat tällä hetkellä samassa suuruusluokassa. /109/ Peruskunnossapitoiden painopiste säilyy ulkolaitteiden huollossa. Ulkolaitteisiin luetaan mm. opastimet, raidevirtapiirit, akselinlaskentalaitteet ja kulunvalvonnan ratalaitteet. /108; 120/

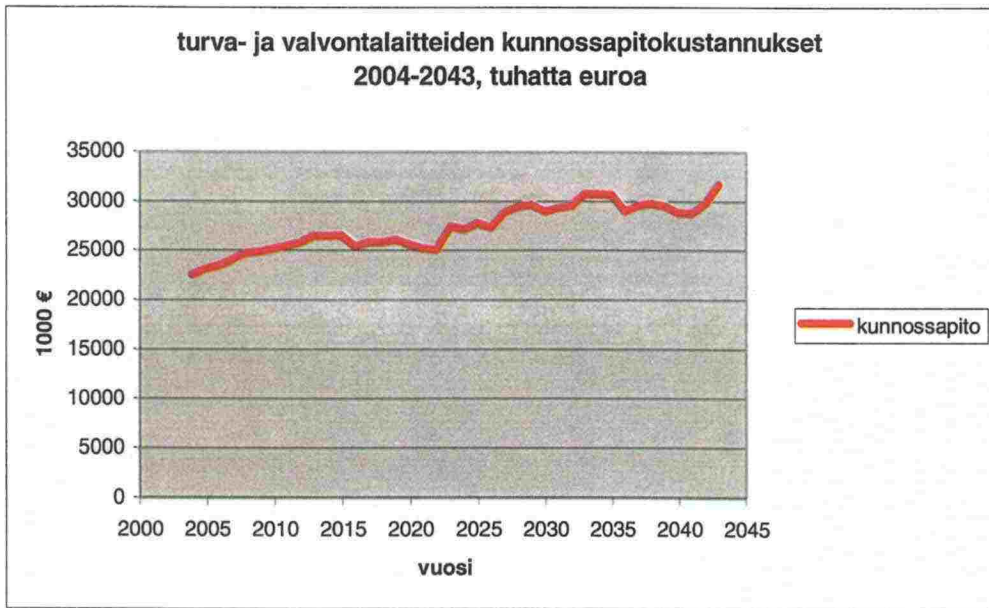
Tällä hetkellä turvalaitteiden peruskunnossapitokustannukset ovat noin 15,3 milj. euroa vuodessa /17; 108/. Kulunvalvonnan baliisien osuus nykyisistä peruskunnossapitokustannuksista on noin 0,3 milj. euroa. Kulunvalvonnan laajentuessa kulunvalvonnasta suoraan aiheutuvien kustannusten arvioidaan nousevan 0,4 milj. euroon. Koko kulunvalvontajärjestelmän kunnossapidon yksikkökustannuksia on vaikea määritellä, koska nykyisen laitekannan takuu-aika on vasta päättymässä /112/.

Koska sähköisten turvalaitteiden sekä akselinlaskentalaitteiden määrä ja kauko-ohjatun radan pituus tulee kasvamaan, peruskunnossapitokustannusten voidaan arvioida nousevan tarkastelujaksolla nykytasosta noin 19 milj. euron vuositason. Tulevaisuudessa sähköisten turvalaitteiden mahdollistama etädiagnostiikka vähentänee nykyistä määrää-aikoihin sidottua ennakoivaa huoltoa.

Laakerien kuumakäynti-ilmaisimien kunnossapitokustannukset pysyvät tarkastelujaksolla tasaisina. Kustannukset muodostuvat tarkastuksista ja huolloista. Vuosikustannus on 1,58 milj. euroa.

Turvalaitteiden käyttökustannukset muodostuvat pääasiassa sähköstä. Vuonna 2002 liikenteenohjauslaitteiden ja taseysteyslaitosten kuluttaman sähköön kustannus oli noin 820 000 euroa /94, s. 1/. Sähköisten turvalaitteiden yleistyessä rataverkolla voidaan kustannusten arvioida nousevan lähivuosina noin 1 milj. euroon vuodessa. Sähköön hinnan vaihteluita ei tässä selvityksessä oteta huomioon.

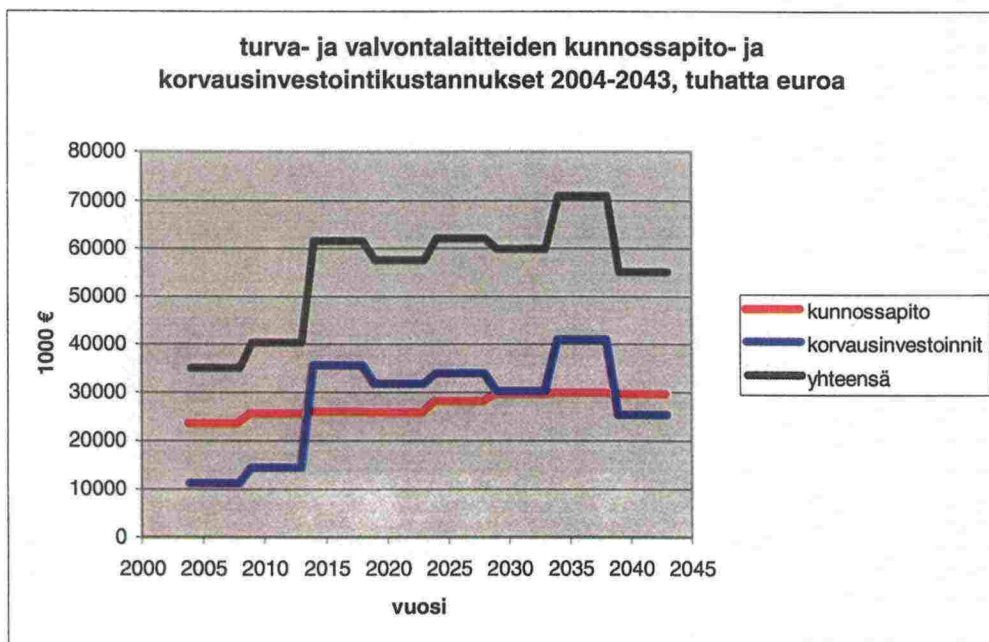
Kunnossapitokustannuksiin luetaan lisäksi edellisissä kappaleissa käsitellyt elinkaaren aikaiset korjaavat ja uusivat kunnossapitotyöt. Kokonaisuutena laitteiden kunnossapitokustannukset tulevat nousemaan nykyisestä noin 22,6 milj. euron vuositasona noin 31,7 milj. euron vuositason. Kustannusten vuosittainen vaihtelu selviää kuviosta 9.2.



Kuvio 9.2. Turva- ja valvontalaitteiden kunnossapitokustannukset.

9.14 Turva- ja valvontalaitteiden kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

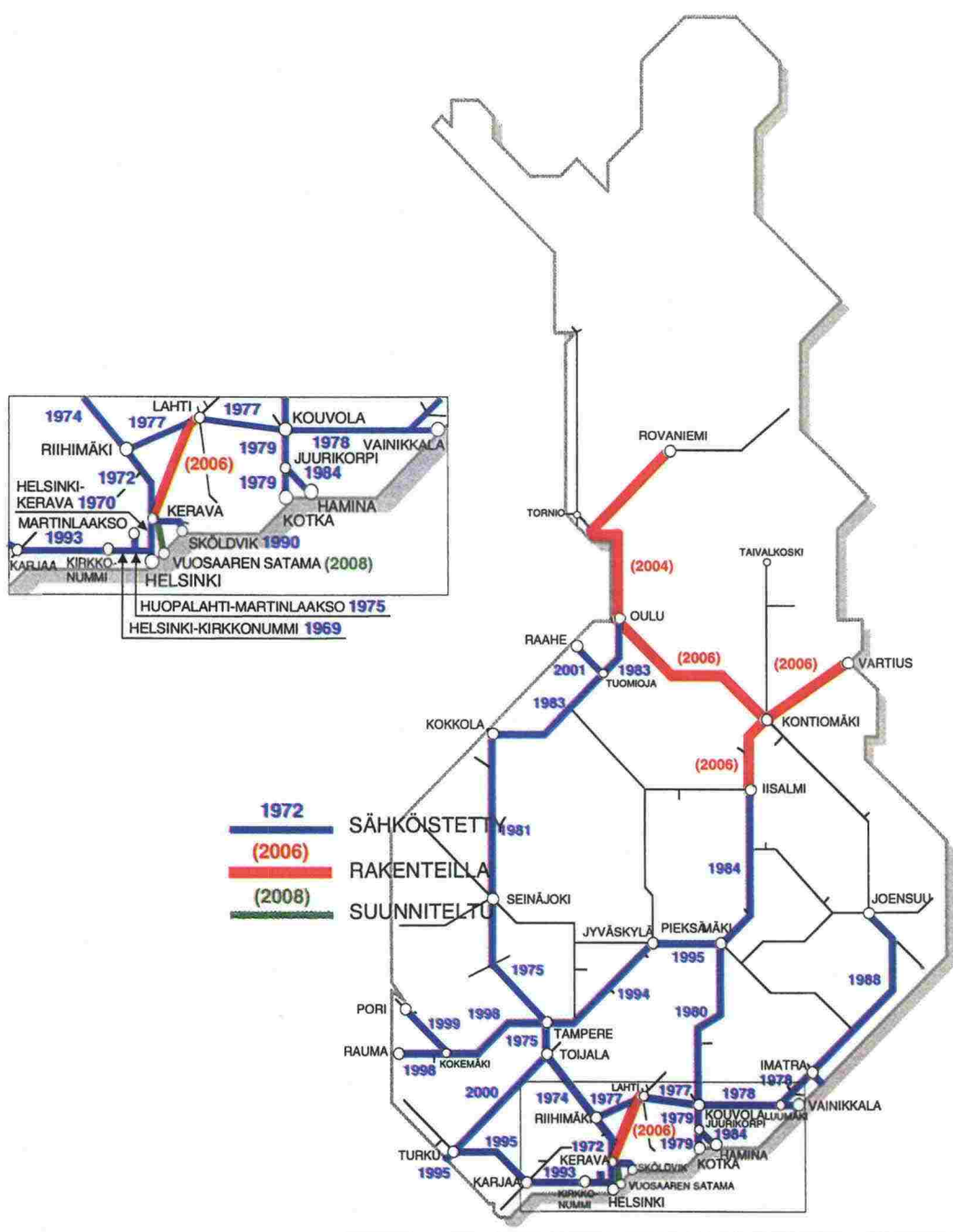
Turva- ja valvontalaitteiden kokonaiskustannukset vaihtelevat melko voimakkaasti. Kustannusten kohoava suuntaus johtuu tietokoneasetinlaitteiden lyhyehköstä elinkaaresta. 1990-luvulla käyttöön otettujen ensimmäisten tietokoneasetinlaitteiden uusiminen alkaa 2010-luvulla. Tarkastelujakson kustannukset ilmenevät kuviosta 9.3.



Kuvio 9.3. Turva- ja valvontalaitteiden kokonaiskustannukset.

10 SÄHKÖRATALAITTEET

Suomen rautateiden sähköistys aloitettiin vuonna 1965, jolloin rataosuuden Helsinki–Kirkkonummi sähköistystyöt aloitettiin. Tämän radan sähköistys otettiin käyttöön vuonna 1969 /126, s. 2/. Sähköistysten käyttöönottovuodet eri rataosilla ilmenevät kuvasta 10.1 /7, s. 11; 99; 100; 126/.



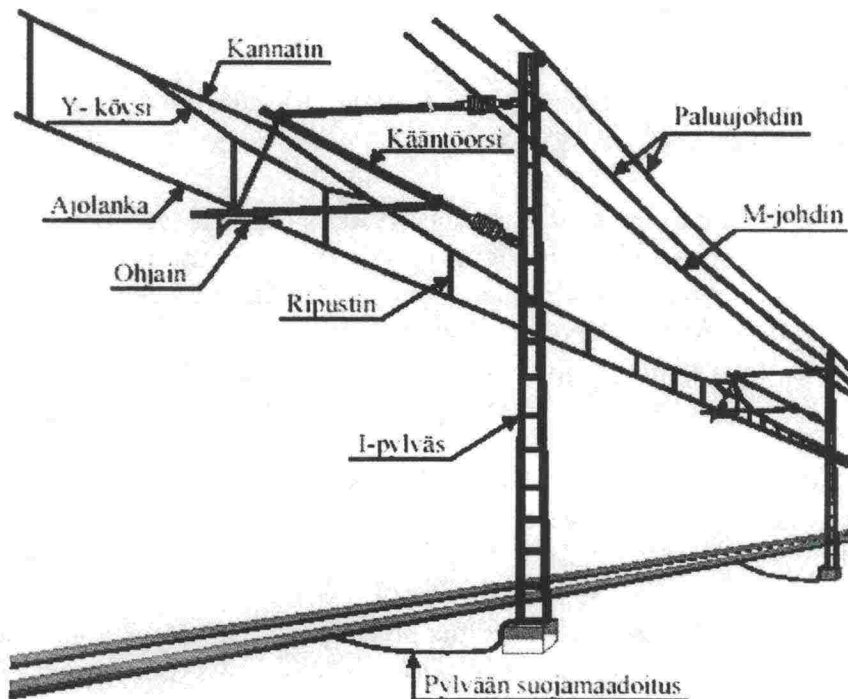
Kuva 10.1. Sähköistysten käyttöönottovuodet.

Maamme rautateistä noin 2380 ratakilometriä on vuoden 2003 lopussa sähköistetty /40/. Lisäksi rakenteilla on rataosien Oulu–Rovaniemi, Oulu–Kontiomäki–Vartius ja Kontiomäki–Iisalmi sähköistys. Ensin mainittu rataosuus tullaan avaamaan sähköiselle

liikenteelle joulukuussa 2004 ja kaksi jälkimmäistä vuonna 2006. /7, s. 11/. Vuonna 2006 avataan liikenteelle myös oikorata Kerava-Lahti /99/. Vuonna 2008 valmistuvan Vuosaaren satamaradan myötä sähköistetyin radan yhteispituudeksi muodostuu noin 3045 ratakilometriä. RHK:n julkaisemassa Rataverkko 2020 -suunnitelmassa esitettyjen muiden ratojen sähköistystä ei tässä tutkimuksessa oteta huomioon, koska niistä ei ole tehty toteuttamispäätöstä.

10.1 Sähköratalaitteisto

Sähköratalaitteistoihin kuuluvat rakenteet, joilla sähköenergia muunnetaan ja siirretään junaliikenteessä käytettävään muotoon. Energia muunnetaan 110 kV kantaverkosta 25 kV jännitteeksi syöttöasemilla ja syötetään niiden kautta sähköradan ajojohtimeen. /127, s. 9./ Ratajohdolla tarkoitetaan kaikkia niitä laitteita, joiden välityksellä sähköenergia siirretään syöttöasemalta junan tai veturin virroitimelle. /127, s. 11./ Ratajohdon rakenteet käyvät ilmi kuvasta 10.2.



Kuva 10.2. Ratajohdon rakenteet avoradalla /128, liite 10/.

10.2 Syöttö- ja välilytkinasemat

Sähköenergiaa muuntavia ja siirtäviä syöttöasemia on radan varressa noin 35...50 km välein. Syöttöasemavälin puolella välissä on ennen vuotta 1980 rakennetuilla sähköradoilla välilytkinasema. Myöhemmin sähköistetyille rataosille välilytkinaseman sijasta on rakennettu pelkät erottimet. /129, s. 11./

Syöttöasemien, välilytkinasemien ja erottimien avulla rata voidaan jakaa sähköisiin osiin esimerkiksi tarvittaessa tietyille ratavälille ratatöiden vuoksi jännitekatkoja.

Syöttöasemia on yhteensä 70. Lisäksi sähköistettäville rataosille on rakenteilla 8 uutta syöttöasemaa. /92/ Välikytkinasemia on 29 /108/.

Syöttöasemien tärkein komponentti on muuntaja, joka muuntaa kantaverkon 110 kV:n jännitteen ratajohdon 25 kV:iin. Syöttöasemilla on asemasta riippuen 1–2 muuntajaa ja niiden käyttöikäksi arvioidaan 40–50 vuotta. Käyttöikä määräytyy pitkälti muuntajakäämien eristeiden kestävyuden perusteella. Eristeiden vanhentuuessa muuntaja tulee uusia kokonaan. Muuntajan uusimiskustannukseksi arvioidaan 250 000 euroa. /129/

Koska maamme ensimmäinen sähköistetty rataosuus otettiin käyttöön vuonna 1969, muuntajien uusimisen aloittaminen tulee ajankohtaiseksi kuluvan vuosikymmenen lopulla. Lähtökohdaksi voitaneen ottaa tilanne, jossa muuntajat vaihdetaan uusiin 45 vuoden kuluttua rataosan sähköistyksen käyttöönotosta. Tämä ajattelumalli jättää tarkastelujakson ulkopuolelle rataosien Kokemäki–Pori, Toijala–Turku ja Tuomioja–Raahe syöttöasemien muuntajat, koska sähköistys on valmistunut näille radoille vuoden 1998 jälkeen. Samoin ulkopuolelle jäävät parhaillaan rakenteilla olevat sähköradat.

Tarkastelujaksolla uusittavaksi tulee 66 syöttöaseman muuntajat. Laskennallisesti arvioidaan, että yhdellä syöttöasemalla on 1,5 muuntajaa. Tällöin uusimisen kokonaiskustannukseksi muodostuu $66 * 1,5 * 0,25$ milj. euroa = noin 24,8 milj. euroa. Kustannukset eivät jakaudu tarkastelujakson vuosille tasaisesti, vaan työt arvioidaan tehtävän muuntajien ikäänntymisjärjestyksessä.

Muuntajien huoltoa sen sijaan tarvitaan jatkuvasti. Käytettävyyden varmistamiseksi muuntajat tulee huoltaa noin 20 vuoden iässä. Huollon kustannus on noin 35 000 euroa/muuntaja. Viime vuosina on huollettu keskimäärin kolme muuntajaa vuodessa. Vastavaan huoltotarpeen voi arvioida jatkuvan myös tulevaisuudessa. Toinen kuluva komponentti on katkaisija, joita tullaan tulevaisuudessa vaihtamaan kehittyneempään malliin. Pitkän ajan kustannuskeskiarvoksi arvioidaan 50 000 euroa vuodessa. /129/

Asiantuntija-arvion mukaan rataosan Helsinki–Tampere syöttöasemien suojareleistöt vaativat uusimista lähivuosina. Kustannusarviota uusimiselle ei tässä vaiheessa kuitenkaan voida antaa. /130/

Muita syöttöasemarakenteiden vaatimia peruskunnossapitooon kuulumattomia kunnossapitotarpeita ei tällä hetkellä ole näköpiirissä /108/. Välikytkinasemien huollossa ei ole näköpiirissä erillistä kunnossapitotarvetta, vaan komponenttien uusiminen sisältyy peruskunnossapitooon.

Syöttöasemarakenteiden peruskunnossapitooon kuuluu laitteissa ilmentyvien vikojen ja vaurioiden korjaaminen /16, s. 14/. Kunnossapitotöissä vaihdetaan rikkoontuneita komponentteja, kuten releitä sekä huolletaan syöttöasemien ulkokenttiä /108/.

10.3 Ajojohdin

Ajojohdin on ratajohdon osa, joka muodostuu ajolangasta ja sen kannattimesta. Ajolanka on ajojohtimen alempi osa, josta junan tai veturin virroitin ottaa tarvittavan energian. Kannatin on ajojohtimen ylempi osa, jonka tehtävänä on kannattaa ajolankaa ripustimien välityksellä. /127, s. 5–6./

10.3.1 Ajolanka

Ajolangan elinkaaren pituuteen vaikuttaa eniten sen kuluminen. Junan kulkiessa sähköistetyllä radalla junan virroitin on jatkuvassa kosketuksessa ajolankaan. Pitkällä aikavälillä ajolanka kuluu alapinnastaan. Ratateknisten määräysten ja ohjeiden mukaan ajolangalle sallitaan enintään 20 % poikkipinta-alan yleiskuluminen sekä enintään 30 % paikallinen kuluminen /127, s. 32./ Liiallisen kulumisen seurauksena ajolanka saattaa mekaanisen rasituksen takia katketa ja aiheuttaa vaaratilanteen. Ajolangan katkeamisesta seuraa aina myös merkittäviä liikennehaittoja.

Eurooppalaisen kokemuksen mukaan noin 5 miljoonan virroitimen kulku kuluttaa ajolangan vaihtorajalle. Tämän lukeman soveltaminen käytäntöön on kuitenkin vaikeaa, koska tilastoja junamääristä ei ole kootusti saatavilla. Kuitenkin voidaan sanoa, että pisimmällä kuluminen on Helsingin lähiliikennealueella eli rataosilla Helsinki–Riihimäki, Pasila–Kirkkonummi ja Huopalahti–Vantaankoski. Näillä radoilla liikenne on huomattavasti muuta maata vilkkaampaa ja alkuperäistä, radan sähköistyksen yhteydessä asennettua ajolankaa on jäljellä 70–80 %. Rataosat ovat myös ensimmäisiä sähköistettyjä rataosuuksia maassamme. Muualla maassa juna- ja virroitinmäärät ovat huomattavasti pienemmät, eikä kulumisongelmaa voida asiantuntija-arvion mukaan pitää merkittävänä /129/.

Ajolangan peruskunnossapitoon kuuluvat mm. ajolangan aseman tarkastus ja sen mahdollinen korjaus sekä kuluman mittaus. Kuluman mittaus tehdään manuaalisesti kolmen vuoden välein ennalta valituista paikoista. /127, s. 33./ Asiantuntija-arvion mukaan ajolangan kuluneisuus tulisi mitata mittausajolla koko lähiliikennealueelta kahden vuoden sisällä vaihtotarpeen arvioimiseksi. Soveltuva mittauustyö olisi ostettavissa joko Venäjältä tai muualta Euroopasta, joista on saatavilla tarkoitukseen soveltuvaa kalustoa. Mikäli mittaustulokset niin osoittavat, lähelle vaihtorajaa kuluneet ajolangat tulisi saada vaihdetuksi vuoteen 2010 mennessä. /129/

Voidaan kuitenkin olettaa, että kaikki lähiliikennealueen alkuperäiset ajolangat ovat pian saavuttamassa vaihtorajan. Perusteluna väitteelle voidaan käyttää tietoa, että mm. Pasilan ja Huopalahden väliltä on jo vaihdettu vuosina 1993–1994 tehtyjen mittausten perusteella 15–20 % kuluman omanneita ajolankoja /108/.

Lähiliikennealueen ajolangat ovat kuluneet vaihtorajalle 35–40 vuoden liikennöinnin jälkeen. Tästä syystä nykyiset ja lähivuosina vaihdettavat ajolangat vaativat uusimista taas noin 35 vuoden päästä varsinkin, kun ajolankaa rasittava kumulatiivinen liikennemäärä on tulevana 35 vuotena suurempi kuin aiempina 35 vuotena. Näin ollen voidaan arvioida, että kaikki lähiliikennealueen ajolangat tulee uusia korvausinvestointina uusimisjakson loppuun vuoteen 2043 mennessä. Lähiliikennealueen ratojen yhteispituus on noin 315 raidekilometriä.

10.3.2 Ajolangan vaihtokustannukset ja töiden aikataulu

Ajolangan vaihto on erittäin liikenneherkkää työtä. Ruuhkaisilla radoilla töitä voidaan suorittaa lähinnä vain sunnuntaiöisin ja työt vaativat usein jännitekatkon myös viereisiltä raiteilta. Mainituista rajoitteista johtuen ajolangan vaihdon kustannus on asiantuntija-arvion mukaan noin 60 000 euroa/raidekilometri. /129/

Lähiliikennealueen alkuperäistä, jo lähellä kulumarajaa olevaa ajolankaa on yhteensä arviolta 180 raidekilometriä. Vaihtokustannukseksi muodostuu noin 10,2 milj. euroa. Nämä työt lienee tarpeellista suorittaa vuosina 2005–2010, joten vuosikustannukseksi muodostuu noin 1,8 milj. euroa.

Lähiliikennealueen kaikki ajolangat tulee vaihtaa uudelleen vuoteen 2043 mennessä 315 raidekilometrin matkalta. Vaihtotöiden kustannukseksi muodostuu tällöin 18,9 milj. euroa. Jos työt suoritetaan 9 vuoden aikana vuosina 2035–2043, vuosikustannukseksi muodostuu noin 2,1 milj. euroa.

10.3.3 Kannatin

Kannattimeen ei kohdistu ajolangan tapaan mekaanista rasitusta. Viimeaikoina on kuitenkin havaittu muutamia kannattimien katkeamisia mm. rataosilla Lielähti–Pori/Rauma ja Pasila–Leppävaara. Katkeamisien syinä arvellaan olevan kannattimen asennusvirheet tai käytetyn uuden materiaalin aiempaa heikkomat ominaisuudet. Kannattimien vaihtoa ei tässä vaiheessa ole suunnitteilla, koska ongelman laajuutta ei ole kartoitettu. Tulevaisuudessa onkin syytä varautua useisiin kannattimien katkeamisiin. Yhden katkeaman korjauskustannuksiksi voidaan arvioida 10 000–15 000 euroa, joten vuotuisiksi kustannuksiksi arvioidaan 100 000 euroa. /92; 108/

10.4 Sähköradan pylväasperustukset

Sähköradan ratajohtopylväiden ongelmana ovat ennen 1980-luvun puoliväliä tehdyt perustukset, jotka on tehty paikallavaluna. Valun aikaisten sääolosuhteiden vaihtelu ja käytettyjen aineiden epäpuhtaus on johtanut laadun epätasaisuuteen /131, s. 17/. Menetelmän puutteet näkyvät ennenaikaisena rapautumisena osassa perustuksista, jolloin perustuksen betonin lujuus heikkenee. Toisena ongelmana on pylväiden kallistuminen, joka johtuu mahdollisesti vääristä mitoitusperusteista. Kallistuminen aiheuttaa pylväiden oikomistarvetta. Kallistuman jatkuessa pylvästä ei saada oikomisesta huolimatta pysymään oikeassa asemassa ja edessä on uuden perustuksen rakentaminen. /92; 129/ Nyttemmin perustuksissa on siirrytty anturallisiin elementteihin, joiden kallistuminen on huomattavasti vähäisempää. Kuvassa 10.3 nähdään voimakkaasti kallistunut pylväisperustus.



Kuva 10.3. Kallistunut pylväsperustus. (Lähde: RHK)

Asiantuntija-arvion mukaan perustusten uusimista joudutaan tulevaisuudessa tekemään vuosittain 0,5–1 milj. euron arvosta, jolla saataneen uusittua 70–140 perustusta /92; 129/. Uusimismäärän suhteuttamiseksi voidaan mainita, että yhdellä raidekilometrillä pylväsperustuksia on noin 20, jolloin koko rataverkolla perustuksia on noin 60 000 /108/.

1980-luvun puolessa välissä siirryttiin valmiiden betonielementtien käyttöön /129/. Näiden käyttöään arvioidaan olevan huomattavasti pidemmän, eikä niitä tarvinne uusia tarkastelujakson aikana.

10.5 Ratajohtopylväät

Ratajohtopylväiden kestoiksi voidaan arvioida 50 vuotta. Tässä ajassa ei nykytietämyksen mukaan vielä saavuteta materiaalsen kestoian päätä, vaan vaihtotarve johtuu lähinnä esteettisyyssseikoista. Kuumasinkitty pylväs tummuu sääolosuhteiden ja ilman epäpuhtauksien takia. /129/ Koska pylvään tummuminen ei vaikuta sen tekniseen käytettävyyteen, pylväiden uusimistarvetta ei käsitellä tässä tutkimuksessa.

10.6 Pylväsharukset

Harusten tehtävänä on tukea ratajohtopylvästä, pitää se oikeassa asemassa ja kompensoida ajojohtimesta ja sen kiristyslaitteista pylväeseen kohdistuvia kiristysvoimia. Hiljattain on havaittu harusten sähkökemiallista syöymistä etenkin Oulun seudulla. Syöymisen epäillään johtuvan sähköradan paluuvirran aiheuttamista sähkökentistä sekä maaperän ominaisuuksista. /92; 108/ Syöymisen hidastamiseksi 1980-luvun lopulla haruksiin asennettiin eristimet, joiden avulla pyritään estämään sähkökemiallinen syöpyminen /129/. Tarkan korvausinvestointitarpeen määrittäminen on tässäkin tapauksessa vaikeaa, koska tutkimukset ongelman ratkaisemiseksi ovat vasta alussa.

Oletettavaa kuitenkin on, että haruksia jouduttaneen tulevaisuudessa uusimaan. Karkea arvio uusimiskustannuksille on 0,1 milj. euroa vuodessa.

10.7 Sähköradan käyttökeskus

Käyttökeskuksella tarkoitetaan valvomoa, josta sähköradan ratajohdon sähköistä tilaa ohjataan ja valvotaan /127, s. 45/. Käyttökeskuksesta voidaan tehdä mm. ratatöiden tarvitsemia jännitekatkoja. Tällä hetkellä kaukokäyttökeskukset sijaitsevat Helsingissä, Tampereella, Kouvolassa, Seinäjoella, Pieksämäellä ja Oulussa, joista viimeksi mainittu otetaan kokonaisuudessaan käyttöön kesäkuun 2004 loppuun mennessä. Tulevaisuudessa Pieksämäen käyttökeskus liitetään Kouvolaan ja Seinäjoen käyttökeskus Ouluun. /92/

Kaukokäyttölaitteistojen käyttöiksi arvioidaan 20 vuotta. Käyttöikä määräytyy pääasiassa laitteistossa käytettävien tietokonelaitteiden linkaaren perusteella. Seuraavaksi uusittavana olevan Kouvolan käyttökeskuslaitteiston uusimiskustannuksiksi muodostuu noin 2 milj. euroa. Helsingin ja Tampereen vastaavat laitteet on uusittu hiljattain. /132/ Näin seuraavat uusimistarpeet ajoittunevat Helsingin ja Tampereen osalta noin vuosille 2023–2027 sekä Oulun ja Kouvolan osalta vuosille 2024–2028. Nämä kustannukset luetaan kunnossapitokustannuksiksi.

Kaukokäytön käyttö- ja peruskunnossapitokustannukset muodostuvat tietoliikenneyhteyksistä sekä laitteistojen huollosta ja varaosista. Näiden kustannus on tällä hetkellä noin 1,5 milj. euroa vuodessa /92/. Kustannukset tulevat sähköistetyn ratapituuden kasvaessa nousemaan vuoteen 2008 mennessä noin 1,8 milj. euroon.

10.8 Muut sähkörataan liittyvät työt

Edellä mainittujen töiden lisäksi sähköratalaitteiden kunnossapitotöihin on viime vuosina käytetty noin 0,75 milj. euroa vuodessa. Nämä työt sisältävät sähkötekniisiä muutostöitä, ylimääräisiä muuntajien, katkaisijoiden ja erottimien huoltoa. /92/ Näiden töiden arvioidaan pysyvän tarkastelujaksoson aikana nykytasolla.

10.9 Sähköratalaitteiden kunnossapitokustannukset tarkastelujaksolla

Käyttökeskusten lisäksi sähköratalaitteiden peruskunnossapitokustannuksiin kuuluvat mm. ratajohtoon, kytkinlaitoksiin ja jakelumuuntamoihin kohdistuvat työt, ratajohdon koneellinen mittaaminen, kunnossapito, tarkastaminen sekä rikkoutuneiden suojamaadoitusten korjaaminen /16, s. 15/. Tällä hetkellä sähköratalaitteiden peruskunnossapitokustannukset ovat noin 4,8 milj. euroa /92; 108/.

Kustannusten voidaan arvioida olevan suoraan verrannollisia sähköistetyn radan pituuteen, joten peruskunnossapitokustannukset tulevat tarkastelujaksolla kasvamaan nykyisestä. Vuosina 2005–2006 valmistuvilla sähköradoilla käytettävä 2x25 kV:n järjestelmä kuitenkin vähentää tarvittavien kytkinasemien määrää. /108/ Tästä huolimatta sähköratalaitteiden peruskunnossapitokustannusten arvioidaan nousevan vuoteen 2008 mennessä noin 6,0 milj. euroon. Otettaessa huomioon myös käyttökeskusten käyttö- ja peruskunnossapitokustannukset kustannukset nousevat nykyisestä 6,3 milj.

euron tasosta 7,9 milj. euroon. Kustannusten nousu johtuu pääasiassa sähköistetyn radan pituuden kasvusta.

Tarkastelujaksolla muiden kunnossapitotöiden kohteena tulevat olemaan syöttöasemien muuntajien uusiminen ja huolto, kannattimien vaihto sekä ratajohtopylväiden perustusten ja harusten uusiminen. Kunnossapitotöiksi luetaan myös sähköradan kaukokäyttökeskusten uusiminen. Nämä kustannukset vaihtelevat tarkastelujaksolla voimakkaasti.

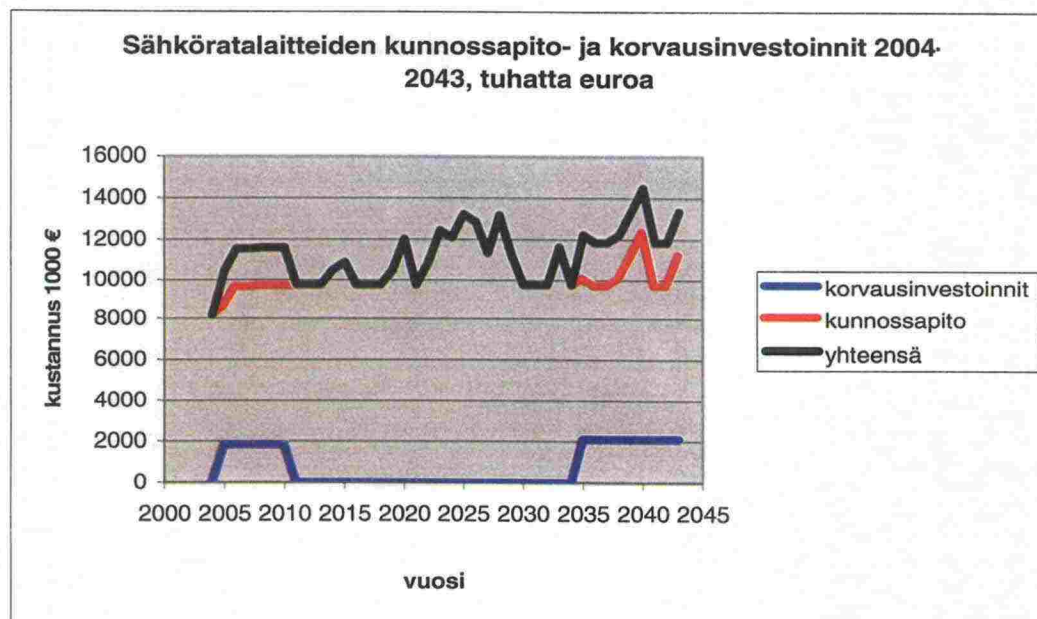
Kaikkiaan kunnossapitokustannukset vaihtelevat 8,2...13,2 miljoonan euron vuositasolla keskiarvon ollessa 10,5 milj. euroa.

10.10 Sähköratalaitteiden korvausinvestointikustannukset tarkastelujaksolla

Tarkastelujakson korvausinvestoinnit muodostuvat pääkaupunkiseudun ratojen ajo-
langan vaihdosta. Korvausinvestointikustannuksia syntyy vuosina 2005–2010 noin 1,8 milj. euroa vuodessa ja vuosina 2035–2043 noin 2,1 milj. euroa vuodessa.

10.11 Sähköratalaitteiden kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Edellä käsitellyn mukaan kokonaiskustannukset vaihtelevat tarkastelujaksolla 8,2...14,5 milj. euron välillä. Vuotuinen keskiarvo on 11,2 milj. euroa. Vuosittaiset korvausinvestointi- ja kunnossapitokustannukset ilmenevät kuviosta 10.1.



Kuvio 10.1. Sähköratalaitteistojen kunnossapito- ja korvausinvestointikustannukset tarkastelujaksolla.

11 TUNNELIT JA KALLIOLEIKKAUKSET

11.1 Tunnelit

Suomen rataverkolla on yhteensä 42 rautatietunnelia ja niiden yhteispituus on 25,3 km /40/. Tunneleiden keski-ikä on 27 vuotta. Keski-ian alhaisuus selittyy rataosalle Kirkkonummi–Turku 1990-luvulla rakennetuilla tunneleilla. Tunneleiden pituudet ja rakentamisvuodet käyvät ilmi taulukosta 11.1. /133/ Vuonna 2008 käyttöön otettavan Vuosaaren satamaradan myötä rataverkon tunnelipituus tulee kasvamaan merkittävästi. Radalle suunniteltujen kahden tunnelin pituudet ovat 13,5 ja 0,6 km. /100, s. 5./

Taulukko 11.1. Suomen rautatietunnelit

<i>Nimi</i>	<i>pituus m</i>	<i>rak. vuosi</i>	<i>Nimi</i>	<i>pituus m</i>	<i>rak. vuosi</i>
Pasila-Sörnäinen			(Jyväskylä)-Äänekoski		
Kumpula	620	1965	Kangasvuori	2734	1964
(Pasila)-Kirkkonummi			(Jyväskylä)-(Pieksämäki)		
Espoo	99	1966	Pönttövuori	1429	1995
(Kirkkonummi)-(Turku)			(Kouvola)-(Pieksämäki)		
Lillgård	187	1985	Venekallio	180	1970
Riddarbacken	286	1985	Vuohijärvi	191	1974
Bäljars	295	1991	Kulonpalonvuori	418	1971
Köpskog	45	1991			
Åminne	108	1991	(Pieksämäki)-(Kuopio)-(Iisalmi)		
Högbacka	200	1991	Mustamäki	250	1969
Kaivosmäki	97	1990	Mustavuori I	282	1969
Haukkämäki	436	1990	Mustavuori II	373	1969
Harmaamäki	267	1990	Pieni Neulamäki	1002	1975
Lemunmäki	775	1992			
Märjänmäki	1240	1992	(Parikkala)-Savonlinna		
Lavianmäki	580	1993	Kyrönniemi	336	1969
Tottola	520	1959			
Halikko	186	1993	(Parikkala)-(Joensuu)		
Pepallonmäki	530	1989	Paksunniemi	26	1966
Pohjankuru, vanha	156	1896			
(Huopalahti)-Vantaankoski			(Kouvola)-(Kotka), Juurikorpi-(Hamina)		
Malminkartano	230	1973	Suurivuori	765	1983
			Kehä II	388	1977
(Jyväskylä)-(Haapamäki)			Lappeenranta ratapiha		
Möykynmäki	350	1926	Voisalmensaari	200	1962
(Tampere)-Orivesi-(Jyväskylä)					
Matomäki	239	1970	yhteensä m	25331	
Lahdenvuori	4290	1974	keski-ikä vuotta		27
Sahinmäki	154	1973			
Lautakkomäki	383	1972			
Paavalinvuori	768	1975			
Paasivuori	2459	1969			
Keljonkangas I	1064	1968			
Keljonkangas II	193	1967			

Rautatietunneli koostuu kolmesta rakenneosasta, jotka ovat kantavat rakenteet, sisustusrakenteet ja laiteasennukset. Kantaviin rakenteisiin luetaan rakenteet, jotka vaikuttavat tunnelin kantokykyyn ja pysyvyyteen. Myös kallio ja lujitusrakenteet luetaan kantaviin rakenteisiin. Kantavien rakenteiden suunnittelussa käyttöikätaavoite on 100 vuotta. Sisustusrakenteisiin kuuluvat vedeneristys-, lämmöneristys-, palosuoja- ja pinnoite-rakenteet, kaiteet sekä tukikerroksen alapuolella olevat lämmön- ja värinäneristeet. Laiteasennuksiin kuuluvat radan sähköistys- ja turvalaitteet, turvallisuuslaitteet, ilmanvaihto- ja valaisulaitteet, viemärintilalaitteet sekä kaapelireitit. Sisustusrakenteiden ja laiteasennusten suunnittelussa käyttöikätaavoite on 50 vuotta. /134, s. 2–4/

Tunnelit jaetaan pituuden mukaan kolmeen ryhmään. Ryhmät ovat seuraavat:

- Lyhyt tunneli: pituus alle 500 metriä
- Keskipitkä tunneli: pituus 500–2000 m
- Pitkä tunneli: pituus yli 2000 m /134, s. 4/.

Mainitun jaottelun mukaan Suomen rautatietunneleista 28 on lyhyitä, 11 keskipitkiä ja 3 pitkiä.

11.2 Tunneleiden peruskunnossapito

Rautatietunneleiden peruskunnossapidon tavoitteena on tunneleiden kunnan tunteminen, toimintakunnan ja liikenneturvallisuuden varmistaminen sekä rakenteiden vaurioitumisen estäminen /134, s. 47/.

Peruskunnossapitoon kuuluu kolme erilaista tarkastusmuotoa. Ne ovat kävelytarkastus, vuositarkastus ja päätarkastus. Kävelytarkastuksessa tunnelin rakenteet, varusteet ja laitteet tarkastetaan silmämääräisesti. Vuositarkastuksen yhteydessä tarkastetaan mm. tunnelin puhtaus ja puhdistustarve, murtumat ja lohkeamat, veden- ja lämmöneristeiden kunto, korroosioauriot sekä raiteen kunto. /134, s. 47/

Päätarkastus tehdään enintään 7 vuoden välein. Tarkastuksessa kaikki tunnelin rakenteet, laitteet, varusteet ja teknisten järjestelmien toimivuus tarkastetaan apu- ja mittauslaitteiden avulla. Päätarkastuksesta laaditaan raportti, jossa esitetään havaitut puutteet ja toimenpide-ehdotukset kiireellisyys- ja kustannusarvioineen. /134, s. 47/

Peruskunnossapidon tehtäviin kuuluu tarkastusten lisäksi tarkastuksissa määritellyt tarvittavat toimenpiteet /134, s. 48/. Näihin kuuluvat mm. rakenteiden puhdistaminen, paannejään poistaminen talviaikana, tunnelilaitteiden huoltaminen ja kunnostaminen sekä kuivatus- ja viemärintijärjestelmien puhdistus ja huolto /16, s. 17–18; 135/. Suuret rakenteelliset korjaustyöt eivät sen sijaan kuulu peruskunnossapitoon, vaan ne tehdään ns. erikseen tilattavina töinä.

Tunneleiden peruskunnossapitokustannuksia ei ole selkeästi yksilöity. Tunneleista aiheutuneet kustannukset kirjataan joko päällysrakenteen tai alusrakenteen kunnossapitotöihin. Tämä johtuu siitä, että tunneleiden huoltotoimet tehdään muiden radalla tehtävien töiden yhteydessä. Esimerkkinä voidaan mainita kävelytarkastukset, joissa tarkastetaan radan kaikkien elementtien kuntoa ja kustannusten oikea jakaminen eri osaluille on vaikeaa.

Puhtaasti tunneleista aiheutuvat peruskunnossapitokustannukset ovat olleet vuosina 2000–2002 noin 100 000 euroa vuodessa /17/. Tulevaisuudessa Vuosaaren satamaradan yhteispituudeltaan 14,1 km tunneleiden peruskunnossapitotarve nostaa kustannukset arviolta 156 000 euroon vuodessa. Muilta osin tunneleiden peruskunnossapitokustannukset on huomioitu alusrakenteen ja alueiden peruskunnossapitokustannuksissa.

11.3 Tunneleiden ongelmat

Tunneleiden rakenteiden vauriot korostuvat liikenteen vaatimusten kasvaessa. Nopean henkilöliikenteen verkon laajentuessa tunnelit kaipaavat korjaustoimia liikenneturvallisuuden takaamiseksi.

11.3.1 *Lämpö- ja vedeneristys*

Lämpöeristeiden tarkoitus on estää tunnelin käyttöä ja huoltoa haittaava jäänmuodostus. Jään muodostuminen tunnelin seinämiin ja kattoon saattaa johtaa tilanteeseen, jossa junan paineiskun vaikutuksesta jäälaatta irtoaa ja vahingoittaa junaa.

Vedeneristyksen tarkoitus on tiivistää tunnelitilat niin, ettei haitallisia vesivuotoja pääse esiintymään. Paikoissa, jotka ovat alttiita jäätymiselle, ei saa esiintyä vesivuotoja lainkaan /134, s. 19/. Vedeneristyksen pettäminen johtaa osaltaan jäänmuodostukseen ja ruiskubetonoinnin lohkeiluun tunneleissa.

Osassa tunneleita lämmön- ja vedeneristysmateriaalit eivät ole kestäneet junaliikenteen aiheuttamia paineiskuja. /136, s. 52./ Lämpö- ja vedeneristeiden on havaittu irtoilevan varsinkin Pendolino-junien ja kaksikerrosvaunujen aiheuttaman paineiskun vaikutuksesta rataosalla Helsinki–Turku /137, s. 6–8/.

11.3.2 *Ruiskubetonointi ja rapautuminen*

Lähes kaikkien tunneleiden sisäpinnat on ruiskubetonoitu. Ruiskubetonoinnin alla sijaitsevilla salaojilla pyritään keräämään kallion vuotovedet kuivatusjärjestelmiin. Monin paikoin on havaittu ruiskubetonisalaojien päässeen jäätymään siten, että jäätymisen on rikkonut salaojan ja sitä suojaavan ruiskubetonirakenteen. Tämä aiheuttaa ruiskubetonoinnin rapautumista ja lohkeilua. Lohkeillut ruiskubetoni saattaa irrota tunnelien seinämistä mm. junan aiheuttaman paineiskun vaikutuksesta ja aiheuttaa näin vaurioita kalustolle. /135/

Tunneleiden suuaukkojen pintavesien valuminen leikkaukseen, näiden jäätymisen talvella paannejääksi sekä muut ympäristötekijät aiheuttavat voimakasta kiviaineksen ja ruiskubetonoinnin rapautumista. Rapautumisen seurauksena riski lohkareiden ja ruiskubetonilaattojen irtoamiseen ja putoamiseen radalle kasvaa huomattavasti. Tunnelin suun ongelmat ilmenevät selkeästi kuvasta 11.1.



Kuva 11.1. Huonokuntoinen tunnelinsuu. Vasemmalla vaurioituneita veden- ja lämmöneristeitä, oikealla ruiskubetonoinnin lohkeilua.

11.3.3 Tunnelien turvallisuustaso

Euroopassa on viime aikoina alettu kiinnittää huomiota mm. maantieliikenteen tunneleiden turvallisuuteen. Tämän myötä myös uusille rautatietunneleille ollaan luomassa yhtenäisiä, eurooppalaisia turvallisuussuosituksia mm. poistumisteiden, hätävalaistuksen ja -puhelinten suhteen. /135/

Suomen rautatietunneleiden turvallisuus on samalla tasolla kuin muuallakin Euroopassa /138/. Suurin osa tunneleiden lämpö- ja vedeneristysmateriaaleista ei täytä nykyisiä paloturvallisuusmääräyksiä. Voimassa olevien määräysten mukaan sisustusrakenteissa ei saa käyttää palavia tai palossa savua tai myrkyllisiä kaasuja muodostavia materiaaleja /134, s. 19/.

Useimpien tunneleiden suille ei ole olemassa kohtuullista tieyhteyttä. Tunneleista puuttuvat myös mm. turvavalaistukset ja hätäpuhelimet /135/. Ratateknisten määräysten ja ohjeiden mukaan turvavalaistus vaaditaan kaikkiin yli 200 m pituisiin tunneleihin /134, s. 32–37/. Palonsammutusjärjestelmistä ei ole olemassa erillistä määräystä, vaan tarpeet määritetään tunnelikohtaisessa riskianalyysissä /134, s. 36/. Mainittujen

Mainittujen laitteiden rakentaminen liikenteenalaiseen tunneliin on kuitenkin huomattavasti kalliimpaa /138/. Laskelmissa arvioidaankin turvajärjestelmien rakentamiskustannusten olevan edellä esitettyyn verrattuna kolminkertaiset.

11.4.3 Yhteenveto korvausinvestointikustannuksista

Mainittujen esimerkkien voidaan katsoa kuvaavan maamme 42 tunnelin korvausinvestointitarvetta. Tarkemman arvion antaminen on olemassa olevien lähtötietojen vajavaisuuden takia erittäin vaikeaa. Esimerkkiselvitysten mukaan tunneleiden korvausinvestointitarve vaihtelee välillä 956–1 838 euroa/tunnelimetri + 110 000 euroa/tunneli. Tämä muodostuu kantavien ja sisustusrakenteiden korjaamisesta (956 euroa/tunnelimetri) sekä betonisten suurakenteiden rakentamisesta. Turvallisuusjärjestelmien rakentamiskustannukset ilmenevät taulukosta 11.2.

Taulukko 11.2. Tunneleiden turvallisuusjärjestelmien kustannukset

Tunnelin pituus m	Kustannus euroa/m	Turvajärjestelyt	Tunneleita
0–200	-	-	12
200–500	600	turvavalaistus	16
500–2000	681	turvavalaistus, hätäpuhelimet	11
yli 2000	882	turvavalaistus, hätäpuhelimet, palopostit	3

11.5 Tunneleiden korvausinvestointien ajoitus

Asiantuntija-arvion mukaan rataverkolla on tunnelikohteita, joissa tarvitaan kiireellisiä korjaustöitä. Pieksämäki–Kuopio -rataosan tarveselvityksen mukaan toimia tarvitaan 5–10 vuoden sisällä. /135/ Mikäli työt viivästyvät, tunneleiden kunnon heikkeneminen jatkuu kiihtyen. Samalla kokonaiskorjauskustannukset nousevat ja junien nopeuksia jouduttaneen alentamaan liikenneturvallisuuden takaamiseksi.

Ei kuitenkaan liene realistista olettaa kaikkia töitä tehtävän kymmenen vuoden aikana. Siksi arvioidaan, että noin puolet korjaustöistä tehdään seuraavan viiden vuoden aikana vuosina 2005–2009 ja loput puolet kymmenen seuraavan vuoden aikana vuosina 2010–2019. Vuosina 2005–2009 ehdotetaan korjattavaksi rataosien Helsinki–Turku ja Jämsänkoski–Jyväskylä -tunnelit. Nämä rataosat ovat nopean henkilöliikenteen (yli 160 km/h) ratoja ja niiden tunneleissa on havaittu paljon korjaustarvetta. Tunneleita näillä rataosilla on yhteensä 24 ja niiden yhteispituus on 15 401 m /133/. Korjaustöiden kustannukseksi muodostuu yhteensä 28,3 milj. euroa. Korjauksia ei tarvitse tehdä taulukossa 10.1 mainituille Pohjankurun vanhalle tunnelille, koska se ei ole varsinaisen junaliikenteen käytössä. Vuosina 2010–2019 ehdotetaan korjattavaksi loput 17 tunnelia yhteispituudeltaan 9 774 m /133/. Näiden töiden kustannus on yhteensä 20,0 milj. euroa.

Korjaustarve ei kuitenkaan lopu mainittujen töiden suorittamisen jälkeen. Koska tunneleita ei korjata kokonaan, kehittyy niihin uutta korjaustarvetta mm. ruiskubetonoinnin rapautumisen johdosta. Jotta tunneleidenkin korjaustoiminnassa

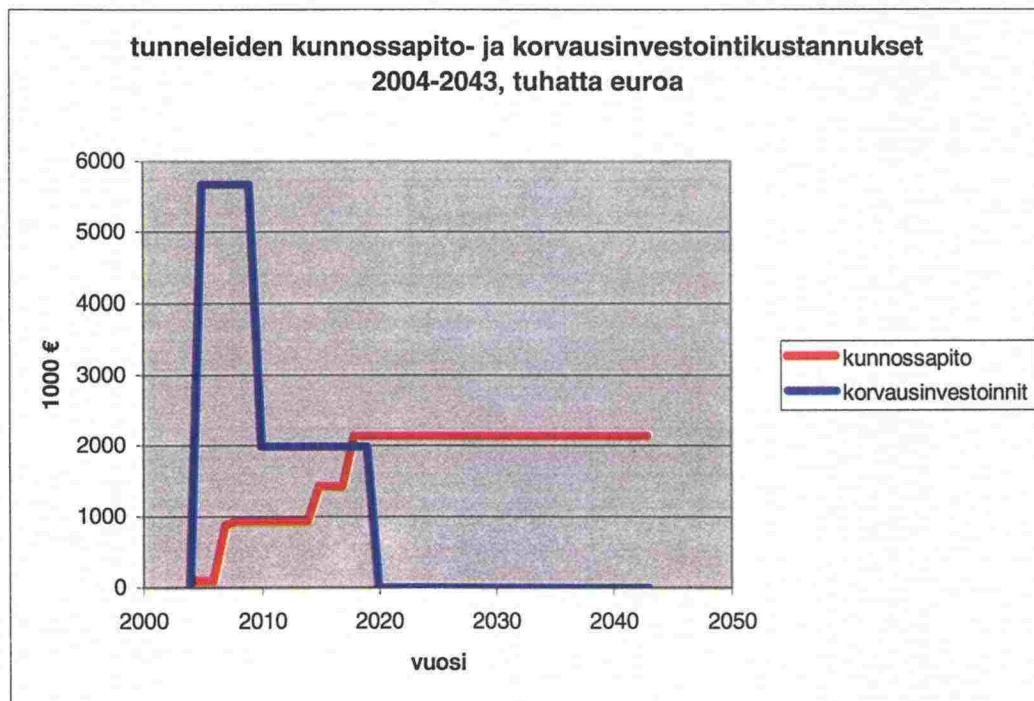
päästäisiin ennakoivaan kunnossapitoon, tulee rakenteita korjata säännöllisesti aina korjaustarpeen ilmentyessä, eikä päästää korjaustarvetta kasautumaan.

Voidaankin olettaa, että tunneleihin kertyy uutta korjaustarvetta samaa tahtia, kuin nyt korjattaviksi esitettyihin tunneleihin on kertynyt niiden keski-ian, 27 vuoden aikana. Korjaustarpeen kasvun arvioinnissa ei oteta huomioon betonisten suuaukkojen rakentamiskustannuksia. Tällöin tunnelimetrin ikääntymisen kustannukseksi saadaan Pieksämäki–Kuopio -tarveselvityksen esittämä 956 euroa/27 vuotta = 35,41 euroa/vuosi. Turvajärjestelmien ikääntymiskustannuksiksi arvioidaan karkeasti 15 euroa/tunnelimetri/vuosi.

Korjaustarpeen oletetaan lähtevän kasvuun tunneleille tehtävien korjaustöiden ajanjakson puolessa välissä. Näin ollen rataosilla Helsinki–Turku ja Jämsänkoski–Jyväskylä vuosittaisen ennakoivan korjaustoiminnan kustannus on $15\,557\text{ m} \cdot 50,41\text{ euroa/m/vuosi} = 0,78\text{ milj. euroa/vuosi}$ vuosina 2007–2043. Muilla rataosilla kustannus on $9\,774\text{ m} \cdot 50,41\text{ euroa/m/vuosi} = 0,5\text{ milj. euroa/vuosi}$ vuosina 2015–2043. Vuosaaren satamaradalla korjaustarpeen oletetaan alkavan vuonna 2018. Nämä kustannukset luetaan kunnossapitokustannuksiin.

Edellä mainittujen kunnossapitokustannusten lisäksi peruskunnossapidon ja Vuosaaren satamaradan tunneleiden ennakoivien korjaustöiden myötä kunnossapitokustannukset nousevat vuonna 2018 noin 2,1 milj. euron vuositason.

Tunneleihin liittyvät kunnossapito- ja korvausinvestointikustannukset ilmenevät kuviosta 11.1.



Kuvio 11.1. Tunneleiden kunnossapito- ja korvausinvestointikustannukset.

11.6 Kallioleikkaukset

Koko rataverkon kattavaa rekisteriä kallioleikkauksista, niiden yhteispituudesta, korkeuksista tai kivilajeista ei ole olemassa. /135/

Kallioleikkausten määrät vaihtelevat rataosittain runsaastikin. Rautateiden vilkkaan rakentamisen aikaan 1800-luvun lopussa ja 1900-luvun alussa maastoesteet yleensä pyrittiin kiertämään, koska kallioleikkausten tekeminen oli vaikeaa ja kallista tekniikan ollessa alkeellista. Myöhemmin rakennetuilla radoilla kallioleikkauksia on selvästi enemmän, mm. rataosilla Tampere–Parkano–Seinäjoki ja Jämsänkoski–Jyväskylä, jotka on avattu liikenteelle 1960- ja 70-luvuilla. Toki vanhemmille radoille tehtyt rataoikaisut ovat lisänneet näiden ratojen leikkausten määrää.

11.7 Kallioleikkausten peruskunnossapito

Kallioleikkausten peruskunnossapitoon kuuluu salaojien tarkastus ja puhdistus, irtokivien pudottaminen ja poissiirtäminen, paannejään poistaminen talvisin, suoja-aitojen kunnossapito, kuivatusjärjestelmien huolto, kasvillisuuden ja irtoaineksien poisto. Lisäksi yksittäiset suuret lohkarit pultataan paikoilleen. /16, s. 18/

Kallioleikkausten peruskunnossakustannuksista ei ole olemassa yksilöityä tilastoa, vaan ne sisältyvät alusrakenteen ja alueiden peruskunnossapitoon. Tämän vuoksi kallioleikkausten peruskunnossapidon kustannuksia ei arvioida tässä, vaan ne on huomioitu alusrakenteen ja alueiden kustannuksissa.

11.8 Kallioleikkausten ongelmat

11.8.1 Rapautuminen ja pintavedet

Kallioleikkausten louhinta on aiemmin pyritty suorittamaan ilmeisesti mahdollisimman edullisesti, eikä louhintajälkeen ja seinämien riittävään lujitukseen olla kiinnitetty riittävää huomiota. Kallioleikkausten kiviaineksessa tapahtuu jatkuvaa rapautumista, mikä johtuu pintavesien pääsystä kalliossa oleviin rakoihin. Talvisin kallion raoissa olevan veden jäätyminen aiheuttaa rakojen avauman kasvua, mikä vähitellen johtaa lohkariden irtoamiseen. Sama ilmiö aiheuttaa myös kiviaineksen rapautumista. Rapautunut kiviaines saattaa ajan myötä irrota leikkauseinämästä ja pudota alas. Rapautumisherkkyyteen vaikuttaa käytettyjen louhintatekniikoiden lisäksi kallioleikkauksen kivilaji ja sen rakoilu. /135/

Rapautuminen koskee myös seinämien ruiskubetonointia. Kallioseinämän ja ruiskubetonoinnin välissä olevan veden jäätyessä se murtaa ruiskubetonipinnan. Tämän jälkeen raoista vuotava vesi, sen jäätyminen ja junien aiheuttamat paineiskut lisäävät ruiskubetonoinnin vaurioita ja johtavat vähitellen ruiskubetonilohkojen irtoamiseen. /135/

Pintavesien pääsy valumaan leikkauseinämille aiheuttaa talvisin paannejääongelmia. Paannejää saattaa kiskoille pudotessaan aiheuttaa liikenneturvallisuusriskin ja vaurioittaa sähköratarakenteita. /135/

11.8.2 Korkeus, kapeus ja pystysuoruus

Monien 1960- ja 1970-luvuilla rakennettujen ratojen ja rataoikaisujen kallioleikkaukset ovat hyvin korkeita. Leikkauksen korkeus saattaa olla jopa 30 metriä. Korkeiden kallioleikkausten kunnossapito on erittäin hankalaa, koska käytettävissä olevien laitteiden ulottuma ei riitä korkeimpien leikkausten huoltoon. Tällöin mm. irtokivien ja muun aineksen poisto vaatii erityistoimia. Sähköistetyillä rataosilla ongelma korostuu huomattavasti sähköratarakenteiden estäessä suoraan ylöspäin tehtävät toimet. /135/

Koska leikkaukset ovat korkeita ja usein myös pystysuoria, on vaarana, että mahdollisesti irtoavat lohkareet tai paannejääseinämät putoavat kiskoille saakka. Myös sähköratarakenteet saattavat vaurioitua. /135/ Tällöin leikkauksen kapeus pahentaa tilannetta.

11.9 Kallioleikkausten korvausinvestointikustannukset

Kallioleikkausten korvausinvestoinnit ovat luonteeltaan korjaavia kunnossapitotöitä. Korjaustöissä mm. vahvistetaan seinämärakenteita, poistetaan irtokiviä sekä tehdään tarvittavia eristys- ja puhdistustöitä. Kallioleikkausten työtarpeet havaitaan yleensä radan kävelytarkastuksen yhteydessä.

11.9.1 Aiemmin tehdyt ja suunnitellut työt

Vuosina 2001–2003 rataosilla Lielähti–Seinäjoki ja Lielähti–Kokemäki tehtiin laajoja kunnostustoimia. Toimia edelsivät kuntokartoitukset, joissa asiantuntijatarkastuksen perusteella määriteltiin riskialttiimpien kohtien korjaustoimenpiteet. Korjaustyöt saivat aloitteen Parkanon lähellä tapahtuneen leikkauksen sortuman jälkeen, jossa suuri lohkare putosi osittain kiskoille ja vaurioitti lähestynyttä junaa. /140/

Rataosan Lielähti–Seinäjoki (154 km) kallioleikkaukset ovat luonteeltaan kapeita ja pystysuoria. Rataosalla on 29 leikkausta, joiden yhteispituus on 21,7 km. Koska seinämää on lähes joka paikassa molemmin puolin rataa, seinämän yhteispituus on noin 40 km. Kunnostustöissä kallioleikkausten seinämät ja yläreunat puhdistettiin kasvillisuudesta, irtolohkareista ja irtomaasta. Suuret lohkareet pultattiin paikoilleen. Lisäksi noin 300 m matkalla louhittiin noin 15 m korkea seinämän yläosa noin 5 m korkealle ja 6 m leveälle hyllylle. Leikkausten kuivatusjärjestelmille ei tehty kunnostusta, koska ne oli kunnostettu 1990-luvulla. Myöskään ruiskubetonointia ei tehty. /140/ Leikkauksista kunnostettiin vain ne, jotka oli määritelty riskialttiiksi. Näitä kohteita rataosuudella oli noin 70 % seinämän yhteispituudesta. /135/ Kunnostustöiden kokonaiskustannukseksi muodostui noin 1,06 milj. euroa, joka tekee noin 48 600 euroa leikkauskilometriä kohti. /140/

Rataosalla Lielähti–Kokemäki (89 km) kunnostettiin 31 leikkauksen yhteensä noin 6,4 leikkauspituudesta noin 50 % /135; 140/. Toimenpiteet olivat pitkälti samanlaisia kuin Lielähti–Seinäjoki -osuudella. Kokonaiskustannukseksi muodostui noin 0,28 milj. euroa, joka tekee noin 43 600 euroa leikkauskilometriä kohti. /140/ Kustannukset jäivät Lielähti–Seinäjoki -osuuteen verrattuna pienemmiksi, koska korjattavaa oli vähemmän, leikkauksia ei louhittu lainkaan eikä sähköradan jännitekatkoja tarvittu läheskään yhtä paljon /135/.

Rataosan Pieksämäki–Kuopio (88 km) geoteknisessä tarveselvityksessä vuonna 2003 tutkittiin kaikki osuuden 21 leikkausta. Leikkausten yhteispituus on noin 3,6 km, joten seinämän pituudeksi tulee noin 7 km. Selvityksessä päädyttiin suosittamaan toimenpiteitä yhteensä 1 880 raidemetrille, joka on noin 50 % leikkausten yhteispituudesta. Toimenpiteiden kustannusarvio on 300 800 euroa, joka tekee noin 83 600 euroa leikkauskilometriä kohti. /136, s. 55–56/

11.10 Päätelmät kallioleikkausten korvausinvestointitarpeesta

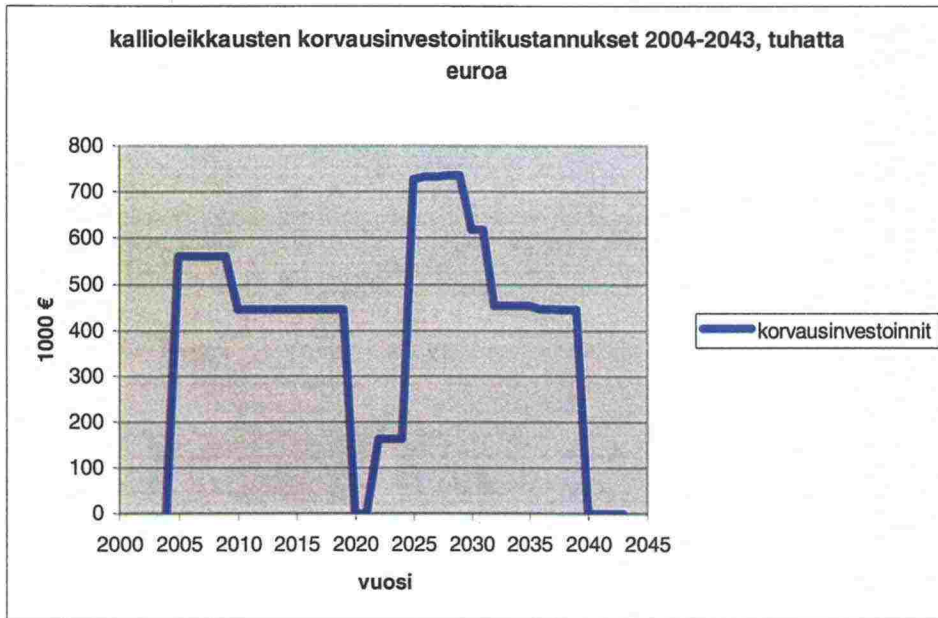
Kuten edellisistä kappaleista käy ilmi, kallioleikkausten kunnostuskustannukset vaihtelevat huomattavasti eri rataosilla. On huomioitava, että kaikki työt on tehtävä juna-liikenteen sallimissa työraoissa. Rataosakohtaisten korjaustarpeiden arviointi on kallioleikkauksia koskevan tarkan rekisteritiedon puuttuessa erittäin vaikeaa. Mainituilla esimerkkirataosilla kallioleikkausten yhteispituus on keskimääräistä suurempi. Muutamilla maamme rataosilla kallioleikkauksia ei ole juuri lainkaan. On luonnollista, että korjaustarveselvityksiä on tehty rataosilta, joilla kallioleikkauksia on paljon ja joilla korjaustarvettakin esiintyy eniten.

Oy VR-Rata Ab:n rata-alueilta saatujen tietojen mukaan ratalinjasta 0–19 % kulkee kallioleikkauksessa /141; 142; 143; 144; 145; 146/. Tarkimmat tiedot saatiin Helsingin ja Kouvolan rata-alueilta. Muilla rata-alueilla kallioleikkausten määräksi arvioitiin alle 5 % ratapituudesta. Suurimmillaan kallioleikkausten osuus on rataosalla Jämsänkoski–Jyväskylä. Laskelmissa käytetään rata-alueilta saatuja tietoja niin, että alle 5 %:n määrä tulkitaan keskimäärin 2 %:ksi. Esimerkkirataosista Lielähti–Seinäjoki -osuudella kallioleikkauksia on 14 %, Lielähti–Kokemäki -osuudella 7 % ja Pieksämäki–Kuopio 4 % ratalinjan pituudesta.

Asiantuntija-arvion mukaan kallioleikkausten korjauskustannukset tiheästi liikennöidyllä ja sähköistetyllä radalla ovat vähintään 3–4 kertaa suuremmat kuin sähköistämättömällä ja vähemmän liikennöidyllä radalla /138/. Tämä johtuu töiden vaatimista raidevarauksista ja sähköradan jännitekatkoista, joiden saaminen vilkkaasti liikennöidyllä radoilla on hankalaa. Tämän vuoksi töiden kesto pitkittyy. Näin ollen kallioleikkausten korjaustöiden keskiarvokustannukseksi voidaan esimerkkirataosien perusteella arvioida 52 500 euroa/leikkauskilometri, kun kyseessä on sähköistetty rataosa. Sähköistämättömällä radalla kustannuksiksi arvioidaan kolmasosa tästä, eli 17 500 euroa/leikkauskilometri.

Rataosilla Lielähti–Seinäjoki ja Lielähti–Kokemäki tehtyjen korjaustöiden suorittaminen olisi asiantuntija-arvion mukaan suositeltavaa myös muilla maamme kallioleikkauksilla /140/. Tehtyjen korjaustöiden arvioidaan riittävän vähintään 20–30 vuodeksi, jonka jälkeen vastaavanlaisten töiden voidaan katsoa olevan uudelleen ajankohtaisia /135/. Koska korjaustöiden yhteydessä osa seinästä todettiin hyväkuntoisiksi, voidaan näiden kohtien olettaa olevan kiviainekseltaan parempaa ja korjaustarpeen kehittyvän selvästi hitaammin. Tästä syystä laskennallisena kallioleikkausten korjaustarvevälinä voidaan pitää kahtakymmentä vuotta. Koska järjestelmällistä selvitystä kallioleikkausten kunnosta ei ole tehty, arvioidaan korjaustyöt tehtäväksi vuosina 2005–2019 samassa tahdissa tunneleiden korjaustöiden kanssa. On otettava huomioon, että laskelmien lähtötiedot ovat varsin puutteellisia ja tämän vuoksi

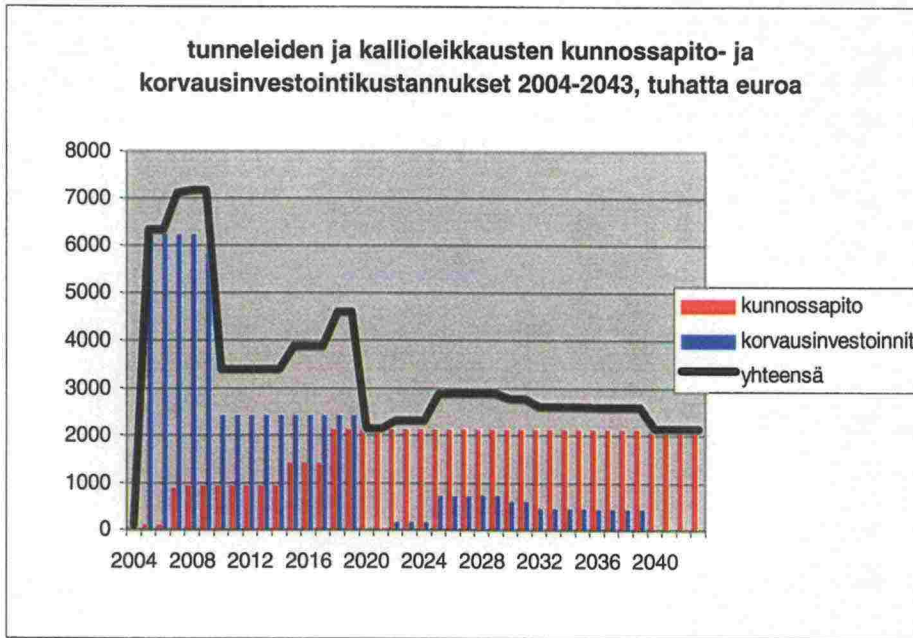
kustannusarvioitkin ovat vain suuntaa-antavia. Kallioleikkauksista aiheutuvat korvausinvestointikustannukset selviävät kuviosta



Kuvio 11.2. Kallioleikkausten korvausinvestointikustannukset.

11.11 Tunneleiden ja kallioleikkausten kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Tunneleista ja kallioleikkauksista aiheutuvat kustannukset ovat korkeimmillaan heti jakson alussa. Korvausinvestointikustannukset ovat vuosina 2005–2009 noin 6,3 milj. euroa vuodessa. Tämän jälkeen korvausinvestointitarve laskee. Kunnossapito-kustannukset kasvavat nykytasosta mm. Vuosaaren satamaradan sekä järjestelmällisen kunnossapitotyön johdosta. Järjestelmällisellä kunnossapidolla varmistetaan, ettei nykyistä korvausinvestointikasaumaa pääse syntymään. Kustannusten vaihtelu tarkastelujaksolla selviää kuviosta 11.3.

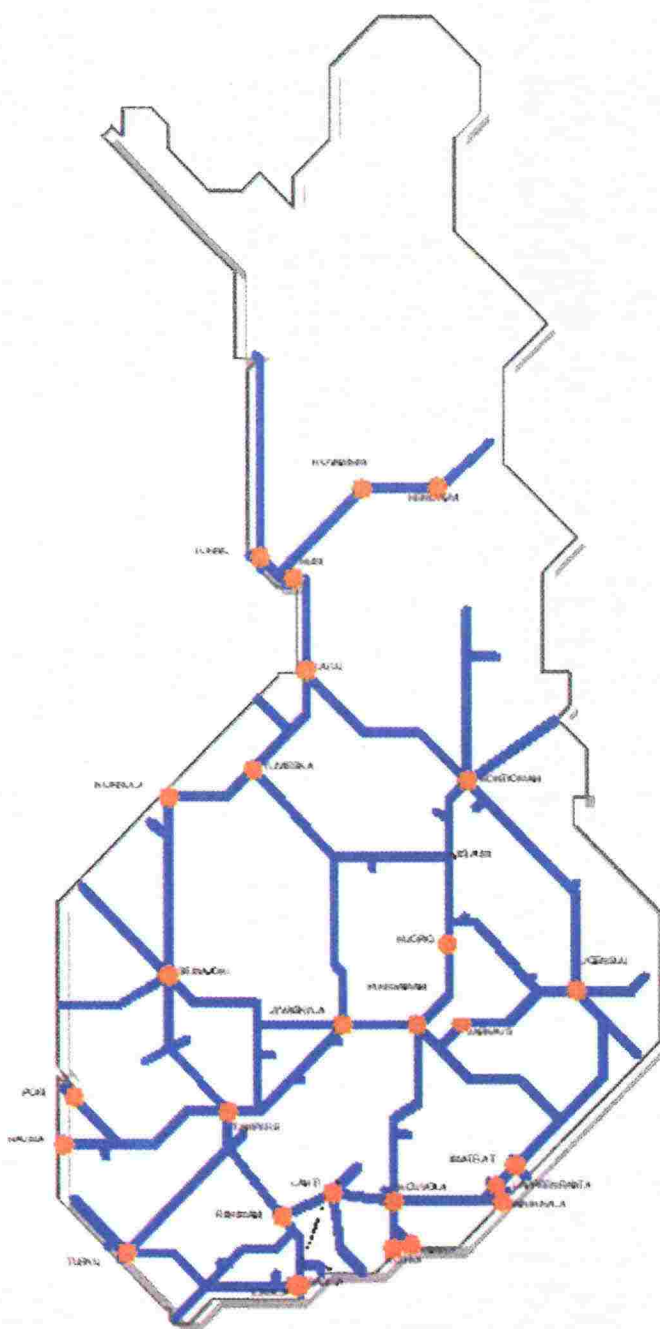


Kuvio 11.3. Tunneleiden ja kallioleikkausten kunnossapito- ja korvausinvestointikustannukset.

12 RATAPIHAT

Maamme ratapihojen sivuraiteiden yhteispituus on noin 2291 raidekilometriä /33/. Niiden kiskojen, pölkkyjen ja tukikerroksen peruskunnossapitokustannukset sisältyvät luvussa 5 Päällysrakenne ja vaihteiden peruskunnossapitokustannukset luvussa 6 Vaihteet käsiteltyihin peruskunnossapitokustannuksiin. Sen sijaan ratapihojen päällysrakenteen korvausinvestointitarvetta ei luvussa 5 ole arvioitu.

Suomen rataverkolla on 29 ratapihaa, joita voidaan pitää liikenteellisesti muita tärkeämpinä. Nämä ratapihat sijaitsevat risteysasemilla ja satamien tai suurten teollisuuslaitosten läheisyydessä. Tässä selvityksessä erikseen käsiteltävät ratapihat ilmenevät kuvasta 12.1.



Kuva 12.1. Liikenteellisesti keskeiset ratapihat.

RHK:n liikennejärjestelmäyksikössä on vuonna 2003 tehty ratapihojen kehittämistarpeita kartoittava Tavaraliikenteen ratapihavisio ja -strategia 2025 -suunnitelma ja se on julkaistu Ratahallintokeskuksen julkaisuna A1/2004. Suunnitelmassa ratapihat jaotellaan rautatieliikenteen kilpailukyvyyn kannalta kolmeen ryhmään. Ne ovat pääsolmu, perussolmu ja pääteratapiha. /147, s. 38./ Ratapihavisio painottaa näitä ratapihoja tulevaisuuden kehittämiskohteina. Tarkempia arvioita ratapihojen kehittämisestä ratapihavisiossa ei kuitenkaan anneta.

12.1 Ratapihojen ja sivuraiteiden päällysrakenne

Rataverkon sivuraidepituudesta 1023 raidekilometriä on tärkeimmillä ratapihoilla /17/. Näiden raiteiden kunnossapito on ensisijaisen tärkeää, koska liikenne näillä ratapihoilla on vilkasta.

Ratapihojen päällysrakenteen korvausinvestointitarpeita on jouduttu jatkuvasti lykkäämään varojen vähäisyyden takia. Asiantuntija-arvion mukaan noin kolmasosa tärkeiden ratapihojen raidepituudesta tulisi saada uusittua vuoteen 2013 mennessä. Loput kaksi kolmasosaa vaativat uusintaa vuoteen 2023 mennessä. /46/ Vähäliikenteisten ratapihojen ja sivuraiteiden uusimisen voi olettaa olevan tarpeellista vuoteen 2023 mennessä.

Korvausinvestointien lykkääntymisestä johtuen useiden ratapihojen päällysrakenteen kunnossapitoon on viime vuosina jouduttu käyttämään aiottua enemmän. Mikäli korvausinvestointeja ei olisi jouduttu lykkäämään, olisi nämä ylimääräiset kunnossapitokustannukset voitu säästää. /46/

Sivuraidepituus tulee tarkastelujaksolla vähenemään. Erittäin vilkkaasti liikennöidyille ratapihoille näitä jouduttaneen rakentamaan lisää, kun taas vähäliikenteisiltä radoilta ja ratapihoilta turhia sivuraiteita voidaan purkaa pois. /21/ Tarkan arvion antaminen sivuraidepituuden muutoksesta on tämänkaltaisessa selvityksessä mahdotonta. Karkeana arviona voidaan pitää noin 10 % vähennystä nykyiseen raidepituuteen /21/. Uusien raiteiden rakentamista ei rataverkkoa kehittävänä toimena käsitellä tässä selvityksessä. Sen sijaan vähäliikenteisten sivuraiteiden purkaminen vähentää osaltaan korvausinvestointitarvetta.

Tekeillä olevan tavararatapihavisio luokituksen ulkopuolelle jäävät tässä selvityksessä käsiteltävistä ratapihoista Iisalmen, Kemijärven, Kuopion, Rovaniemen ja Ylivieskan ratapihat. /147, s. 34/ Voidaan olettaa, että tavararatavisio luokittelemien ratapihojen raidepituus ei vähene. Näiden ratapihojen yhteenlaskettu raidepituus on 945 raidekilometriä /17/. Tällöin muiden ratapihojen ja sivuraiteiden raidepituus vähenee enemmän kuin 10 %. Kertoimeksi saadaan laskemalla $2291 * 0,9 = (2291 - 945) * x + 945 \rightarrow x = 0,83$. Näin ollen raidepituuden vähenemä on 17 %.

Tämän hetken arvion mukaan nopeimmin päällysrakenteen korvausinvestointeja tarvitsevat Imatra T:n, Joensuun, Kokkolan, Kotkan Hovinsaaren, Pieksämäen, Riihimäen, Seinäjoen, Turun ja Ylivieskan ratapihat /99/. Sivuraiteiden yhteispituus näillä ratapihoilla on 415 km /17/. Näiden päällysrakenne tulisi uusia vuoteen 2013 mennessä. Turun ratapihan päällysrakenteesta on kuitenkin uusittu 75 % ja Imatra T:n päällysrakenteesta 25 % /21/.

Ratapiharaiteiden korvausinvestoinnissa tehtävän uuden päällysrakenteen koostumus on seuraava:

- Raidesepeli, puolisepelöinti
- Betonipölkkyt
- Kunnostetut 54 E1-kiskot. /46/

Niillä raiteilla, joilla jo nyt on tukikerrosmateriaalina raidesepeli, saatetaan tarvita jonkin verran sepelinpuhdistusta ja täydennyssepelöintiä. Sepelinpuhdistuksen määrää on kuitenkin vaikea arvioida. Yksinkertaistaen päällysrakenteen uusimiskustannusten voidaan olettaa olevan taulukossa 12.1 esitetyn mukaiset. Kustannukset on arvioitu luvussa 5 Päällysrakenne tehtyjen tarkastelujen perustella.

Taulukko 12.1. Ratapiharaiteiden päällysrakenteen uusimiskustannukset, euroa/raidekilometri

Työkohte	eur/rd-km
puolisepelöinti	57 500
raiteenvaihto	49 000
kiskomateriaali	17 200
pölkkyateriaali	82 000
turvalaitetyöt	10 000
tukemiset, harjaukset ym.	28 000
vanhan materiaalin hävitys	16 000
yhteiskustannukset	25 970
Yhteensä	285 670

Päällysrakenteen uusimistahdin voi olettaa olevan tasaista vuoteen 2023 saakka. Samoin voidaan olettaa, että poistettavaksi aiottu sivuraiteet on purettu jo vuoteen 2023 mennessä. Tarpeettomat raiteet purettaneen ratapihan päällysrakenteen uusimistyön yhteydessä. Vuoden 2023 jälkeen ratapihojen korvausinvestointeihin voidaan karkeasti arvioida kuluvan noin 10 milj. euroa vuosittain. Näihin kustannuksiin sisältyy mm. 1990- ja 2000-luvuilla uusittujen ratapihojen sivuraiteiden vähittäiset korvausinvestoinnit.

Ratapihojen ja sivuraiteiden korvausinvestointiaikataulun ja -kustannusten voidaan arvioida muodostuvan edellä mainituilla perusteilla. Kustannukset on esitetty kootusti taulukoissa 12.2 ja 12.3. Niissä on huomioitu Turussa ja Imatra T:llä jo tehdyt työt. Samoin on otettu huomioon, että Kemin ratapihan päällysrakenteen uusiminen on hiljattain valmistunut ja Rovaniemen juuri valmistumassa.

Vuonna 2008 käyttöönotettava Vuosaaren satama siirtää tavaraliikenteen pois nykyiseltä Pasilan ratapihalta. Tämän vuoksi taulukossa on arvioitu, että ratapihan raiteistosta puretaan noin puolet. Helsingin Ilmalan varikon uusiminen tullaan toteuttamaan kehittämisinvestointina, eikä sitä oteta huomioon näissä laskelmissa.

Taulukko 12.2. Päälysrakenteen uusimiskustannukset tärkeimmillä ratapihoilla 2004-2013

Vuodet	raidekm	raidekm	uusittava	uusimiskust.	kust.	vuosi-
2004-2013	2003	2023	raidekm	€/rd-km	yht. €	kustannus €
Imatra T	51,4	51,4	38,6	285 670	11 022 220	1 102 222
Joensuu	29,2	29,2	29,2	285 670	8 336 708	833 671
Kokkola	33,7	33,7	33,7	285 670	9 627 079	962 708
Kotka	40,8	40,8	40,8	285 670	11 641 338	1 164 134
Pieksämäki	98,4	98,4	98,4	285 670	28 103 358	2 810 336
Riihimäki	52,6	52,6	52,6	285 670	15 026 242	1 502 624
Seinäjoki	49,5	49,5	49,5	285 670	14 140 665	1 414 067
Turku	44,6	44,6	11,2	285 670	3 185 221	318 522
Ylivieska	14,8	12,3	12,3	285 670	3 509 170	350 917

Taulukko 12.3. Päälysrakenteen uusimiskustannukset muilla ratapihoilla ja sivuraiteilla 2004-2023

Vuodet	raidekm	raidekm	uusittava	uusimiskust.	kust.	vuosi-
2004-2023	2003	2023	raidekm	€/rd-km	yht. €	kustannus
Iisalmi	12,0	10,0	10,0	285 670	2 855 469	142 773
Hamina	25,3	25,3	25,3	285 670	7 241 449	362 072
Jyväskylä	20,8	20,8	20,8	285 670	5 941 936	297 097
Kemi	17,2	17,2	0,0	0	0	0
Kemijärvi	8,2	6,8	6,8	285 670	1 944 270	97 214
Kontiomäki	19,3	19,3	19,3	285 670	5 513 431	275 672
Kouvola	86,6	86,6	86,6	285 670	24 746 449	1 237 322
Kuopio	24,4	20,3	20,3	285 670	5 792 739	289 637
Lahti	27,6	27,6	27,6	285 670	7 881 921	394 096
apeenranta	24,5	24,5	24,5	285 670	6 986 346	349 317
Oulu	57,4	57,4	57,4	285 670	16 397 458	819 873
Pasila	40,0	40,0	20,0	285 670	11 438 227	571 911
Pori	19,0	19,0	19,0	285 670	5 427 730	271 387
Rauma	9,0	9,0	9,0	285 670	2 571 030	128 552
Rovaniemi	18,1	15,0	0,0	0	0	0
Tampere	72,2	72,2	72,2	285 670	20 625 374	1 031 269
Tornio	18,2	18,2	18,2	285 670	5 199 194	259 960
Vainikkala	30,5	30,5	30,5	285 670	8 720 648	436 032
Varkaus	17,1	17,1	17,1	285 670	4 893 813	244 691
muut sivuraiteet	1268,3	1052,7	1052,7	285 670	300 710 997	15 035 550

12.2 Laskumäkilaitteet

Laskumäellä tarkoitetaan tavararatapihalla olevaa mäkeä, jossa tavarajunien vaunuja lajitellaan painovoimaa hyväksikäyttäen /148, s. 47/. Laskumäessä veturi työntää vaunujonoa laskumäen päälle, josta vaunut vierivät omalla painovoimallaan junanmuodostusraiteille. Laskumäkiin liittyvät turvalaitejärjestelmät on käsitelty luvussa 9 Turvalaitteet. Laskumäkiä on käytössä Imatra T:n, Kouvolan, Pasilan, Pieksämäen, Riihimäen, Seinäjoen ja Tampereen ratapihoilla /149; 150, s. 9/.

Vilkkaiden ratapihojen laskumäet on varustettu jarrutusautomaatiikalla /148, s. 49/. Laitteisto mittaa ja hidastaa vaunun nopeuden sopivaksi jäljellä olevaan vierimismatkaan nähden. Jarrutuslaitteita on käytössä Kouvolan, Pasilan, Pieksämäen, Riihimäen ja Tampereen ratapihoilla.

Jarrutuslaitteita on käytössä kahta tyyppiä. Tampereen ratapihalla jarrutus hoidetaan junanmuodostusraiteilla olevilla spiraalijarruilla, jotka vaunun kulkiessa niiden yli pyörittävät jarruttaen vaunua tarpeen mukaan /149/. Kouvolan, Pasilan, Pieksämäen ja Riihimäen ratapihoilla jarrutus tapahtuu laskumäessä olevien palkkijarrujen avulla. Vaunun kulkiessa jarrun yli palkit painuvat vaunun pyörien laippoja vasten.

Jarrutuslaitteistojen käyttöikä voidaan pitää 25–30 vuotta. Ratapihoista Pieksämäen jarrutuslaitteisto on rakennettu 1960-luvulla ja Tampereen 1980-luvun puolella välissä. Riihimäen ja Kouvolan laitteet on peruskorjattu 1990-luvulla. Jarrutuslaitteistojen uusimiskustannuksiksi voidaan arvioida 5–6 milj. euroa kohteelta. /149/ Pasilan laskumäen jarrutuslaitteistojen uusiminen ei liene tarpeellista tavaraliikenteen siirtyessä Vuosaareen. Arvioitu uusimistarve ilmenee taulukosta 12.4 /149/.

Taulukko 12.4. Laskumäkien jarrutuslaitteiden arvioitu uusimistarve

Ratapiha	Uusimisvuosi	Kustannus M€
Kouvola	2020	5
Pieksämäki	pian	5
Riihimäki	2020	5
Tampere	2010–2015	6

Tekeillä olevan tavararatapihavisioin valmistuttua tultaneen arvioimaan laskumäkilaitteiden tarpeellisuutta mm. Pieksämäen ja Riihimäen ratapihoilla. Tässä selvityksessä kuitenkin oletetaan, että nyt käytössä olevat laskumäkilaitteistot tullaan säilyttämään. Pieksämäen jarrutuslaitteet tulisi uusia pikaisesti.

12.3 Ratapihojen toiminnalliset muutokset

Ratapihojen toiminnallisella muutoksella tarkoitetaan esimerkiksi perusparannustöiden yhteydessä tapahtuvia raiteistojen pidennyksiä ja vaihteiden paikkojen siirtoja. Asian-
tuntija-arvion mukaan vuosittain muutoksia tehdään keskimäärin kahdelle ratapihalle /21/.

Esimerkkeinä voidaan mainita Simon ja Hirvinevan ratapihojen muutostyöt. Simossa meneillään olevien töiden kustannusarvio on 0,48 milj. euroa. Hirvinevan vuonna 2004 tehtävien töiden kustannusarvio on 0,75 milj. euroa /151/.

Esimerkkien perusteella voidaan arvioida, että vuosittain ratapihojen muutostöihin tullaan käyttämään noin 1,2 milj. euroa.

12.4 Ratapihavalistus

Ratapihavalaisuksissa valaisimet on kiinnitetty joko sähköratarakenteisiin, valonheitinmastoihin tai puupylväisiin. Sähköratarakenteisiin asennettujen valaisimien määrää pyritään vähentämään, koska huoltotoimet vaativat aina jännitekatkoksen. Uudet valaisimet asennetaan valonheitinmastoihin tai puupylväisiin. /92/

Vanhimpien valaistusmastojen ongelmana on niittaamalla tai pulttaamalla tehdyt rakenteet. Vanhoja mastoja on kunnostettu 1980-luvulla. Jo 1990-luvun puolessavälissä niiden havaittiin kaipaavan uutta kunnostuskierrosta maalaamisineen. Koska maston hiekkapuhaltaminen ja maalaaminen on kallista ja aikaa vievää, mastoja ei juuri kannata kunnostaa. Tulevaisuudessa vanhoja mastoja tullaankin uusimaan rakentamalla uudet mastot kuumasinkitystä materiaalista /92/.

Tarkkoja arvioita mastojen uusimistarpeesta on erittäin vaikea esittää. Pohjois-Suomessa vuonna 2003 tehdyssä kuntokartoituksessa päädyttiin esittämään kymmenen maston uusimista /152/. Mastojen uusimistarpeen selvittämiseksi koko maan kattavaa kuntokartoitusta jatketaan rahoituksen niin salliessa.

Karkean asiantuntija-arvion mukaan vuosittain tulisi uusia kolme valaisinmastoa. Näiden kustannukseksi arvioidaan 75 000 euroa vuodessa. /92/

Lisäksi vanhojen valaisinmastojen huoltolavoja tulee uusia. Vanhat huoltolavat on tehty puusta ja ne tullaan seuraavan viiden vuoden aikana uusimaan. Uusimiskustannukseksi arvioidaan 50 000 euroa vuodessa. /92/

12.5 Ratapihojen laitteiden peruskunnossapitokustannukset

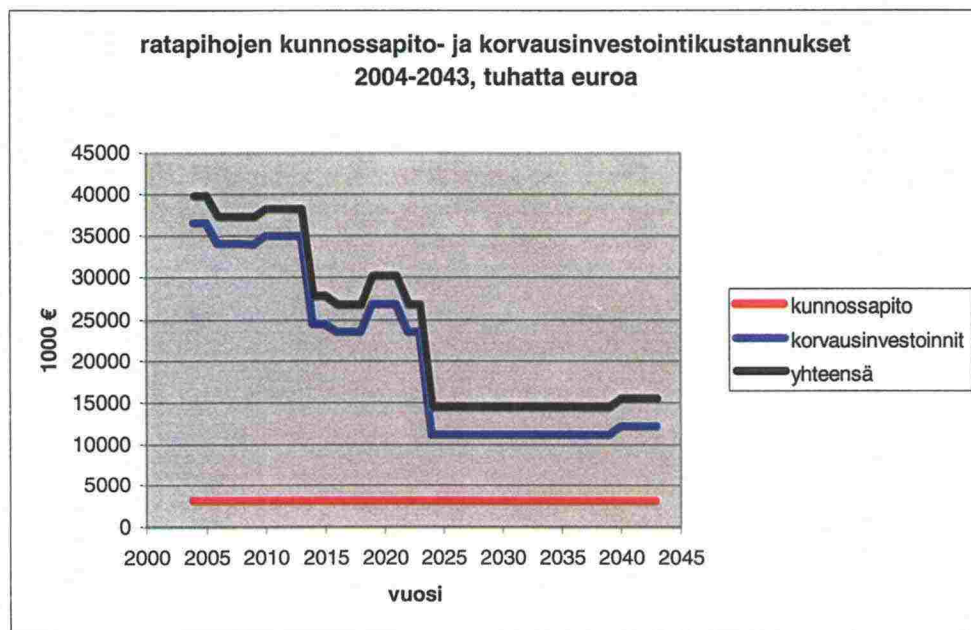
Ratapihojen laitteistojen peruskunnossapitokustannukset ovat olleet vuosina 2000–2002 keskimäärin 1,8 milj. euroa vuodessa /17/. Näihin kustannuksiin sisältyvät mm. ratapihalaitteiden pienjännite- ja vahvavirtatöitä sekä ratapiha- ja laiturialuevalaistuksen ja laskumäkilaitteistojen kunnossapitoa. Kunnossapitokustannusten voidaan arvioida pysyvän lähes ennallaan.

Ratapihavalaisuuteen käytetyn sähköenergian kustannus oli vuonna 2002 noin 1,4 milj. euroa /94, s. 1/. Summan arvioidaan pysyvän nykytasolla myös tulevaisuudessa.

12.6 Ratapihoista aiheutuvat kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Kustannukset vaihtelevat tarkastelujakson aikana voimakkaasti. Korkeimmillaan kustannukset ovat vuosina 2004–2013, jolloin vuosikustannukset ovat 37,2–39,8 milj. euron välillä. Merkittävin tekijä on ratapiha- ja sivuraiteiden päällysrakenteen korvaus-

investointitarve. Muita korvausinvestointikustannuksia syntyy laskumäkilaitteisiin, rata-
pihojen toiminnallisiin muutoksiin ja ratapihavalaisuksiin liittyvistä korvaus-
investoinneista. Ratapihalaitteiden kunnossapito- ja käyttökustannusten arvioidaan
pysyvän nykytasolla. Kustannusten vaihtelu ilmenee kuviosta 12.1. Tarkemmat
laskelmat ovat liitteenä 3.



Kuvio 12.1. Ratapihoista ja sivuraiteista aiheutuvat kustannukset tarkastelujaksolla.

13 MATKUSTAJAINFORMAATIO JA TIEDONSIIRTOYHTEYDET

13.1 Radiojärjestelmä

GSM-R-lyhenteellä tarkoitetaan rautateille kehitettyä digitaalista GSM-tekniikkaa hyödyntävää matkaviestinjärjestelmää. GSM-R on eurooppalainen järjestelmä ja sen kehittelyyn on osallistunut lukuisa joukko Euroopan eri maiden rautatietahoja. Suomessa järjestelmän rakennustyö on aloitettu vuonna 2003 ja koko maan kattavaksi uusi radiojärjestelmä saadaan vuonna 2007 /122/.

GSM-R-järjestelmä rakennetaan korvaamaan jo ikääntynyttä, analogiseen tekniikkaan perustuvaa ratapiha- ja linjaradiojärjestelmää. Linjaradiojärjestelmän vanhimmat osat ovat 1960-luvun lopulta ja sen tekninen elinkaari alkaa olla loppuillaan. Nykyisen linjaradiojärjestelmän omistaa VR-Yhtymä Oy. Uuden sukupolven järjestelmän hankkimisen myötä rautateiden radioverkkojärjestelmä tulee rataverkon haltijan eli RHK:n omistukseen ja ylläpidettäväksi. Liikkuvan kaluston päätelaitteet hankkii kuitenkin liikennöitsijä. /122/

13.1.1 Radiojärjestelmän elinkaari ja korvausinvestointikustannukset

Radiojärjestelmän toimittaja lupaa järjestelmän käyttöiksi vähintään 15 vuotta sekä varaosien saatavuudeksi 5–10 vuotta käyttöään päättymisestä /122/. Näin ollen järjestelmän kokonaiskäyttöiksi voidaan arvioida 25 vuotta.

Tällä hetkellä rakennettavana olevan järjestelmän hankintakustannuksiksi muodostuu noin 60 milj. euroa. On oletettavaa, että varaosien saatavuuden heikentyessä järjestelmään jouduttaneen investoimaan vastaava summa /122/. Tämä tulisi tapahtumaan laskennallisen elinkaaren, 25 vuoden päästä eli noin vuosina 2029–2031. Varaosien saannin heikentyminen johtuu yleisestä teknisestä kehityksestä. Tekniikan kehittyessä valmistajat eivät ole halukkaita ylläpitämään teknisesti vanhemman järjestelmän osia, koska uudempia, kehittyneempiä järjestelmiä tulee markkinoille jatkuvasti.

Ruotsissa GSM-R-järjestelmä on jo suurelta osin rakennettu. Sikäläisen ratahallinnon kokemusten mukaan järjestelmän rakenteet mm. tukiasemalaitteiden osalta vaativat elinkaaren aikana uusimista. RHK:n asiantuntija-arvion mukaan vastaava uusiminen tulee ajankohtaiseksi Suomessakin noin kymmenen vuoden kuluttua järjestelmän rakentamisen aloittamisesta, eli laskennallisesti vuosina 2014–2017. Uusittavaksi tulee tukiasemalaitteiden lisäksi keskusten ja liikenteenohjauksen päätelaitteet. Järjestelmän rakenteiden uusimiskustannukseksi voitaneen arvioida noin puolet alkuinvestoinnin määrästä eli noin 30 milj. euroa /122/. Kun uusimiset tapahtuvat laskennallisesti neljän vuoden aikana, muodostuu vuosikustannukseksi noin 7,5 milj. euroa.

Seuraava laitteistojen uusimiskierros ajoittunee nykytiedon mukaan noin vuosille 2024–2027. Uusiminen ajoittuu varsin lähelle järjestelmän laskennallista elinkaaren päätä. Tämän vuoksi onkin syytä tarkastella, onko laitteiston laaja uusiminen elinkaaren loppupäässä järkevää.

Tarkasteluun asetetaan kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisen vaihtoehdon lähtökohta on, että järjestelmän käyttöikä on 25 vuotta. Tällöin laitteistot vaativat noin 30 milj. euron

uusimisen sekä vuosina 2014–2017 että 2024–2027. Toisen vaihtoehdon lähtökohtana on, että vuosina 2024–2027 järjestelmä uusitaan kokonaan, jolloin uusimiskustannukset ovat noin 60 milj. euroa. Vaihtoehdot ja laskelman tulokset ilmenevät taulukosta 13.1.

Taulukko 13.1. GSM-R-järjestelmän elinkaarikustannukset

	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2
Järjestelmän hankinta M€	60	60
Käyttöaika, vuotta	25	20
Uusimiskustannukset M€	30	30
-kerta elinkaaren aikana	2	1
Vuosikustannus M€	4,8	4,5

Laskelma osoittaa, että radiojärjestelmä kannattaa uusia jo 20 vuoden käyttöään jälkeen. Tällöin elinkaarikustannukset jäävät alhaisemmiksi. Aikaisempaa uusimista puoltaa myös oletus siitä, että tulevaisuudessa laitetekniikka tulee kehittymään nopeasti. Tällöin varaosien saatavuus teknisesti vanhentuneisiin järjestelmiin saattaa heikentyä nykyistä nopeammin.

13.1.2 Radiojärjestelmän peruskunnossapito

Radiojärjestelmän peruskunnossapito koostuu järjestelmän ylläpidosta ja huolloista. Järjestelmän operointiin, tarkastuksiin, yhteysvuokriin, viankorjauksiin ja varallaoloon arvioidaan kuluvan noin 9,5 milj. euroa vuodessa /122/. Peruskunnossapidon kustannusten ei arvioida muuttuvan järjestelmän ikääntyessä, vaan lisätyötarve tulee esille korvausinvestointien kautta.

13.1.3 Radiojärjestelmän aiheuttamat kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Radiojärjestelmän peruskunnossapidon ja käytön kustannukset pysyvät tasaisena koko tarkastelujakson ajan. Korvausinvestointikustannukset ajoittuvat vuosille 2014–2017, 2024–2027 ja 2034–2037. Vuosina 2014–2017 ja 2034–2037 järjestelmän laitteistojen tukiasemalaitteita, keskuksia ja päätelaitteita uusitaan. Vuosina 2024–2027 järjestelmä uusitaan kokonaan.

13.2 Muut tiedonsiirtoyhteydet

Liikenteenhoitoon liittyvät tiedonsiirtokaapeloinnit omistaa pääsääntöisesti Corenet Oy. Poikkeuksena ovat RHK:n omistamat kaapeloinnit välillä Helsinki–Tikkurila ja Helsinki–Leppävaara. Suurin osa rataverkon kaapeloinnin kunnossapidosta on annettu Corenetin tehtäväksi. /122/

Kaapelointien ja tiedonsiirtoyhteyksien peruskunnossapidon, käytön ja operoinnin kustannukset ovat tällä hetkellä noin 1,42 milj. euroa vuodessa /51/. On nähtävissä, että kuparikaapeleista ollaan nopeassa tahdissa siirtymässä kuitukaapeleihin. Samoin rakenteilla oleva GSM-R-radiojärjestelmä vähentänee perinteisten fyysisten kaapeloin-

tien määrää, koska osa liikenteenohjauksen tarvitsemasta tiedosta voitaneen siirtää radioteitse. /153/

Fyysisten siirtoteiden väheneminen laskee kustannuksia nykytasosta. Toisaalta tiedonsiirtoverkkojen laajenemisen ja niiltä vaadittavan käytettävyyden noustessa kustannukset osin kasvavat. Tiedonsiirtoverkkojen laajentuminen johtuu turvalaitteiden määrän lisääntymisestä mm. vähäliikenteisillä radoilla. Järjestelmien käyttövarmuuden lisääminen tarkoittaa yhteyksien kahdentamista, jolloin mahdollisessa vikatilanteessa siirtoyhteys toimii varareittiä pitkin. Järjestelmien kahdentaminen on laajenemassa myös Euroopassa /154, s. 14/.

Tiedonsiirtoyhteyksien kunnossapitokustannusten voidaan edellä mainittuun viitaten olettaa kasvavan turvalaitejärjestelmien laajentamisen ja siirtoyhteyksien kahdentamisen johdosta. Karkeana arviona voidaan esittää, että kustannukset tulevat nousemaan tarkastelujaksolla nykyisestä 1,42 milj. eurosta noin 1,8 milj. euroon. On huomattava, että tuleva eurooppalainen kehitys direktiiveineen saattaa muuttaa kustannuskehitystä jompaankumpaan suuntaan.

Korvausinvestointikustannuksia syntyy ainoastaan RHK:n omistamien kaapelointien osalta. Nämä korvausinvestoinnit sisältyvät turvalaitteiden uusimisen yhteydessä tehtäviin kaapelointitöihin.

13.3 Matkustajainformaatio

Matkustajainformaatiolla tarkoitetaan näyttötaulujen ja kuulutusten avulla juna-matkustajille annettavaa liikennetietoa. Matkustajainformaatiojärjestelmiä on käytössä tällä hetkellä rataosilla Helsinki-Hyvinkää, Pasila-Turku sekä Riihimäki-Tampere. Riihimäellä ja Tampereella on lisäksi asemakohtaiset järjestelmät. Matkakeskuksen yhteydessä järjestelmiä on Seinäjoella, Lappeenrannassa, Kouvolassa ja Jyväskylässä. /155/ Lähes kaikilla muilla rataosilla on käytössä joko paikallis- tai kauko-kuulutuslaitteet /156, liite 12/.

RHK omistaa rataosakohtaiset matkustajainformaatiojärjestelmät. Matkakeskuksen yhteydessä olevat järjestelmien omistussuhteet ovat yhtiömuotoiset, joissa osakkaina ovat tapauskohtaisesti VR Osakeyhtiö, Matkahuolto, RHK ja kunnat. Tulevaisuudessa tullaan kuitenkin siirtymään tilanteeseen, jossa jokainen osapuoli omistaa omiin toimintoihinsa liittyvät laitteet. /155/

13.3.1 Kunnossapito

Matkustajainformaatiolaitteiden peruskunnossapidon, käytön ja ylläpidon kustannukset ovat tällä hetkellä noin 400 000 euroa vuodessa. Kustannusten voi tulevaisuudessakin olettaa pysyvän nykytasolla. /157/ Matkustajainformaatiolaitteiden lisääminen nostaa kustannuksia vastaavasti.

Matkustajainformaatiolaitteiden elinkaaren aikana laitteistoille joudutaan tekemään korjaavaa ja uusivaa kunnossapitoa. Tällä tarkoitetaan peruskunnossapitoa laajempien kokonaisuusien uusimista. Käytännössä nämä työt sisältävät tietokonelaitteiden vähittäistä uusimista sekä ohjelmistojen päivityksiä. Tällä hetkellä mainittuihin töihin

käytetään noin 400 000 euroa vuodessa. Järjestelmien mahdollinen laajennus muualle rataverkolle tulee nostamaan kustannuksia vastaavasti. /157/

13.3.2 Korvausinvestoinnit

Matkustajainformaatiolaitteiden elinkaaren pituutta on vaikea määrittellä, koska laitekanta on iältään varsin nuorta. Koska laitteet pohjautuvat tietojärjestelmiin, voitaneen käyttöikätaavoitteeksi asettaa 20 vuotta. Oletusta puolustaa aiemmin käsiteltyjen tietokoneasetinlaitteiden 20 vuoden käyttöikäoletus. /157/

Tarkkojen korvausinvestointiajankohtien määrittäminen on sekin vaikeaa. Tällä hetkellä käytössä olevien laitteistojen ikärakenne on varsin laaja. Ainoaksi selkeäksi keinoksi korvausinvestointitarpeen määrittämisessä jää laskennallisen vuosipoiston arviointi.

Matkustajainformaatiolaitteiden omistajana toimi vuoteen 2001 saakka VR Osakeyhtiö. Tuona vuonna RHK lunasti laitekannan. Lunastushinta määriteltiin 5,65 milj. euroksi. /158/ Tämän jälkeen laitekantaa on lisätty. Paremman tiedon puuttuessa laitteiston uushankinta-arvona voitaneen pitää noin 7 milj. euroa. 20 vuoden käyttöiän perusteella vuosipoistoksi muodostuu 0,35 milj. euroa. Vuosipoiston määrää voidaan pitää laskennallisena vuosittaisena korvausinvestointitarpeena.

Kaikkiaan matkustajainformaatiolaitteiden elinkaaria ja tulevia korvaus-investointitarpeita on kartoitettu varsin vähän. Lähitulevaisuudessa on tarkoitus selvittää mm. laitteisiin liittyvien monitorien, koko valtakunnan kuulutusjärjestelmien sekä Helsingin seudun matkustajainformaatiojärjestelmän HELMIn korvausinvestointitarpeita. /157/

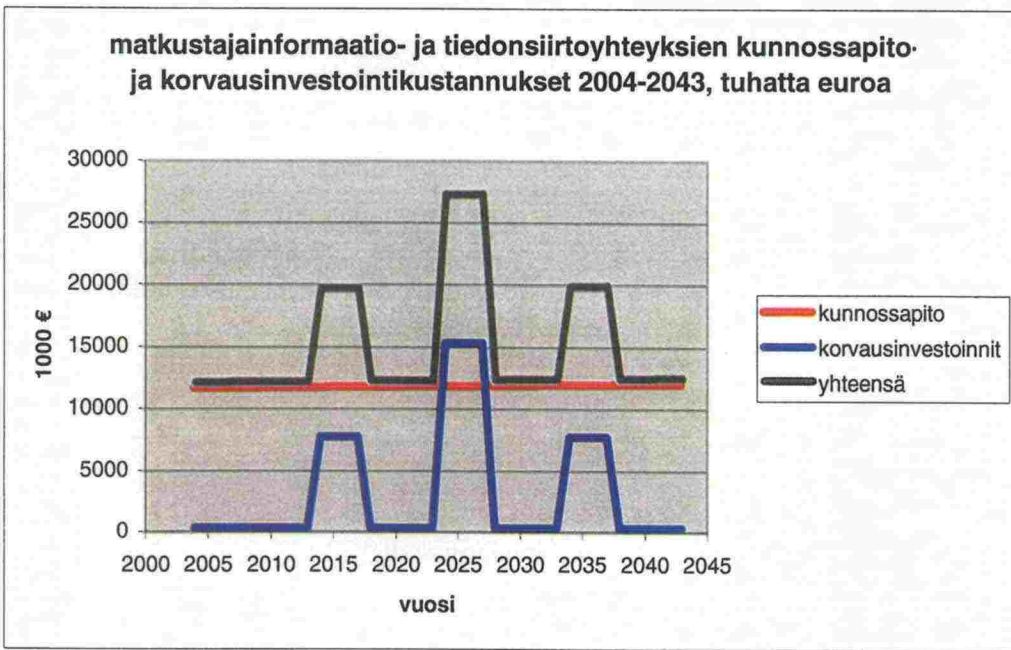
13.4 Matkustajainformaatio- ja tiedonsiirtoyhteyksien kokonaiskustannukset tarkastelujaksolla

Matkustajainformaatiolaitteiden kunnossapito- ja korvausinvestointikustannusten arvioidaan pysyvän tarkastelujaksolla tasaisina. Kunnossapitokustannukset ovat noin 0,8 milj. euroa ja korvausinvestointikustannukset noin 0,35 milj. euroa vuodessa.

GSM-R-radiojärjestelmän kunnossapitokustannusten arvioidaan pysyvän vakiona noin 9,5 milj. euron vuositasolla. Korvausinvestointikustannuksia syntyy tarkastelujakson aikana kolmessa jaksossa. Vuosina 2014–2017 ja 2034–2037 kustannukset ovat 7,5 milj. euroa vuodessa. Vuosina 2024–2027 kustannukset ovat 15 milj. euroa vuodessa.

Muiden tiedonsiirtoyhteyksien kunnossapito- ja käyttökustannusten arvioidaan nousevan nykyisestä 1,42 milj. euron vuositasosta 1,8 milj. euron tasoon.

Tarkastelujakson aikaiset kokonaiskustannukset vaihtelevat 12,1 milj. euron ja 27,3 milj. euron välillä. Kuviosta 13.1 nähtävässä kokonaiskustannusten vuosivaihtelussa suurimmat kustannuspiikit syntyvät GSM-R-järjestelmän korvausinvestoinneista.



Kuvio 13.1. Matkustajainformaatio- ja tiedonsiirtoyhteysien kustannukset tarkastelujaksolla.

14 MUUT RADANPITOON LIITTYVÄT KOHTEET

14.1 Vauriotapaukset

RHK:lle aiheutuu vuosittain noin 1,75 milj. euron kustannukset erilaisista vaurio- ja ilkivaltatapauksista /159/. Vauriokustannuksia syntyy mm. tasoristeysonnettomuksista, ratarakenteiden tai liikkuvan kaluston teknisistä vioista syntyvistä vaurioista sekä rautatieliikenteessä inhimillisen erehdyksen johdosta tapahtuvista vaaratilanteista. Ilkivaltaan kuuluu mm. rakenteiden tahallinen vaurioittaminen. /160/

Vaurioiden aiheuttajina ovat ilkivaltatapauksissa yksityiset henkilöt. Muiden vaurioiden vähintään välillisinä aiheuttajina ovat tienkäyttäjät, rautatieliikenteen harjoittaja tai radan kunnossapitäjä. /160/

Asiantuntija-arvion mukaan noin puolet kustannuksista saadaan perittyä niiden aiheuttajalta tai vakuutusyhtiöiltä. Loput, noin 0,88 milj. euroa jää RHK:n kustannukseksi. /159/ Kustannukset vaihtelevat vuosittain, mutta mainittua summaa voidaan käyttää arviona tarkastelujakson vuosittaisista vaurio- ja ilkivaltakustannuksista.

14.2 Alueisännöinti eli rautateiden kunnossapidon valvonta ja kilpailuttaminen

Alueisännöinnillä tarkoitetaan radan, sen rakenteiden ja laitteiden, maa-alueiden ja rakennusten kunnossapidon isännöintiä määrätyllä alueella. Isännöintipalvelut ostetaan ulkopuolisilta toimijoilta. Alueellisten isännöitsijöiden tehtäviin tulee lähivuosina kuulumaan myös radan kunnossapidon kilpailuttamiseen liittyviä asioita. /161/

Alueisännöinti tulee lähivuosina laajenemaan koko maahan. Tämän ostopalvelun kustannuksiksi arvioidaan vuosina 2004–2005 1 milj. euroa, vuosina 2006–2008 2,5 milj. euroa ja vuodesta 2009 eteenpäin 3 milj. euroa vuodessa. /51/

14.3 Asema- ja laiturialueiden hoito

Asema- ja laiturialueiden hoitoon sisältyvät lumi-, puhtaanapito- ja vihertyöt, tarvittavat korjaukset sekä videovalvontalaitteiden kunnossapito. Työt on alueittain kilpailutettu. Hoitokustannuksiksi muodostuu tällä hetkellä noin 5,0 milj. euroa vuodessa. /51/ Näiden kustannusten voidaan arvioida pysyvän tulevaisuudessa nykytasolla.

14.4 Laitetilat

Rautatiemaailman laitteiden laitetilat vaativat kunnossapitoa. Laitetiloihin on sijoitettu mm. turva- ja sähköratalaitteita. Osa laitetiloista on vuokrattu mm. VR-Yhtymä Oy:ltä. Laitetilojen korjaustyöt käsittävät mm. jäähdytys- ja lukituslaitteiden uusimisia sekä yleistä kunnossapitotyötä. Vuosina 2004–2006 laitetilojen vuokriin ja korjauksiin arvioidaan kuluvan noin 1,22 milj. euroa vuodessa. /51; 162/ Vuoden 2006 jälkeen jäähdytys- ja lukituslaitteiden uusimistöiden arvioidaan vähenevän siten, että vuosikustannuksiksi muodostuu noin 0,72 milj. euroa /162/.

14.5 Pilaantuneet maa-alueet

Rautatiealueiden pääasiallisena omistajana RHK joutuu vuosittain kustantamaan pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamista. Pilaantuminen on seurausta rautatiealueella aikanaan käsiteltyjen haitallisten aineiden pääsystä maaperään. Vuosittaisiksi kustannuksiksi arvioidaan 1,7 milj. euroa. /51/

14.6 Tasoristeysten poisto

Perusradanpitoon luetaan myös niiden tasoristeysten poisto, joiden poisto ei kuulu rataverkon kehittämishankkeisiin. Poistettavat tasoristeykset ovat pääasiassa vaarallisiksi todettuja, usein vähällä käytöllä olevia tasoristeyskyskiä. Vuosittain pyritään poistamaan 30–40 tasoristeystä. /18/

Tasoristeysten poisto tapahtuu yleensä rakentamalla korvaavia tieyhteyksiä. Tasoristeysten poistoista aiheutuvien kustannusten suuruus riippuu suuresti tiejärjestelyiden ja paikallisille asukkaille maksettavien korvausten laajuudesta. Asiantuntija-arvion mukaan vuosittainen kustannus 40 tasoristeysten poistolle on noin 1,7 milj. euroa. /18/

Tasoristeysten poiston oletetaan jatkuvan samalla tasolla tarkastelujakson ajan, joten keskiarvoiseksi vuosikustannukseksi muodostuu mainittu 1,7 milj. euroa.

14.7 Radanpidon materiaalit

Peruskunnossapidon ulkopuolisiin kunnossapitotöiden materiaalihankintoihin on viime vuosina käytetty noin 7 milj. euroa vuodessa /51/. Hankintakustannukset sisältävät mm. pölkkyjen, kiskojen ja vaihteen osien hankintoja.

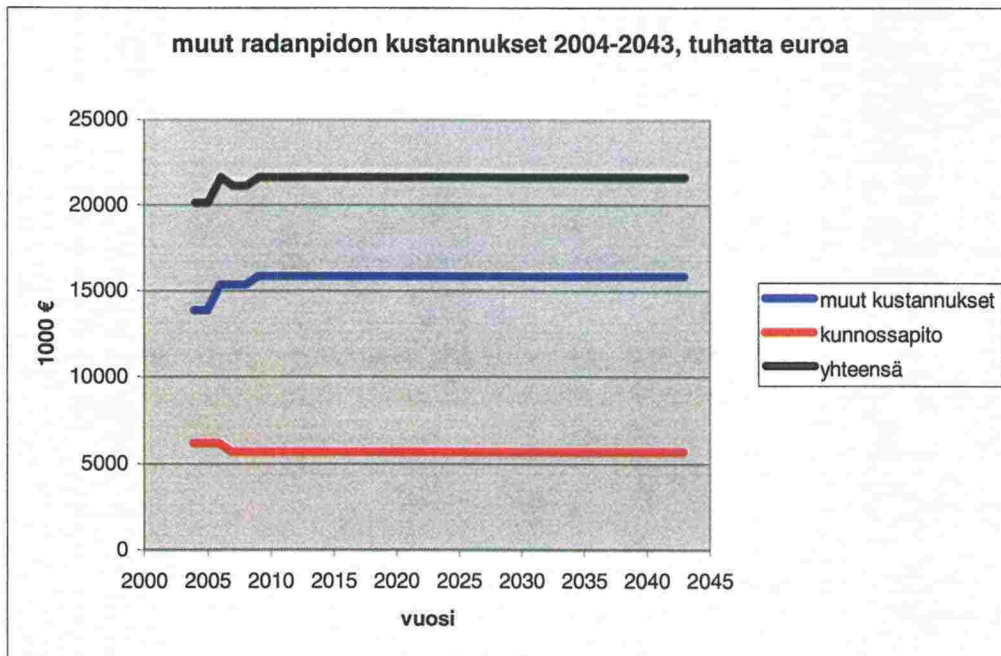
Tässä selvityksessä osa hankintakustannuksista on sisällytetty eri kunnossapitotöiden sisältöihin. Materiaalirahdit sen sijaan on sisällytetty kokonaan työkokonaisuuksien kustannuksiin. Voidaan arvioida, että puhtaiden materiaalihankintojen kustannus on noin 5 milj. euroa vuodessa. Kustannusten voi olettaa pysyvän nykytasolla koko tarkastelujakson ajan.

14.8 Muut kustannukset

Muita perusradanpitoon liittyviä kustannuksia syntyy mm. rekisteri- ja palvelusopimuksista, rataan liittyvien dokumenttien hallinnasta sekä tutkimus- ja kehittämistoiminnasta. Monet palveluista ostetaan RHK:n ulkopuolelta. Näiden kustannuksiksi arvioidaan nykytilanteeseen perustuen noin 3,6 milj. euroa vuodessa. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan osuus mainitusta summasta on 2,5 milj. euroa. /51/

14.9 Muut radanpitoon liittyvät kustannukset yhteensä

Radanpitoon kuuluvien muiden kohteiden kustannusten voidaan edellä käsiteltyyn perustuen arvioida kasvavan tarkastelujaksolla nykyisestä 20,1 milj. eurosta noin 21,6 milj. euron vuositason. Kustannusten kehitys ilmenee kuviosta 14.1.

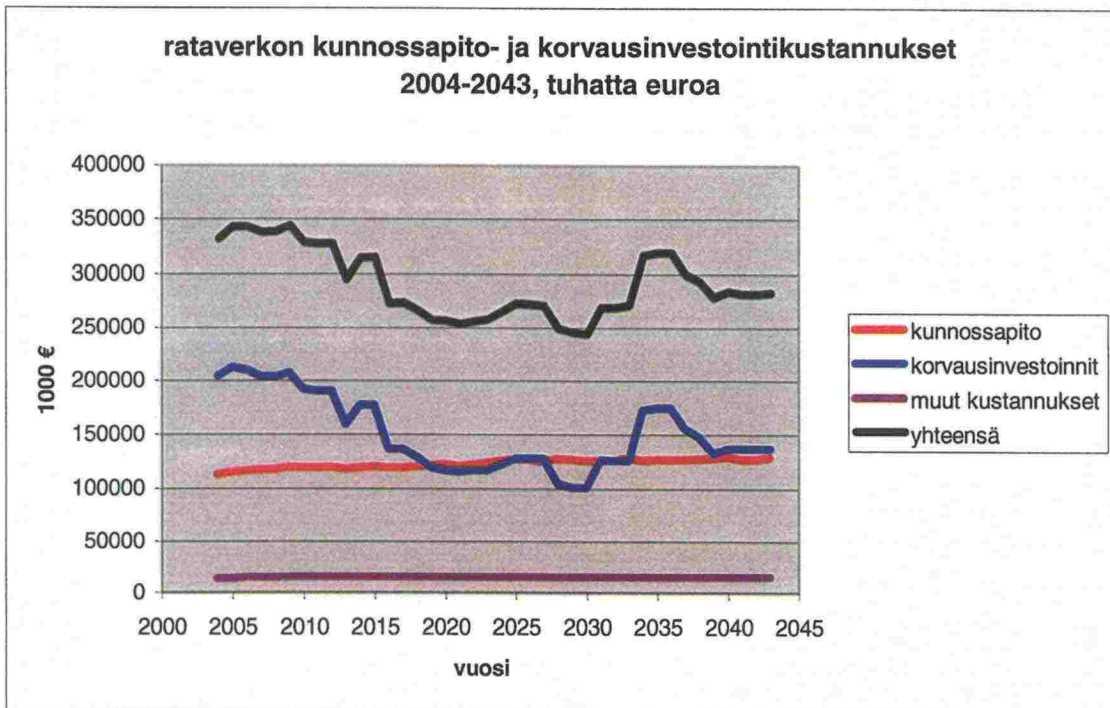


Kuvio 14.1. Muiden radanpitoon liittyvien kohteiden kustannukset

15 KOKONAISKUSTANNUKSET TARKASTELUJAKSOLLA

Edellisissä luvuissa käsiteltyjen elinkaarien, elinkaaren aikaisen kunnossapidon ja korvausinvestointien ajoituksen perusteella rautatieinfrastruktuurille laskettiin vuosittaiset kunnossapito- ja korvausinvestointikustannukset.

Laskelmat osoittavat, että rautatieinfrastruktuurin kunnossapidon ja korvausinvestointien rahoitustarve on seuraavan kymmenen vuoden aikana varsin korkea. Vuosina 2004–2013 rahoitustarve on keskimäärin 331 milj. euroa vuosittain. Korvausinvestointien osuus tuosta summasta on noin 198 milj. euroa vuodessa. Suuri korvausinvestointitarve on seurausta viime vuosien alhaisesta rautatieinfrastruktuurin rahoitustasosta. Lähivuosina korvausinvestointeja vaatii erityisesti radan päällysrakenne. Rataverkolla on useita rataosia, joiden päällysrakenne tulee uusia vuoteen 2013 mennessä. Laskennallisten kustannusten vaihtelu käy ilmi kuviosta 15.1.



Kuvio 15.1. Rataverkon kunnossapito- ja korvausinvestointikustannukset.

Kunnossapitokustannukset nousevat tarkastelujaksolla varsin maltillisesti. On huomattava, että mikäli edellä mainitun suuruisia korvausinvestointeja ei voida tehdä, kunnossapitokustannukset alkavat selkeästi nousta.

Tarkastelun alaisten radan rakenteiden, laitteiden ja järjestelmien tämän hetkinen kokonaisrahoitustaso on noin 250 milj. euroa vuodessa. Kuviosta 15.1 nähdään, että tämän selvityksen laskelmien mukainen kokonaisrahoitustarve ylittää mainitun summan koko tarkastelujakson ajan lukuun ottamatta vuosia 2028–2030. Mikäli rahoitustaso jää useana vuonna alle tarvetason, rataverkon tekninen kunto heikkenee entisestään.

Samalla tulevaisuuden korvausinvestointitarve kasvaa yhä suuremmaksi. Myös kunnossapitokustannukset jatkavat kasvuaan.

Käsiteltyjen aihealueiden kunnossapito- ja korvausinvestoinnit on koottu liitteen 5 taulukkoon. Samasta taulukosta käy ilmi myös kokonaisrahoitustarve tarkastelujaksolla.

16 MUUT JOHTOPÄÄTÖKSET

Rautatieinfrastruktuurin eri komponenttien elinkaaret poikkeavat toisistaan varsin paljon. Tulevaisuudessa tiettyjen komponenttien elinkaarien voi olettaa lyhenevän.

Alusrakenteen ja pohjamaan vaatimat panostukset ovat varsin pitkälle alueellisista seikoista riippuvia. Tässä selvityksessä alueellisia eroavaisuuksia ei tutkittu, vaan kunnossapito- ja korvausinvestointitarpeet määritettiin nauhakustannuksina.

Päällysrakenteen elinkaaren pituuden perusteet pysyvät ennallaan. Raidesepelin ja kiskojen kestävyys riippuu jatkossakin liikennekuormituksen määrästä.

Siltojen ja rumpujen kunnossapitotarve tulee kasvamaan akselipainojen noston takia. Osa vanhimmista silloista joudutaan tarkastelujaksolla uusimaan.

Turva- ja valvontalaitteiden elinkaaret tulevat lyhenemään. Syynä tähän on siirtyminen relepohjaisista järjestelmistä tietokonepohjaisiin järjestelmiin. Samalla elinkaaren aikaisen kunnossapitotarpeen voi olettaa kasvavan. Alan nopea kehitys saattaa johtaa siihen, että laitteistojen taloudellinen elinkaari jää teknistä lyhyemmäksi.

Rautatieinfrastruktuurin komponenttien elinkaarikustannukset riippuvat erittäin monista tekijöistä. Selvityksen tekemiseen varattu aika oli aiheen laajuuteen nähden varsin lyhyt. Tiettyjen aihealueiden elinkaariarviot ovat karkeita, koska niihin ei aiemmin ole kiinnitetty kovinkaan suurta huomiota. Tarkempien arvioiden aikaansaamiseksi selvityksiä olisi täytynyt laajentaa ja syventää huomattavasti. Jatkossa elinkaari- ja kustannustietoa olisikin syytä kerätä nykyistä tarkemmin ja yksilöidymmin. Samalla radanpidon rekistereitä tulisi kehittää. Näin päästäisiin tilanteeseen, jossa korvausinvestointi- ja kunnossapitotarve voitaisiin ennustaa nykyistä paremmin. Tarkentuneiden tietojen myötä tämän selvityksen kaltaista elinkaarikustannusarviota voitaisiin jatkossa päivittää muutaman vuoden välein.

LÄHDELUETTELO

- /1/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 3, Radan rakenne. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /2/ Rautatien maarakennustöiden yleinen työselitys ja laatuvaatimukset (RMYTL), osa 5 Maaleikkaus- ja pengerrystyöt. Ratahallintokeskuksen julkaisuja D5/1999: Helsinki. 1999.
- /3/ Kolisoja, Pauli – Levomäki, Matti – Mäkelä, Erkki – Niskanen, Pasi, Radan tukikerroksen ja alusrakenteen kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A6/1999: Helsinki. 1999.
- /4/ Levomäki, M., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 12.6.2003.
- /5/ Suomalainen, J., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Georyhmä, haastattelu 23.7.2003.
- /6/ Suomalainen, J., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Georyhmä, haastattelu 29.10.2003.
- /7/ Rataverkko 2020 -radanpidon linjaukset, tarkistettu suunnitelma. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /8/ Levomäki, Matti - Valtonen, Jarkko, Loppuraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen teknisistä tutkimuksista. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A5/2001: Helsinki. 2001.
- /9/ Seinäjoki-Oulu tarveselvitys. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2003.
- /10/ Tarveselvitys Jyväskylä-Pieksämäki. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /11/ Lelkola-Kouvola päällysrakenteen vaihtourakan työkuustannusanalyysi, muistio. CMC-Urakointi Oy: 2003.
- /12/ Orivesi-Jämsänkoski päällysrakenteen uusiminen 2004...2005, alustava suunnitelma. JP-Terasto Oy: Helsinki. 2002.
- /13/ Suomalainen, J., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Georyhmä, puhelinhaastattelu 11.9.2003.
- /14/ Vähäliikenteiset radat, toimenpideselvitys. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /15/ Kouvola-Pieksämäki, nopeustason noston tarveselvitys 28.2.2003. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2003.
- /16/ Peruskunnossapitosopimus RHK-386, liite 1, Peruskunnossapidon ratatöiden ja sähkötöiden kuvaukset. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.

- /17/ Peruskunnossapidon kustannussisällöt. Taulukkolaskentatiedosto. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2003.
- /18/ Ahtiainen, A., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 21.7.2003.
- /19/ Tarveselvitys Kouvola–Joensuu. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1999.
- /20/ Riihimäki–Kouvola-selvitys. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /21/ Nummelin, M., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 14.10.2003.
- /22/ Viitala, T., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 23.10.2003.
- /23/ Rataverkko 2020 -suunnitelma. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A1/2001: Helsinki. 2001.
- /24/ Tärinästä johtuvat nopeusrajoitukset, muistio. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /25/ Pieksämäki-Kuopio tarveselvitys. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2003.
- /26/ Rataosa Toijala-Turku, selvitys kunnossapitotason ja nopeuden nostosta. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /27/ Riihimäki-Kouvola, Geotekninen tarveselvitys, yhteenveto. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2001.
- /28/ Kärkkäinen, V., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 11.11.2003.
- /29/ Ratkaisumallien kehittäminen rautatieliikenteestä johtuvan tärinähaitan alentamiseksi Heikkilänkankaalla. Geobotnia Oy: Oulu. 2003.
- /30/ Collan, E., Oy VR-Rata Ab Etelä-Suomi, puhelinhaastattelu 13.1.2004.
- /31/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 11, Radan päällysrakenne. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /32/ Fröberg, Mikael, Radan kunnossapitokustannusten kirjallisuustutkimus. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A4/2001: Helsinki. 2001.
- /33/ Ratatilasto 31.12.2002. Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu: Helsinki. 2003.
- /34/ Nurmikolu, Antti, Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A4/2000: Helsinki. 2000.
- /35/ Raidesepelin hankinta- ja toimitusohje. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.

- /36/ Kärkkäinen, V., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 1.7.2003.
- /37/ Leimi, Pasi – Kärkkäinen, Vesa, Tukikerroksen käyttöikä ja puhdistusajankohdat sekä rakeisuusluku tutkimusohjelma, muistio. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /38/ Koskenniemi, R., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 3.7.2003.
- /39/ Ratatilasto 2002. Taulukkolaskentatiedosto. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1995-2003.
- /40/ Rataverkko - Tietoja Suomen rautateistä. WWW-dokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www.rhk.fi/rata/rata.html>. Päivitetty 2.6.2003.
- /41/ Viitala, T., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 30.5.2003.
- /42/ Betoniratapölkkyjen tekniset toimitusehdot. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /43/ Koskenniemi, R., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 30.5.2003.
- /44/ Kärkkäinen, V., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 27.5.2003.
- /45/ Ratakiskojen tekniset toimitusehdot. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /46/ Kärkkäinen, V., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 5.9.2003.
- /47/ Kiskojen kierrätyksen tekninen spesifikaatio. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2001.
- /48/ Melamies, M., Oy VR-Rata Ab, kiskohitsaamo, haastattelu 18.8.2003.
- /49/ Kierrätyskiskojen tekniset toimitusehdot. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /50/ Nummelin, M., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 26.6.2003.
- /51/ Kustannustietoa. Taulukkolaskentatiedosto. Ratahallintokeskus, kunnossapitoyksikkö: Helsinki. 2003.
- /52/ Kärkkäinen, V., - Nummelin, M., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 8.10.2003.
- /53/ Mattsson, J., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, puhelinhaastattelu 10.10.2003.
- /54/ Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset (PYL), osa 2, Raidetyöt. Ratahallintokeskuksen julkaisu D8/2000: Helsinki. 2000.
- /55/ Heiskanen, Mikko, Radan laadun parantaminen raiteen oikomis- ja tukemis-koneella. Opinnäytetyö. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma. Kuopio. 1997.

- /56/ Radantekijät esittäytyvät. WWW-dokumentti. Oy VR-Rata Ab.
http://www.vr.fi/yhtyma/vrrata/radantek.pdf. Luettu 9.10.2003.
- /57/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 19, Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1998.
- /58/ Mattsson, J., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, haastattelu 30.7.2003.
- /59/ Joensuu–Viinijärvi-päällysrakenteen uusiminen 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /60/ Tampere–Orivesi-pölkynvaihtotyö 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /61/ Viinijärvi–Heinävesi-päällysrakenteen uusiminen 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /62/ Joensuu–Uimaharju-päällysrakenteen uusiminen 1998, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1998.
- /63/ Säkäniemi–Joensuu-päällysrakenteen uusiminen 1998, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1998.
- /64/ Viinijärvi–Varkaus-päällysrakenteen uusiminen 2001, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /65/ Lappeenranta–Imatra-päällysrakenteen uusiminen 2001, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /66/ Imatra–Saari-päällysrakenteen uusiminen 2001, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /67/ Laurila–Tornio-pölkynvaihtotyö 2002, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /68/ Tukikerroksen vaihto koalueella Vihanti-Oulu. Toim. Jyrki Kataja. Oy VR-Rata Ab: Tampere. 2001.
- /69/ Pesonen, J., Oy VR-Rata Ab, Etelä-Suomen ratakeskus, puhelinhaastattelu 15.10.2003.
- /70/ Pennanen, J., Oy VR-Rata Ab Itä-Suomi, puhelinhaastattelu 15.1.2004.
- /71/ Geoinvestoinnit ja päällysrakenne, seminaarimuistio. Toim. Timo Cronvall. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2003.
- /72/ Haapamäki–Jyväskylä-päällysrakenteen uusiminen 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.

- /73/ Orivesi–Haapamäki-päällysrakenteen uusiminen 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /74/ Toijala–Valkeakoski-päällysrakenteen uusiminen 1999, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1999.
- /75/ Kalvitsa–Korpi-kiskonvaihtotyö 2002, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /76/ Vihanti–Oulu-pölkynvaihtotyö 2001, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /77/ Torri, E., Oy VR-Rata Ab, rakentamisosasto, haastattelu 17.6.2003.
- /78/ Iikkanen, Pekka – Varjola, Mika, Rataverkon tavaraliikenne-ennuste. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A7/2002: Helsinki. 2002.
- /79/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 15, Radan kunnossapito. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /80/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 1, Yleiset perusteet. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1995.
- /81/ Junaturvallisuussääntöön liittyvät tekniset määräykset ja ohjeet (Jtt), osa 2.1 Ratojen luokitus. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /82/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 13, Radan tarkastus. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1997.
- /83/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 14, Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002-2003.
- /84/ Pollari, J., Oy VR-Rata Ab, Tuotanto-osasto, haastattelu 31.7.2003.
- /85/ Kierrätysvaihteiden kunnostus, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2003.
- /86/ Kouvola–Inkeroinen-päällysrakenteen vaihtotyö 2001, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /87/ Imatrankosken ratapihan laajennuksen päällysrakennetyöt 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /88/ Joensuun ratapiha vaihteen vaihtotyö 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /89/ Kuopio vaihteen vaihtotyö ratalinjalla 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.

- /90/ Haapamäki–Jyväskylä-päällysrakenteen uusiminen 2000, kustannustietoa. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2000.
- /91/ Vähäkangas, T., Oy VR-Rata Ab, Sähkökunnossapitokeskus, sähköpostiviesti 17.10.2003.
- /92/ Granlund, M., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 7.7.2003.
- /93/ Granlund, M., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 23.10.2003.
- /94/ Sähkön kulutus- ja kustannustilasto 2002. Toim. Kari Uusitalo. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2003.
- /95/ Rautatiesiltojen hallintaraportti 2002. Toim. Janne Wuorenjuuri. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2003.
- /96/ Wuorenjuuri, J., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Siltaryhmä, haastattelu 26.6.2003.
- /97/ Kallberg, Veli-Pekka – Hytönen, Jouni, Rautatietasoristeysten turvaamis- ja poistostrategia 2020. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A3/2002: Helsinki. 2002.
- /98/ Rataosan Seinäjoki–Oulu-tasoristeysten poistamisselvitys. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /99/ Oikorata Kerava–Lahti. WWW-dokumentti. Ratahallintokeskus. http://www.rhk.fi/oikorata/Oikorata_su.pdf. Luettu 12.9.2003.
- /100/ Vuosaaren sataman tiesuunnitelma ja radan yleissuunnitelma. WWW-dokumentti. Vuosaaren satamahanke. http://www.vuosaarensatama.net/esitteet/Maaliikenne_su.pdf. Luettu 28.9.2003.
- /101/ Wuorenjuuri, J., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Siltaryhmä, sähköpostiviesti 9.9.2003.
- /102/ Wuorenjuuri, J., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Siltaryhmä, puhelinhaastattelu 2.9.2003.
- /103/ Siltaluettelo 2002. Taulukkolaskentatiedosto. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2002.
- /104/ 25 tn:n akselipainoselvitys. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2002.
- /105/ Rautatierumpujen hallintaraportti 2002. Toim. Janne Wuorenjuuri. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2003.
- /106/ Rumpurekisteri 2002. Taulukkolaskentatiedosto. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2002.

- /107/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 6, Turvalaitteet. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1998.
- /108/ Härkönen, K. - Penttilä, K., Oy VR-Rata Ab, Sähkökunnossapitokeskus, haastattelu 9.7.2003.
- /109/ Mäntysaari, R., Oy VR-Rata Ab, Sähkökunnossapitokeskus, haastattelu 11.8.2003
- /110/ Turvalaiteoppi. Valtionrautatiet: Helsinki. 1977.
- /111/ Tuomi, J., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 18.6.2003.
- /112/ Salo, S., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 25.6.2003.
- /113/ Kantamaa, V-M., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 5.9.2003.
- /114/ Hirvonen, P., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 27.8.2003
- /115/ Salo, S., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 19.9.2003.
- /116/ Salo, S. – Kantamaa, V-M., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 26.8.2003.
- /117/ Oikorata Kerava–Lahti, raideosuuksien valvontajärjestelmien vertailu. Toim. Esko Kaijansinkko. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2002.
- /118/ Mäntysaari, R., Oy VR-Rata Ab, Sähkökunnossapitokeskus, sähköpostiviesti 2.10.2003.
- /119/ Automaattinen kulunvalvontajärjestelmä. WWW-dokumentti. Ratahallintokeskus. <http://www.rhk.fi/projekti/kulunv.html>. Päivitetty 20.5.2003.
- /120/ Kantamaa, V-M., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 7.7.2003.
- /121/ Ahtiainen, A., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 15.9.2003.
- /122/ Mikkonen, S., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 17.6.2003.
- /123/ Investoinnit laakerien kuumakäynti-ilmaisimien verkostoon, muistio. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2001.
- /124/ Mikkonen, S., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 11.10.2003.
- /125/ Turva- ja valvontalaitteiden ikätietoja. Taulukkolaskentatiedosto. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2003.
- /126/ Sähköistytksen vaiheet. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1998.

- /127/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 5, Sähköistetty rata. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1999.
- /128/ Sähköratamääräykset. Ratahallintokeskuksen julkaisuja B5/2001: Helsinki. 2001.
- /129/ Rautoja, P., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 4.8.2003.
- /130/ Härkönen, K., Oy VR-Rata Ab, Sähkökunnossapitokeskus, puhelinhaastattelu 31.10.2003.
- /131/ Kulman, Mauri, Rautateiden maanvaraiset pylväsperustukset, Lisensiaatintutkimus. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A4/2002: Helsinki. 2002.
- /132/ Rautoja, P., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, puhelinhaastattelu 29.9.2003.
- /133/ Suomen rautatietunnelit, moniste. Valtionrautatiet: Helsinki. 1994.
- /134/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 18, Rautatietunnelit. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1998.
- /135/ Cronvall, T., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Georyhmä, haastattelu 26.6.2003
- /136/ Pieksämäki–Kuopio, Geotekninen tarveselvitys, kallioleikkaukset ja tunnelit. Toim. Timo Cronvall. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2003.
- /137/ Rantaradan tunnelit, rakenteiden tarkastus 14.-17.11.2000, avoleikkausten katselmus 14.-15.12.2000. JP-Suoraplan Oy: Helsinki. 2001.
- /138/ Cronvall, T., Oy VR-Rata Ab, Rautatiesuunnittelu, Georyhmä, puhelinhaastattelu 24.9.2003.
- /139/ Vuosaari tunnelikustannukset. Taulukkolaskentatiedosto. Vuosaaren satamahanke: Helsinki. 2003.
- /140/ Nyhä, M., Oy VR-Rata Ab, Länsi-Suomen ratakeskus, haastattelu 15.8.2003.
- /141/ Sopanen, K., Oy VR-Rata Ab, Pieksämäen rata-alue, puhelinhaastattelu 24.9.2003.
- /142/ Lassila, P., Oy VR-Rata Ab, Kemin rata-alue, puhelinhaastattelu 24.9.2003.
- /143/ Pouta, T., Oy VR-Rata Ab, Oulun rata-alue, puhelinhaastattelu 24.9.2003.
- /144/ Pelkonen, A., Oy VR-Rata Ab, Seinäjoen rata-alue, puhelinhaastattelu 24.9.2003.
- /145/ Mansikkamäki, H., Oy VR-Rata Ab, Kouvolan rata-alue, sähköpostiviesti 25.9.2003.

- /146/ Tarvainen, M., Oy VR-Rata Ab, Helsingin rata-alue, sähköpostiviesti 29.9.2003.
- /147/ Tavaraliikenteen ratapihavisio ja -strategia. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A1/2004: Helsinki. 2004.
- /148/ Ratatekniset määräykset ja ohjeet (RAMO), osa 7, Liikennepaikat. Ratahallintokeskus: Helsinki. 1999.
- /149/ Hirvonen, P., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 26.6.2003.
- /150/ Imatran tavararata-alueen kehittämisselvitys. Oy VR-Rata Ab: Helsinki. 2001.
- /151/ Rosenvall, T., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 13.11.2003.
- /152/ Kirjallinen selvitys valaisinmastojen kuntokartoituksesta. Oy VR-Rata Ab: Oulu. 2003.
- /153/ Taponen, M., Corenet Oy, haastattelu 25.7.2003.
- /154/ General technical regulations governing establishment and development of communication capacity over the telecommunications network of UIC member railways, UIC Code 753-2 OR. Kansainvälinen rautatieliitto UIC: Ranska. 2003.
- /155/ Turunen, K., Ratahallintokeskus, liikennejärjestelmäyksikkö, haastattelu 23.7.2003.
- /156/ Verkkoselostus 2004. Ratahallintokeskuksen julkaisuja F1/2003: Helsinki. 2003.
- /157/ Turunen, K., Ratahallintokeskus, liikennejärjestelmäyksikkö, haastattelu 17.10.2003.
- /158/ Orivuori, M., Ratahallintokeskus, Investointiyksikkö, haastattelu 23.10.2003.
- /159/ Rekola, P., Ratahallintokeskus, Turvallisuusyksikkö, haastattelu 27.10.2003.
- /160/ Onnettomuuksien ja vaurioiden yhteenveto 2003. Taulukkolaskentatiedosto. Ratahallintokeskus: Helsinki. 2003.
- /161/ Ratahallintokeskus ostaa Pohjois-Suomen rataverkon isännöinnin JP-Terasto Oy:ltä. WWW-dokumentti. Ratahallintokeskus.
<http://www.rhk.fi/tiedotteet/2003/2105isannointi.html>. Päivitetty 21.5.2003.
- /162/ Kariluoma, S., Ratahallintokeskus, Kunnossapitoyksikkö, haastattelu 28.10.2003.

Päälyysrakennetöiden kustannuksia, euroa/raidekilometri

työvaihe	sepelöinti- ja -materiaali	routaeristystyö materiaaleineen	kiskonvaihtotyö	pölkynvaihtotyö	kisko- materiaali	pölkky- materiaali	turvaiite- ja sähköratatyöt ym.	tukemiset, harjaukset ym.	yhteensä	yhteiskustannuksiin
sepelinpuhdistus seulalla, routaeristys 75 %	141 000	47 000					7 500	sis. edellisiin	195 500	224 825
sepelinpuhdistus seulalla, routaeristys 10 %	141 000	16 000					7 500	sis. edellisiin	164 500	189 175
sepelein uusiminen kaivinkonemateriaalilla	101 500	56 000					7 500	28 000	193 000	221 950
raiteenvaihto (kiskot ja pölkkyt)	22 000		49 000		61 200	82 000	7 500	28 000	249 700	287 155
raiteenvaihtokoneella (uudet kiskot)										
raiteenvaihto (kiskot ja pölkkyt)	22 000		49 000		17 200	82 000	7 500	28 000	205 700	236 555
raiteenvaihtokoneella (kierrätyskiskot)										
pölkynvaihto	sis. seuraaviin			64 000		82 000	7 500	sis. edellisiin	153 500	176 525
raiteenvaihtokoneella										
pölkynvaihto	sis. seuraaviin			51 250		82 000	sis. edellisiin	sis. edellisiin	133 250	153 238
kaivinkonemateriaalilla										
kiskonvaihto			35 400		61 200		7 500	sis. edellisiin	104 100	119 715
Geismar-menetaimällä (uudet kiskot)										
kiskonvaihto			35 400		17 200		7 500	sis. edellisiin	60 100	69 115
Geismar-menetaimällä (kierrätyskiskot)										
pölkkyjen				1 400		1 900		2 000	5 300	6 095
hajavaihto (vuosikustannus)										
puolisepelöinti	57 500							23 000	80 500	92 575
täyssepelöinti	80 000							23 000	103 000	118 450
käytettyjen puupölkkyjen hävitys						4 100				4 100
käytettyjen betonipölkkyjen hävitys						8 692				8 692
vähälukiteisten ratojen kevennetyt perusrakennus	57 500	20 000	22 000		17 200	63 250	5 000	28 000	212 950	244 893

Päälysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain

Helsinki-Pasila	raide 1	raide 2	raide 3	raide 4
kiskonvaihto	2017	2024	2040-2041	2040-2041
sepeliseulonta	2038	2038	2039	2039
pölkynvaihto	2040-2041	2040-2041	2040-2041	2040-2041
(Pasila)-Kerava	raide 1	raide 2	raide 3	raide 4
kiskonvaihto	2032	2034	2032 (10 km)	2035 (15 km)
sepeliseulonta	2032	2034	2043 (11 km)	2043 (11 km)
pölkynvaihto	2032	2034	2032 (15 km) 2043 (11 km)	2035 (15 km) 2043 (11 km)
(Kerava)-(Riihimäki)				
<i>itäinen raide:</i>				
kiskonvaihto	2015 (Hyvinkää-Riihimäki)		2019 (Ke-Hy)	
pölkynvaihto	2033 (8 km)		2036 (34 km)	
sepelinseulonta	2020 (10 km)		2027 (32 km)	
<i>läntinen raide:</i>				
kiskonvaihto	2020 (Hyvinkää-Riihimäki)		2026 (Ke-Hy)	
pölkynvaihto	2033 (8 km)		2036 (34 km)	
sepelinseulonta	2024 (10 km)		2031 (32 km)	
(Pasila)-Kirkkonummi	raide 1	raide 2	raide 3	raide 4
sepelinseulonta	2039	2039		
pölkynvaihto	2006 (2 km) 2040	2040	2040	2040
(Huopalahti)-Vantaankoski				
<i>itäinen raide:</i>				
pölkynvaihto	2008-2010			
kiskonvaihto	2008-2010			2028-2030 kaarrekiskojen vaihto alkaa, 0,1 M€/v
<i>läntinen raide:</i>				
pölkynvaihto	2008-2010			
kiskonvaihto	2008-2010			
(Riihimäki)-(Tampere)				
<i>itäinen ja läntinen raide:</i>				
kiskonvaihto	2030-2032			
pölkynvaihto	2030-2032			
sepelinseulonta	2030-2032			
(Karjaa)-Hanko				
pölkynvaihto	2037-2038			

Päälysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain**(Toijala)-(Turku)**

kiskonvaihto	2007-2009 (Tku-Yä, 72 km)	2011 (Yä-TI, 59 km)
pölkynvaihto	2007-2009 (Tku-Yä, 72 km)	2034 (Yä-TI, 59 km)
sepinseulonta	2007-2009 (Tku-Yä, 72 km)	2011 (Yä-TI, 59 km)

(Kirkkonummi)-(Turku)

pölkynvaihto	2015-2016 (82 km)	2029 (76 km)
sepinseulonta	2008	
kiskonvaihto	2015-2016 (vanhat 54E1-osuudet, 85 km)	

(Kerava)-Sköldvik

sepinseulonta	2032-2033 (10km)	
pölkynvaihto	2034-2036	
kiskonvaihto	2004-2043 (kaarreosuudet, 0,1 M€/v)	

(Hyvinkää)-(Karjaa)

pölkynvaihto	2024 (36 km)	2035 (63 km)
--------------	--------------	--------------

(Turku)-Uusikaupunki

täydennyssepelöinti	2024-2025	
pölkynvaihto	2024-2025	2004-2024 hajavaihtoa
kiskonvaihto	2024-2025	

(Raisio)-Naantalin satama

pölkkyjen hajavaihtoa	2009-2043	
-----------------------	-----------	--

(Lohja)-Lohjanjärvi

pölkkyjen hajavaihtoa	2004-2043	
-----------------------	-----------	--

(Ihala)-Viheriäinen

sepelöinti	2005	
pölkynvaihto	2005	
kiskonvaihto	2005	

(Tampere)-(Seinäjoki)

kiskonvaihto	2024-2025	
sepinseulonta	2024-2025	
pölkynvaihto	2035-2037	

(Seinäjoki)-(Kokkola)-(Ylivieska)-(Oulu)

sepinseulonta	2004-2008 Sk-OI 2035 Sk-Kok, Yv-OI	2027-2028 Kok-Yv
pölkynvaihto	2004 Eskola-Vihanti 2041-2043 Vihanti-Oulu, Seinäjoki-Kolppi	2005-2010 Kolppi-Eskola
kiskonvaihto	2004-2005 Eskola-Oulu 2031-2032 muut osuudet	2008-2010 muut osuudet 2037-2038 Eskola-Oulu

Päälysrakenteseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain**(Lielähti)-(Pori)**

sepelinseulonta	2004 Lielähti-km 197 2035 Lielähti-km 197	2014 km 197-Kokemäki
pölkynvaihto	2004 Lielähti-km 197 2037-2038 Kokemäki-Pori	2014 km 197-Kokemäki
kiskonvaihto	2014 Lielähti-Kokemäki	

(Tampere)-Orivesi-(Jyväskylä)

sepelinseulonta	2004-2005 (Tpe-Ov pohj. raide) 2009 (Tpe-Ov etel. raide) 2005 Ov-Jsk	2008 Jsk-Jy
pölkynvaihto	2005 Ov-Jsk 2040 Tpe-Ov	2008 Jsk-Jy
kiskonvaihto	2005 Ov-Jsk 2013 Tpe-Ov	2008 Jsk-Jy

(Orivesi)-Haapamäki

täydennyssepelöinti	2018	
pölkynvaihto	2018	2010-2017 pölkkyjen hajavaihtoa
kiskonvaihto	2030	

(Jyväskylä)-(Haapamäki)

täydennyssepelöinti	2032	
pölkynvaihto	2032	2020-2031 pölkkyjen hajavaihtoa
kiskonvaihto	2032	

(Jyväskylä)-(Pieksämäki)

sepelinseulonta	2021	
pölkynvaihto	2005 (10 km)	2021
kiskonvaihto	2021	

(Seinäjoki)-Vaasa-Vaskiluoto

sepelinseulonta	2016	
pölkynvaihto	2040	
kiskonvaihto	2023	

(Kokemäki)-(Rauma)

sepelinseulonta	2004	
pölkynvaihto	2004	
kiskonvaihto	2004	

(Seinäjoki)-Kaskinen

täydennyssepelöinti	2010-2012	pölkkyjen hajavaihtoa 2004-2009
pölkynvaihto	2010-2012	
kiskonvaihto	2010	

Päälysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain**(Haapamäki)-(Seinäjoki)**

sepelöinti	2004-2008
pölkynvaihto	2004-2008
kiskonvaihto	2004-2008

(Pori)-Mäntyluoto-Tahkoluoto

täydennyssepelöinti	2010 Mäntyluoto	
pölkynvaihto	2010 Mäntyluoto	2015 Tahkoluoto
kiskonvaihto	2014 Mäntyluoto	2015 Tahkoluoto

(Jyväskylä)-Äänekoski

sepelinseulonta	2025-2027
pölkynvaihto	2025-2027
kiskonvaihto	2041

(Äänekoski)-(Haapajärvi)

pölkkyjen hajavaihtoa	2004-2012
kevennetty perusparannus	2013-2015

(Toijala)-Valkeakoski

täydennyssepelöinti	2038	
pölkynvaihto	2038	pölkkyjen hajavaihtoa 2004-2037
kiskonvaihto	2038	

(Kiukainen)-Säkylä, (Pori)-Ruosniemi*Kiukainen-Säkylä*

pölkynvaihto	2008 (puupölkyt)	
kiskonvaihto	2008 (K30→K43)	
pölkkyjen hajavaihtoa	2004-2007	2018-2043

Pori-Ruosniemi

kiskonvaihto	2008
pölkynvaihto	2008
puolisepelöinti	2008

Niinisalo-(Parkano)-Aitoneva

pölkkyjen hajavaihtoa	2004-2043
-----------------------	-----------

(Jämsä)-Kaipola, (Raudanlahti)-Säynätsalo, (Pännäinen)-Pietarsaari-Alholma*Pännäinen-Alholma*

sepelöinti	2010
pölkynvaihto	2010
kiskonvaihto	2010

Jämsä-Kaipola

sepelöinti	2015
pölkynvaihto	2015
kiskonvaihto	2015

Päällysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain**(Vilppula)-Mänttä**

pölkynvaihto	2010	pölkkyjen hajavaihtoa 2004-2009
sepelöinti	2010	
kiskonvaihto	2010	

(Riihimäki)-(Lahti)-(Kouvola)*Riihimäki-Lahti*

sepinseulonta	2037
pölkynvaihto	2037
kiskonvaihto	2037

Lahti-Kouvola eteläinen raide

sepinseulonta	2032 (25 km)	2038 (37 km)
pölkynvaihto	2033-2035 (55 km)	2039 (7 km)
kiskonvaihto	2027-2028 (55 km)	2032 (7 km)

Lahti-Kouvola pohjoinen raide

sepinseulonta	2024-2025 (55 km)	2029 (7 km)
pölkynvaihto	2033-2035 (55 km)	2039 (7 km)
kiskonvaihto	2019 (34 km)	2021 (21 km)
	2024 (7 km)	

(Kouvola)-Luumäki*eteläinen raide:*

sepin seulonta	2010 (60 km)	2042 (60 km)
pölkynvaihto	2018 (11 km)	2029-2031 (49 km)
kiskonvaihto	2010 (13 km)	2016-2018 (43 km)
	2026 (4 km)	

pohjoinen raide:

sepin seulonta	2006 (60 km)	2024 (60 km)
	2042 (60 km)	
pölkynvaihto	2018 (11 km)	2029-2031 (49 km)
kiskonvaihto	2013-2015 (60 km)	2038-2040 (60 km)

(Kouvola)-(Kotka), Juurikorpi-(Hamina)

<i>Kouvola-Inkeroinen</i>	<i>läntinen raide:</i>	<i>itäinen raide:</i>
sepin seulonta	2029	2010
pölkynvaihto	2040	2012 (9 km) 2040 (10 km)
kiskonvaihto	2024	2024

<i>Inkeroinen-Juurikorpi</i>	<i>läntinen raide:</i>	<i>itäinen raide:</i>
sepin seulonta	2011	
	2037-2038	
pölkynvaihto	2037-2038	2037-2038
kiskonvaihto	2022	

<i>Juurikorpi-Kotka</i>	
sepin seulonta	2037
pölkynvaihto	2037
kiskonvaihto	2037

Päällysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain*Juurikorpi-Hamina*

sepelin seulonta	2012
pölkynvaihto	2012
kiskonvaihto	2012

(Kouvola)-(Pieksämäki)

pölkynvaihto	2036 (32 km)	2038 (37 km)
	2039 (32 km)	2042 (83 km)

(Luumäki)-(Lappeenranta)-(Imatra T)-Parikkala*Luumäki-Lappeenranta*

sepelin seulonta	2004	2032
pölkynvaihto	2004	2042
kiskonvaihto	2004	2032

Lappeenranta-Imatra T

sepelin seulonta	2004	2030
pölkynvaihto	2040	
kiskonvaihto	2032	

Imatra T-Parikkala

sepelin seulonta	2007 (19 km)	2013 (41 km)
pölkynvaihto	2007 (15 km)	2041 (45 km)
kiskonvaihto	2016-2018 (15 km)	2041 (45 km)

(Luumäki)-(Vainikkala)

sepelin seulonta	2013-2014	2031-2032
pölkynvaihto	2036-2037	
kiskonvaihto	2013-2014	2036-2037
kaarrekiskojen vaihto	2004-2012	2019-2032
	2039-2043	(0,1 M€/v)

(Parikkala)-Savonlinna

täydennyssepelöinti	2010-2013
pölkynvaihto	2010-2013
kiskonvaihto	2010-2013

(Parikkala)-(Joensuu)

sepelin seulonta	2008 (38 km)	2027 (94 km)
	2037 (38 km)	
pölkynvaihto	2005 (Tikkala, puupölkkyt 8 km)	2038-2041
kiskonvaihto	2017 (94 km)	2030-2031 (38 km)

(Pieksämäki)-(Varkaus)-(Joensuu)

sepelin seulonta	2009-2010 (135 km)	
pölkynvaihto	2035-2037 (48 km)	2040-2042 (135 km)
kiskonvaihto	2021 (43 km)	2023 (34 km)
	2035 (108 km)	

Päällysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain**(Joensuu)-Uimaharju**

sepelin seulonta	2016-2017
pölkynvaihto	2037-2039
kiskonvaihto	2016-2017

(Pieksämäki)-(Kuopio)-(Iisalmi)

sepelin seulonta	2010	
pölkynvaihto	2004-2005 (81 km)	2039-2040 (85 km)
kiskonvaihto	2010	

(Iisalmi)-(Kontiomäki)

pölkynvaihto	2005 (24 km) 2041 (40 km)	2023-2025 (46 km)
kiskonvaihto	2023-2025 (46 km) 2045 (22 km)	2034 (42 km)

(Iisalmi)-(Ylivieska)

pölkynvaihto	2035-2038 (64 km)	2042 (35 km)
sepelin seulonta	2014 (55 km)	

(Lahti)-Loviisan satama

sepelöinti	2010-2011
pölkynvaihto	2010-2011
kiskonvaihto	2010-2011

(Lahti)-Heinola

sepelöinti	2012-2013
pölkynvaihto	2012-2013
kiskonvaihto	2012-2013

Imatra T- Imatrankoski -raja

pölkynvaihto	2039
--------------	------

Niirala-raja -(Säkäniemi)

sepelin seulonta	2032-2034
pölkynvaihto	2032-2034
kiskonvaihto	2032-2034

(Huutokoski)-(Savonlinna)

kevennetty perusparannus	2008-2010
--------------------------	-----------

(Joensuu)-Ilomantsi

kevennetty perusparannus	2008-2010
--------------------------	-----------

Päällysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain**(Viinijärvi)-(Siilinjärvi)**

sepinseulonta	2016
pölkynvaihto	2005-2006
kiskonvaihto	2005-2006 (lyhytkiskoraideosuudet) 2020 (muut osuudet)

(Uimaharju)-Porokylä

sepelöinti	2005-2006 (Uim-Lis)	2013-2015 (Lis-Por)
pölkynvaihto	2005-2006 (Uim-Lis)	2013-2015 (Lis-Por)
kiskonvaihto	2005-2006 (Uim-Lis)	2013-2015 (Lis-Por)

(Kouvola)-Kuusankoski

pölkynvaihto	2006
kiskonvaihto	2032

(Suonenjoki)-Iisvesi

kevennetty perusparannus	2010
--------------------------	------

(Mynttilä)-Ristiina

kevennetty perusparannus	2011
--------------------------	------

Sorsasalo, Vuonos, Kinahmi

pölkkyjen hajavaihtoa	2004-2043
-----------------------	-----------

Sokojoki-Pankakoski

kevennetty perusparannus	2010
--------------------------	------

(Joutjärvi)-Mukkula

pölkynvaihto	2006
--------------	------

(Lappeenranta)-Mustola

pölkynvaihto	2018	pölkkyjen hajavaihtoa 2004-2017
--------------	------	---------------------------------

(Oulu)-(Kemi)-Laurila-(Tornio)

sepin seulonta	2013 (OI-LIa)
pölkynvaihto	2039-2041
kiskonvaihto	2008-2010

(Laurila)-(Rovaniemi)

pölkynvaihto	2035-2038
--------------	-----------

(Rovaniemi)-Kemijärvi-Isokylä

täydennyssepelöinti	2004-2008
pölkynvaihto	2004-2008
kiskonvaihto	2004-2008

Päälysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain**(Tornio)-Kolari**

sepelöinti	2005-2008
pölkynvaihto	2005-2008
kiskonvaihto	2005-2008

(Oulu)-(Kontiomäki)

sepelin seulonta	2033-2036
pölkynvaihto	2017-2020
kiskonvaihto	2017-2020

(Tuomioja)-Raahe-(Rautaruukki)

sepelin seulonta	2010
kiskonvaihto	2010
pölkynvaihto	2037-2038

(Kontiomäki)-Taivalkoski, (Pesiökylä)-Ämmänsaari

pölkkyjen hajavaihtoa	2004-2043
-----------------------	-----------

(Porokylä)-(Kontiomäki)

kevennetty perusparannus	2008-2010 (puolet, 53 km)	2011-2013 (puolet, 53 km)
--------------------------	---------------------------	---------------------------

(Kontiomäki)-Vartius-raja

sepelin seulonta	2006
pölkynvaihto	2006
kiskonvaihto	2018

(Isokylä)-Kellosekä

pölkkyjen hajavaihtoa	2004-2012
kevennetty perusparannus	2013-2015

(Tuira)-Toppila, (Raahe)-Lapaluoto, (Pyhäsalmi)-Pyhäkumpu, Lautiosaari-ElijärviLautiosaari-Elijärvi

sepelöinti	2008-2009
pölkynvaihto	2008-2009
kiskonvaihto	2008-2009

Pyhäsalmi-Pyhäkumpu

pölkkyjen hajavaihtoa	2004-2043
-----------------------	-----------

muut

ei toimenpiteitä

(Kolari)-Äkäsjoki/Rautuvaara

ei toimenpiteitä

(Kemi)-Ajos, Rivinkari-VeitsiluotoKemi-Ajos

pölkynvaihto	2012
--------------	------

Päällysrakenteeseen kohdistuvat korvausinvestointityöt rataosittain**(Tornio)-Röyttä**

pölkynvaihto 2005

(Murtomäki)-Otanmäki

pölkkyjen hajavaihtoa 2004-2043

(Vuokatti)-Lahnaslampi

pölkynvaihto 2009

(Kajaani)-Lamminniemi

ei toimenpiteitä

(Kytömaa)-(Hakosilta)

sepelin seulonta 2041-2043

pölkynvaihto 2041-2043

kiskonvaihto 2041-2043

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
<u>Helsinki-Pasila</u>		
Helsingin releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2015	10
Hki kauko-ohjauksen uusiminen	2015-17	1,5
kulunvalvonnan uusiminen	2025	0,9
Hki tk-astl uusiminen	2035	12
Hki kauko-ohjauksen uusiminen	2035-37	1,5
<u>(Pasila)-Kerava</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2022	0,6
kulunvalvonnan uusiminen	2025	2,8
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2026	13
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2026	1
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2042	0,3
<u>(Kerava)-(Riihimäki)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2022	0,3
kulunvalvonnan uusiminen	2024	2,3
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2026	7
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2026	0,8
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2042	0,3
<u>(Pasila)-Kirkkonummi</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,3
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2016	16
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2016	0,8
kulunvalvonnan uusiminen	2022	2,3
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,3
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2036	16
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2036	0,8
<u>(Huopalahti)-Vantaankoski</u>		
kulunvalvonnan uusiminen	2023	0,5
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2025	2
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2025	0,2
<u>(Riihimäki)-(Tampere)</u>		
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2016	24
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2016	2,2
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2022	0,9
kulunvalvonnan uusiminen	2023	6,3
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2036	24
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2036	2,2
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2042	0,9
<u>(Karijaa)-Hanko</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2024	0,15
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2025	4,5
kulunvalvonnan uusiminen	2028	1,3
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2025	0,5

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
<u>(Toijala)-(Turku)</u>		
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2020	12
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2020	1,2
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2024	0,15
kulunvalvonnan uusiminen	2025	3,5
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2040	12
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2040	1,2
<u>(Kirkkonummi)-(Turku)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,45
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen (Kupittaa)	2014	2
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2016	14
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2016	1,5
kulunvalvonnan uusiminen	2020	4,3
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,45
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen (Kupittaa)	2034	2
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2036	14
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2036	1,5
<u>(Kerava)-Sköldvik</u>		
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2022	4
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2022	0,3
kulunvalvonnan uusiminen	2027	0,7
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2042	4
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2042	0,3
<u>(Hyvinkää)-(Karjaa)</u>		
radio-ohjausjärjestelmän rakentaminen	2005	2,5
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2025	2
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	2,5
<u>(Turku)-Uusikaupunki</u>		
radio-ohjausjärjestelmän rakentaminen	2005	1,5
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	1,5
<u>Pasila ratapiha</u>		
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2015	4
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2035	4
<u>Ilmala ratapiha</u>		
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2015	4
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2015	4
<u>Turku ratapiha</u>		
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2014	6
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2034	6
<u>Riihimäki ratapiha</u>		
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2019	6
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2039	6

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
<u>(Raisio)-Naantalin satama</u>		
radio-ohjausjärjestelmän rakentaminen	2005	0,2
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	0,2
<u>(Lohja)-Tyttyri</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Ihala)-Viheriäinen</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Tampere)-(Seinäjoki)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,15
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2016	20
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2016	1,5
kulunvalvonnan uusiminen	2022	4,3
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2024	0,45
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,15
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2036	20
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2036	1,5
<u>(Seinäjoki)-(Kokkola)-(Ylivieska)-(Oulu)</u>		
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2034	40
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2034	3,2
kulunvalvonnan uusiminen	2024	9,1
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010, 2022, 2023	0,75
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030, 2042, 2043	0,75
<u>(Lielähti)-(Pori)</u>		
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2018	15
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2018	1,2
kulunvalvonnan uusiminen	2024	3,4
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2024	0,3
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2038	15
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2038	1,2
<u>(Tampere)-Orivesi-(Jyväskylä)</u>		
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2020	14
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2021	4
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2021	1,8
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2024	0,75
kulunvalvonnan uusiminen	2025	5,2
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2040	14
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2041	4
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2041	1,8
<u>(Orivesi)-Haapamäki</u>		
radio-ohjausjärjestelmän rakentaminen	2005	1,8
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2016	3
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	1,8
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2036	3

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
<u>(Jyväskylä)-(Haapamäki)</u>		
radio-ohjausjärjestelmän rakentaminen	2005	1,9
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	1,9
<u>(Jyväskylä)-(Pieksämäki)</u>		
asetinlaitteiden uusimien	2006	8
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2006	0,8
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,15
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2026	8
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2026	0,8
kulunvalvonnan uusiminen	2030	2,2
<u>(Seinäjoki)-Vaasa-Vaskiluoto</u>		
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2021	2
<u>(Kokemäki)-(Rauma)</u>		
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2018	3
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2018	0,5
kulunvalvonnan uusiminen	2024	1,3
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2038	3
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2038	0,5
<u>(Seinäjoki)-Kaskinen</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Haapamäki)-(Seinäjoki)</u>		
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2023	2,9
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,15
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,15
<u>(Pori)-Mäntyluoto-Tahkoluoto</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Jyväskylä)-Äänekoski</u>		
radio-ohjausjärjestelmän rakentaminen	2005	1,1
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	1,1
<u>(Äänekoski)-(Haapajärvi)</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Toijala)-Valkeakoski</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Kiukainen)-Säkylä, (Pori)-Ruosniemi</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Niinisalo-(Parkano)-Aitoneva</u>		
ei toimenpiteitä		
ei toimenpiteitä		
<u>Niinisalo-(Parkano)-Aitoneva</u>		

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
ei toimenpiteitä		
<u>(Vilppula)-Mänttä</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Tampere ratapiha</u>		
tietokoneasetinlaitteen uusiminen (laskumäki)	2006	6
Tpe kauko-ohjauksen uusiminen (osa)	2016	1,5
Tpe kauko-ohjauksen uusiminen (osa)	2021	2,1
tietokoneasetinlaitteen uusiminen (laskumäki)	2026	6
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella (junaliik.)	2029	8
Tpe kauko-ohjauksen uusiminen (osa)	2036	1,5
Tpe kauko-ohjauksen uusiminen (osa)	2041	2,1
<u>Rauma ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2026	4
<u>Jyväskylä ratapiha</u>		
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2011	4
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2031	4
<u>Seinäjoki ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2034	5
<u>Kokkola ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2025	5
<u>Pori ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2023	3
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2043	3
<u>(Riihimäki)-(Lahti)-(Kouvola)</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen (Ukä)	2005	1
akselinlaskentalaitteiden uusiminen/hankinta	2017	2,3
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen Ri-Lh	2017	7
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla Lh-Kv	2017	5
kulunvalvonnan uusiminen	2022	6,5
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	1,05
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen Ri-Lh	2037	7
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen Lh-Kv	2037	5
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2037	2,3
kulunvalvonnan uusiminen	2042	6,5
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	1,05
<u>(Kouvola)-Luumäki</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella (Kpa)	2012	1,5
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2012	1,1
kulunvalvonnan uusiminen	2021	3,2
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,6
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen Kpa	2032	1,5
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2032	1,1
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,6

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
<u>(Kouvola)-(Kotka), Juurikorpi-(Hamina)</u>		
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-aseinlaitteilla	2010	10
akselinlaskentalaitteiden hankinta/uusiminen	2010	1
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,3
kulunvalvonnan uusiminen	2026	2,8
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2030	10
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2030	1
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,3
<u>(Kouvola)-(Pieksämäki)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,15
Tk-astl ja kauko-ohjauksen uusiminen	2021	16
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2021	1,8
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,3
kulunvalvonnan uusiminen	2026	5
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,15
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2041	1,8
Tk-astl ja kauko-ohjauksen uusiminen	2041	16
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,3
<u>(Luumäki)-(Lappeenranta)-(Imatra)- Parikkala</u>		
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla LÄ-Lr	2010	4
asetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla Lr-Par	2004-2005	4
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2010	1,2
kulunvalvonnan uusiminen LÄ-Lr	2022	0,7
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,15
kulunvalvonnan uusiminen Lr-Par	2026	2,7
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen Lr-Par	2025	4
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen LÄ-Lr	2030	4
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2030	1,2
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,15
<u>(Luumäki)-(Vainikkala)</u>		
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2016	3,5
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2016	0,3
kulunvalvonnan uusiminen	2022	0,9
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,15
tk-astl uusiminen	2036	3,5
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2036	0,3
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,15
<u>(Parikkala)-Savonlinna</u>		
radio-ohjauslaitteiston rakentaminen	2005	1,5
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella SI	2016	2
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	1,5
tietokoneasetinlaitteen uusiminen SI	2036	2

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
<u>(Parikkala)-(Joensuu)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,15
releasetinlaitteiden korvaaminen tietokonasetinlaitteilla	2011	11
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2011	1,2
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,15
kulunvalvonnan uusiminen	2026	3,5
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,15
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen	2031	11
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2031	1,2
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,15
<u>(Pieksämäki)-(Varkaus)-(Joensuu)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,3
radio-ohjauslaitteiston uusiminen	2028	5
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,3
<u>(Joensuu)-Uimaharju</u>		
radio-ohjauslaitteiston rakentaminen	2005	1,3
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	1,3
<u>(Pieksämäki)-(Kuopio)-(Iisalmi)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,3
akselinlaskentalaitteiden hankinta	2016	1,6
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla Kuo-Ilm	2016	10
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,15
kulunvalvonnan uusiminen	2026	4,6
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,3
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla Pm-Kuo	2031	11
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2036	1,6
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen Kuo-Ilm	2036	10
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,15
<u>(Iisalmi)-(Kontiomäki)</u>		
radio-ohjauslaitteiston rakentaminen	2005	2,7
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,15
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	2,7
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,15
<u>(Iisalmi)-(Ylivieska)</u>		
radio-ohjauslaitteiston rakentaminen	2005	3,9
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,3
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla Hpj, Pyk	2020	2
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	3,9
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,3
tietokoneasetinlaitteiden uusiminen Hpj, Pyk	2040	2
<u>(Lahti)-Loviisan satama</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Lahti)-Heinola</u>		
ei toimenpiteitä		

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
<u>Imatra T-Imatrankoski-raja</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Niirala-raja-(Säkäniemi)</u>		
radio-ohjauslaitteiston rakentaminen	2005	0,8
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	0,8
releasetinlaitteen korvaaminen tk-astl Nrl	2020	2
tk-asetinlaitteen uusiminen Nrl	2040	2
<u>(Huutokoski)-(Savonlinna)</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Joensuu)-Ilomantsi</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Viinijärvi)-(Siilinjärvi)</u>		
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2028	3
<u>(Uimaharju)-Porokylä</u>		
radio-ohjauslaitteiston rakentaminen	2005	2,8
radio-ohjausjärjestelmän uusiminen	2030	2,8
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella Lis	2029	2,5
<u>(Kouvola)-Kuusankoski</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Suonenjoki)-Iisvesi</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Mynttilä)-Ristiina</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Sorsasalo, Vuonos, Kinahmi</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Sokojoki-Pankakoski</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Joutjärvi)-Mukkula</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Lappeenranta)-Mustola</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Kouvola ratapiha</u>		
Kv kauko-ohjauksen uusiminen	2016	1
tietokoneasetinlaitteen uusiminen laskumäki	2021	3
releasetinlaitteen korvaaminen tk-astl junaliikenne	2022	8
Kv kauko-ohjauksen uusiminen	2036	1
tietokoneasetinlaitteen uusiminen laskumäki	2041	3

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
tk-asetinlaitteen uusiminen junaliikenne	2042	8
<u>Hamina ratapiha</u>		
asetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2010	4
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2030	4
<u>Kotka ratapiha</u>		
asetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2010	5
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2030	5
<u>Lahti ratapiha</u>		
Ri-Lh kauko-ohjauksen uusiminen	2017	0,25
Ri-Lh kauko-ohjauksen uusiminen	2037	0,25
<u>Lappeenranta ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-astl	2024	4
<u>Vainikkala ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-astl	2009	7
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2029	7
<u>Pieksämäki ratapiha</u>		
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2012	6,5
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2032	6,5
<u>Varkaus ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-astl	2019	3,5
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2039	3,5
<u>Kuopio ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-astl	2022	4,5
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2042	4,5
<u>Iisalmi ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-astl	2009	3
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2029	3
<u>Joensuu ratapiha</u>		
Jns-Par kauko-ohjauksen uusiminen	2011	0,4
Jns asetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteella	2028	5
Jns-Par kauko-ohjauksen uusiminen	2031	0,4
<u>(Oulu)-(Kemi)-Laurila-(Tornio)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,15
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,15
tk-asetinlaitteiden uusiminen (sis. akselinlaskennat ym.)	2024	15
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,15
kulunvalvonnan uusiminen	2030	3,5
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,15
<u>(Laurila)-(Rovaniemi)</u>		

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,3
radio-ohjauslaitteiston uusiminen	2029	2,7
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,3
<u>(Rovaniemi)-Kemijärvi-Isokylä</u>		
radio-ohjauslaitteiston uusiminen Roi-Ikä	2029	2,3
<u>(Tornio)-Kolari</u>		
radio-ohjauslaitteiston rakentaminen	2005	4,6
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2023	0,15
radio-ohjauslaitteiston uusiminen	2030	4,6
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2043	0,15
<u>(Oulu)-(Kontiomäki)</u>		
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2010	0,15
releasetinlaitteiden korvaaminen tk-asetinlaitteilla	2018	8
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2018	1,6
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2022	0,15
kulunvalvonnan uusiminen	2027	4,5
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2030	0,15
tk-asetinlaitteiden uusiminen	2038	8
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2038	1,6
kuumakäynti-ilmaisimien uusiminen	2042	0,15
<u>(Tuomioja)-Raahe-(Rautaruukki)</u>		
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2006	0,3
asetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella Rhe	2006	2,5
kulunvalvonnan uusiminen	2025	0,8
tk-asetinlaitteen uusiminen Rhe	2026	2,5
akselinlaskentalaitteiden uusiminen	2026	0,3
<u>(Kontiomäki)-Taivalkoski, Pesiökylä-Ämmänsaari</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Porokylä)-(Kontiomäki)</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Kontiomäki)-Vartius-raja</u>		
radio-ohjauslaitteiston rakentaminen	2005	2,4
radio-ohjauslaitteiston uusiminen	2030	2,4
<u>(Isokylä)-Kellosekä</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Tuira)-Toppila, (Raahe)-Lapaluoto, Pyhäsalmi-Pyhäkumpu, Lautiosaari-Elijärvi</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Kolari)-Äkäsjoki/Rautuvaara</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Kemi)-Ajos, Rivinkari-Veitsiluoto</u>		
ei toimenpiteitä		

Turva- ja valvontalaitteiden korvausinvestoinnit rataosittain

	vuosi	M€
<u>(Tornio)-Röyttä</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Murtomäki)-Otanmäki</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Vuokatti)-Lahnaslampi</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>(Kajaani)-Lamminniemi</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Oulu ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2020	6
OI kauko-ohjauksen uusiminen	2023	1,8
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2040	6
OI kauko-ohjauksen uusiminen	2043	1,8
<u>Kemi ratapiha</u>		
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2023	5
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2043	5
<u>Tornio ratapiha</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Rovaniemi ratapiha</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Kemijärvi ratapiha</u>		
ei toimenpiteitä		
<u>Kontiomäki ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2025	2
<u>Ylivieska ratapiha</u>		
releasetinlaitteen korvaaminen tk-asetinlaitteella	2010	3,5
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2030	3,5
<u>Kytömaa-Hakosilta</u>		
turvallisuusjärjestelmien uusiminen (sis. kaikki)	2026	13
kulunvalvonnan uusiminen	2031	3,4
<u>Vuosaari-Savio</u>		
akselinlaskentalaitteet	2028	0,4
tietokoneasetinlaitteen uusiminen	2028	2,5
kulunvalvonnan uusiminen	2033	0,5

1/2000	Rataverkko 2020 -ohjelman väliraportti
2/2000	Bantrummor, 250 kN och 300 kN axellaster
3/2000	Liikkuvan kaluston kirjallisuustutkimus
4/2000	Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään
5/2000	Ratarakenteen instrumentointi ja mallinnus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
6/2000	Väliraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen ratateknisistä tutkimuksista
7/2000	Intermediate Report, 250 kN and 300 kN axle loads
8/2000	Ratatekniset määräykset ja ohjeet -julkaisun käytettävyytutkimus
9/2000	Ratakapasiteetin perusteet
10/2000	Instrumentation and Modelling of Track Structure, 250 kN and 300 kN axle loads
11/2000	Rautatieonnettomuuksien sisäiset ja ulkoiset kustannukset
12/2000	Internal and External Costs of Railway Accidents
1/2001	Rataverkko 2020 -suunnitelma
2/2001	XPS-routaeristelevyt ratarakenteessa, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
3/2001	Raidetutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
4/2001	Radan kunnossapitokustannusten kirjallisuustutkimus
5/2001	Loppuraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen teknisistä ominaisuuksista
6/2001	Final Report, 250 kN and 300 kN axle loads
7/2001	Rautateiden maanvaraiset pylväsperustukset
8/2001	Ratarumpututkimus. Instrumentointi ja mittaukset
9/2001	Verkkoaikataulu junaliikenteen ja rautatieinfrastruktuurin kehittämisestä
10/2001	Työnaikaisten ratakaivantojen tukeminen
11/2001	Pääkaupunkiseudun rautateiden meluntorjuntaohjelma vuosille 2001 – 2020
12/2001	Rautatietasoristeysten turvaaminen
13/2001	Rautatieliikenteen riskit ja turvaamistoimenpiteet, osat 1 ja 2
14/2001	Rautatieliikenteen valtakunnallinen meluselvitys
1/2002	Ratarakenteen routasuojaus
3/2002	Rautatietasoristeysten turvaamis- ja poistostrategia 2020
4/2002	Rautateiden maanvaraiset pylväsperustukset, lisensiaatintutkimus
5/2002	Raiteentarkastus ja siinä ilmenevien virheiden analysointi välillä Kirkkonummi–Turku
6/2002	Kerava–Lahti-oikoradan sosiaalisten vaikutusten arviointi
7/2002	Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2025
8/2002	Puomillisten tasoristeysten turvallisuus
9/2002	Vartioimattomien tasoristeysten turvallisuus
10/2002	Ratarumpututkimus, mallinnus
1/2003	Katsaus Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämistoimintaan
2/2003	Instrumentation and Modelling of Railway Culverts
3/2003	Rautatieliikenteen onnettomuuksien ja vaaratilanteiden raportoinnin kehittäminen
4/2003	Henkilöliikenneasemien esteettömyyskartoituksen tuloksia
1/2004	Tavaraliikenteen ratapihavisio- ja strategia 2025
2/2004	Rautateiden kaukoliikenteen asemien palvelutaso ja kehittämistarpeet