Tukemistyön suunnittelu ja toteuttaminen

Alaotsikko (Felbridge Pro 13 pt)

Liikenneviraston ohjeita x/201x

Otsikkovaihtoehto:

"Raiteen ja vaihteen tukeminen"

luonnos

16.12.2011

Liikennevirasto

Helsinki 201x

Kannen kuvat: Kuvan ottajan nimi tai esim. Liikenneviraston kuva-arkisto

ISSN-L ISSN-L-numero
ISSN ISSN-numero
ISBN ISBN-nro

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)
ISSN-L ISSN-L-numero
ISSN ISSN-verkkonumero
ISBN ISBN-verkkonro

Painotalon nimi
Paikkakunta 201x

Julkaisua (myy)/saatavana
Painotalon nimi (jos myynnissä) tai vastuuyksikön nimi
Faksi <Kirjoita tähän>
Puhelin <Kirjoita tähän>

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 020 637 373

Kunnossapito-yksikkö

OHJE

xx.xx.2012

Vastaanottaja
xx

Säädösperusta
xx §

Korvaa/muuttaa
xxx

Kohdistuvuus
xx

Voimassa
xx

Asiasanat
xxx

Otsikko

Liikenneviraston määräyksiä, ohjeita ja toimintalinjoja -sarjojen julkaisuihin tehdään kuvailulehti, joka saa olla enintään kaksisivuinen. Kuvailulehti tulee nimiölehden jälkeen sivulle 3. Kuvailulehden otsikkona sivun yläosassa on "OHJE" tai "MUU OHJAUS", ruotsinkielisessä "ANVISNING". Allekirjoitettu kuvailulehti skannataan ja lisätään ohjejulkaisun pdf-versioon.

Titteli Nimi

Titteli Nimi

LISÄTIETOJA
Yhteyshenkilön nimi
Liikennevirasto
puh. 020 637 xxxx

Esipuhe

Tukemistyön suunnittelu ja toteuttaminen -ohje käsittelee raidegeometrian kunnossapitoa koneellisella tukemismenetelmällä sekä siihen liittyviä muita työvaiheita tarvittavin osin. Ohje täydentää Ratateknisissä ohjeissa ja muissa dokumenteissa määritettyjä vaatimuksia ja lähtökohtia tukemistyön suunnitteluun, toteuttamiseen ja laadunvalvontaan.

Ohje on laadittu VR Track Oy Suunnittelussa. Ensimmäinen versio ohjeesta valmistui kommentoitavaksi tammikuussa 2010. Työtä on tällöin ohjannut työryhmä, jossa ovat olleet mukana Tuomo Viitala Liikennevirastosta, Juha Kansonen, Teuvo Majamäki, Olavi Viitanen, Jorma Soini, Seppo Sjöblom, Jouko Suomalainen, Matti Maijala ja Kari Koskinen VR Track Oy:stä sekä Kevin Lane Pöyry CM Oy:stä. Ohje perustuu osittain Kevin Lanen aikaisemmin työstämään ohjeeseen tukemistöiden suorittamisesta ja laatuvaatimuksista. Lopullisen ohjeen kokoamisesta on vastannut Niko Tunninen VR Track Oy Suunnittelussa.

Ohje on viimeistelty joulukuussa 2011. Työtä ohjasivat Tuomo Viitala Liikennevirastosta ja Juha Kansonen Pöyry CM Oy:stä. Viimeistelyvaiheessa on huomioitu ohjeeseen saadut kommentit 2010–2011.

Helsingissä xxxkuussa 201x

Liikennevirasto
vastuuosasto/yksikkö

Sisällysluettelo

1 YLEISET VAATIMUKSET JA OHJEET ... 6
1.1 Tukemistyö osana radanpitoa ... 6
1.2 Ohjeen tarkoitus ja tavoitteet ... 6
1.3 Tukemistyölle asetetut yleiset tavoitteet ... 7
1.4 Muut tukemistyöhön liittyvät dokumentit ... 7
1.5 Määritelmät ... 7

2 YLEISTÄ TUKEMISTYÖSTÄ ... 12
2.1 Tukemisperiaate ... 12
2.2 Tukemiseen liittyvät parametrit ... 12
2.3 Raidegeometrian pysyvyys ... 13
2.4 Tukemistyöhön liittyvä kalusto ... 14
2.5 Kehityssuuntia ... 17

3 TUKEMISTYÖN SUUNNITTELU JA AJOITTAMINEN ... 19
3.1 Tukemistarpeen määrittyminen ... 19
3.2 Radan kunnon tunteminen ... 19
3.3 Tukemistyön suunnittelu kunnossapitokohteessa ... 25
3.3.1 Tilanneanalyysi ja tukemistavan valinta ... 25
3.3.2 Tukemismenetelmän valinta ... 27
3.3.3 Tukemistyön ajoittaminen ... 28
3.3.4 Tukemisalueen määrittely ... 29
3.3.5 Tukemistyön edellyttämät mittaukset ... 31
3.3.6 Tukemistyön edellyttämien esitöiden määrittäminen ... 32
3.3.7 Sepelöintitarpeen arviointi ... 34
3.3.8 Tukemistyön organisointi ... 35
3.3.9 Tukemistyön ennakkoilmoitus (ETJ-järjestelmä) ... 36
3.3.10 Tukemisen jälkityöt ... 36
3.3.11 Työsuunnitelman laatiminen ... 37
3.4 Tukemistyö osana uudisrakentamis- tai uusimisprojektia ... 38

4 TUKEMISTYÖN TOTEUTTAMINEN ... 39
4.1 Yleistä ... 39
4.2 Koneiden tarkastuskäytännöt ... 40
4.3 Tukemistyö jatkuvakiskoraiteella ... 40
4.4 Tukemistyöhön liittyvät rajoitukset lyhytkiskoraiteilla ... 41
4.5 Tukemistyö linjalla ... 41
4.6 Tukemistyö vaihdealueella ... 41
4.7 Viimeistelevät työt ... 43

5 LAADUNVARMISTUS ... 44
5.1 Tukemistyön jäljen varmistaminen ... 44
5.2 Radantarkastusvaunun mittaukset ... 44
5.3 Tilaajalle luovutettavat dokumentit ... 45

6 LÄHDELUETTELO ... 46

LIITTEET
Liite 1 Tukemissyvyydet päällysrakenteen eri komponenteilla

1 Yleiset vaatimukset ja ohjeet

1.1 Tukemistyö osana radanpitoa

Raiteen ja vaihteen tukemisella tarkoitetaan rataverkon rakentamisessa, uusimisessa ja kunnossapidossa käytettävää koneellista työmenetelmää suunnitelman mukaisen raidegeometrian rakentamiseksi ja ylläpitämiseksi rataverkolla. Oikean raidegeometrian ja pysyvän raiteen aseman saavuttamisella on olennainen merkitys radan liikennöitävyydelle ja laadukas raidegeometria myös minimoi junista rataan kohdistuvaa kuormitusta. Toisaalta on huomattava, että jokainen tukemiskerta kuluttaa tukikerroksen raidesepeliä, sitoo erityisesti koneresursseja ja varaa osaltaan ratakapasiteettia. Siksi raidegeometriaan kohdistuvien toimenpiteiden suunnittelu ja toteuttaminen tulee tehdä huolellisesti kohteittain oikeita menetelmiä ja resursseja käyttäen.

Tukemistyöhön liittyy useita eri työvaiheita, joiden osalta ohjeessa määritellään perusperiaatteet työn suunnittelussa ja toteuttamisessa huomioitavista asioista. Keskeisiä työvaiheita ovat:

- esityöt, mm. päällysrakenteen korjaustyöt ja esteiden purkaminen
- raidegeometrian mittaukset ja tukemistyön nuotitus (tarkkuusmenetelmä)
- raiteen sepelöinti
- raiteen tukeminen
- raiteen stabilointi (tarvittaessa)
- raiteen harjaus ja tukikerroksen muotoilu
- jälkityöt, mm. purettujen rakenteiden asentaminen

1.2 Ohjeen tarkoitus ja tavoitteet

"Raiteen ja vaihteen tukemisen parhaat toimintatavat" -ohjeen tarkoituksena on antaa kunnossapitäjille ja muille radanpitoa tekeville urakoitsijoille suosituksia raidegeometrian kunnossapitoon, jotta Liikenneviraston tavoitteet rataverkon turvallisesta käytöstä toteutuvat ja käytettävissä olevat resurssit saadaan kohdistettua oikeille alueille.

Ohjeessa käsitellään tukemistyötä sekä tarpeellisin osin siihen liittyviä työvaihteita tukemispäätöksen tekemisestä työn toteuttamiseen ja laadunvalvontaan. Muilta osin viitataan tarvittaessa olemassa oleviin määräyksiin ja ohjeisiin. Ohje on jaettu tukemistyön ja siihen liittyvien työvaiheiden 1) suunnitteluun ja ajoittamiseen, 2) toteuttamiseen linjalla ja vaiheissa sekä 3) laadunvarmistukseen.

Ohje keskittyy pääasiassa kunnossapitotöissä tehtäviin raidegeometriaa ylläpitäviin tai korjaaviin toimiin. Uusimis- ja uudisrakentamisprojekteissa tukeminen ja siihen liittyvät työt ovat osa erikseen suunniteltavaa kokonaisuutta, minkä vuoksi aihetta käsitellään ohjeessa vain yleisellä tasolla.

1.3 Tukemistyölle asetetut yleiset tavoitteet

Liikenneviraston tavoitteet raidegeometrian kunnossapidolle tukemismenetelmällä ovat:

1. Radan kunto pysyy tilaajan määrittelemissä laatutavoitteissa (huomioiden rakenteen ikääntyminen)
2. Liikennöinnin turvallisuus taataan kaikissa oloissa
3. Työ kohdistetaan oikeaan paikkaan
4. Työ on suunnitelmallista
5. Työ on tehty oikein
6. Raide pysyy suunnitellussa geometrisessa asemassa mahdollisimman pitkään ja radan tarkastuksissa määritetyt lopputulokset ovat vähintään tyydyttäviä, eikä raiteeseen jää toistuvia virheitä
7. Toimenpiteiden ja prosessien jatkuva parantaminen siten, että virheistä opitaan, toimintoja kehitetään ja lopputulokset parantuvat

1.4 Muut tukemistyöhön liittyvät dokumentit

Raiteen ja vaihteen tukemisen parhaat toimintatavat ohje täydentää muita Liikenneviraston asettamia ohjeita ja vaatimuksia. Tukemistyön kannalta keskeisiä Liikenneviraston dokumentteja ovat mm.

- Ratatekniset ohjeet, erityisesti osat
  - RATO 2, Radan geometria
  - RATO 4, Vaihteet
  - RATO 11, Radan päällysrakenne
  - RATO 13, Radan tarkastus
  - RATO 14, Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito
  - RATO 15, Radan kunnossapito
  - RATO 19, Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet
- Raiteen tarkastustulokset ja niiden tulkinta
- Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset
- Päällysrakennetöiden yleinen työselitys (D16)
- Standardin SFS-EN 13450 Raidesepelikiviainekset kansallinen soveltamisohje (raidesepelin laatuvaatimukset)
- Tarkastusten suorittaminen ratatyömailla
- Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO)

Listaus voimassa olevista ohjeista löytyy Liikenneviraston sivuilta http://www.liikennevirasto.fi

1.5 Määritelmät

Tukemisella tarkoitetaan raidegeometrian koneellista korjaamista työhön suunnitellulla kalustolla. Termiin "tukeminen" sisältyvät raiteen nosto, sivusiirto ja kallistaminen, sekä sepelin tiivistäminen pölkyn alapuolella siten, että raide pysyy siirretyssä asemassa ja asennossa.

Suunnitelman mukaisella raidegeometrialla tarkoitetaan ratahankkeen suunnittelun aikana laadittua suunnitelman mukaista raiteen geometriatietoa, joka on rakentamis- tai korjaushankkeen työn tavoitteena ja jolle on määritetty käyttöönotossa sallitut raja-arvot. Käyttöönoton jälkeen suunnitelman mukainen raidegeometria tallennetaan geometriarekisteriin.

Absoluuttisella raidegeometrialla tarkoitetaan raiteen suunnitelman mukaista geometriaa, jolle on määritelty sallitut vaihteluvälit ja raidegeometriaa on tarkoitus ylläpitää rataosuudella tarkasti laskennallisessa sijainnissa (esim. tunnelissa). Absoluuttisen geometrian ylläpito

edellyttää säännöllisiä sidontapisteitä tai muuta järjestelyä, joista raiteen sijainti ja erityisesti geometriaelementtien alku- ja loppupisteet voidaan tarkasti määrittää.

Suhteellinen menetelmä on tukemismenetelmä, joka perustuu tukemiskoneen omaan mittakantaan. Suhteellisesta menetelmää käytettäessä on tukemisyksiköllä oltava uusin raidegeometriatieto ja työssä on huolellisesti hyödynnettävä maastossa tehtyjä geometrian poikkeamahavaintoja ja muutoskohtia osoittavia merkintöjä. Suhteellista menetelmää voidaan käyttää pistemäisiin kunnossapitotuentoihin koko rataverkolla sekä laajempaan kunnossapitotyöhön alemman kunnossapitotason 5 ja 6 radoilla.

Tarkkuusmenetelmä on tukemismenetelmä, jossa tukemistyö tehdään geometriamittausten ja tavoitteellisen tai absoluuttisen raidegeometrian perusteella suunnitelluilla nosto- ja sivusiirtoarvoilla (ns. nuotitus). Tukemiskoneen mittakantaa voidaan kasvattaa laserohjauksella. Tarkkuusmenetelmää käytettäessä on tukemisyksiköllä oltava uusin raidegeometriatieto, tukemistyön aloituspiste ja suunnitellut nosto- ja sivusiirtoarvot.

Absoluuttinen menetelmä on tukemismenetelmä, jossa tukemiskone määrittää raiteen nosto- ja siirtoarvot varsinaisen tukemistyön yhteydessä ja mittaa raiteen sijainnin tukemistyön jälkeen. Tukemiskone on tällöin varustettu laitteistolla, jolla se voi tarkasti paikantaa sijaintinsa raiteella ja määrittää raiteen nosto- ja siirtoarvot vertaamalla mitattua sijaintia suunnitelman mukaiseen sijaintiin. **Järjestelmä ei ole tällä hetkellä käytössä Suomen rataverkolla.**

Läpituenta on tarkkuusmenetelmällä tehtävä tukemistyö, jonka pituus on vähintään 200 metriä. Läpituennan avulla voidaan mm. parantaa raidegeometrian tasalaatuisuutta, korjata pitkän aallonpituuden virheitä, varmistaa betoniratapölkkyjen oikea tukipinta tukikerroksessa ja varmistaa tukikerroksen tasalaatuinen jousto-ominaisuus (alustaluku). Läpituennan tavoitteena tulee aina olla suunnitellun yhtenäisen raidegeometrian saavuttaminen. Läpituentatarpeen määritykseen käytetään muiden mittausarvojen ohella myös raiteen mittaustuloksista määritettävää keskihajontaindeksiä eri mittasuureille.

Kunnossapitotuenta on pääsääntöisesti suhteellisella menetelmällä tehtävä pistemäinen tukemistyö, jonka pituus on tyypillisesti alle 200 metriä. Tukemisalue voi olla pidempi, esimerkiksi jos korjataan useampia lähekkäin olevia virheitä tai virhe sijoittuu kaarrealueelle. Tarkkuusmenetelmää voidaan käyttää erityistä tarkkuutta vaativissa tukemiskohteissa esim. sillan siirtymäalueilla tai laiturialueella. Kunnossapitotuennalla korjataan radan tarkastuksissa havaittuja virheitä, niin että raiteen turvallinen liikennöinti varmistetaan.

Laserohjauksella voidaan pidentää tukemiskoneen mittakantaa ja parantaa tukemistyön tarkkuutta esimerkiksi vaihteissa, pitkillä suorilla tai kaarteissa (eri lasereiden ominaisuuksista riippuen). Menetelmä perustuu erilliseen työskenneltäessä tukemiskoneen etupuolelle sijoitettuun laservaunuun sekä tukemiskoneeseen sijoitettuun laservastaanottimeen. Laserohjauksella tukemiskonetta voidaan ohjata joko suoraan tai sillä voidaan parantaa työn tarkkuutta, kun ennen työtä on mittauksin määritetty nosto- ja sivusiirtoarvot. Laserohjausta käytetään pääasiassa tarkkuusmenetelmän yhteydessä.

Nuotituksella tarkoitetaan raidegeometriamittausten perusteella laadittua nosto- ja sivusiirtoarvojen listausta, jota käytetään tarkkuusmenetelmällä työskenneltäessä. Listauksessa esitetään lisäksi raidegeometrian muutos- ja pakkopisteet, sekä tarvittaessa laserohjausvaunun sijoituspisteet.

Toistuva virhe on samassa kohtaa peräkkäisissä raiteentarkastusvaunun mittauksissa esiintyvä saman mittaussuureen (esim. raideleveys) vähintään D-luokan virhe. Toistuva virhe voi tarkoittaa, että vika on muualla kuin päällysrakenteessa, jolloin tukemisella ei ole mahdollista saavuttaa pysyvää tulosta.

Geometrisen kunnon palvelu taso (GKPT) on rataosan päällysrakenteen geometristä kuntoa kuvaava raiteenmittausvaunun mittaustuloksista laskettava luku, jonka maksimiarvo on 100 %:a. Maksimiarvoa vähentävät D- ja *-luokan virheet, joiden lisääntyessä kilometri voi arvottua tyydyttäväksi tai epätyydyttäväksi. GKPT:n laskentaperusteet on määritetty RATO:n osassa 13.

Vaihteiden kunnon palvelu taso (VKPT) on rataosan vaihteiden geometristä kuntoa kuvaava raiteenmittausvaunun mittaustuloksista laskettava luku, jonka maksimiarvo on 100%:a. VKPT:n laskentaperusteet on määritetty RATO:n osassa 13.

Keskihajontaindeksi (TQI eli 95 % keskihajonta) lasketaan raiteentarkastusvaunun 25 cm välein otettavista mittauksista korkeuspoikkeamille, nuolikorkeuksille ja kallistusvirheelle. Indeksi kuvaa 95 %:n osuutta tarkasteluvälin mittauksista (keskihajonta kerrotaan multiplierluvulla 2). Keskihajontaindeksit esitetään kilometrin virhelistauksen yhteydessä 200 metrin osuuksissa sekä ratakilometreittäin. Indeksi kuvaa mitatun suureen vaihtelun suuruutta (raidegeometrian tasalaatuisuutta) ja se mahdollistaa peräkkäisten mittausten vertailun. Keskihajontaindeksi määritetään kaavalla

$$TQI_X = 2 \times \sigma_X$$

jossa

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n}\left(x_j - \overline{x}\right)^2}{(n-1)}}$$

Termien selitykset:

σ_X = mitatun suureen keskihajonta

x_j = mitatun suureen yksittäismittaus

$\overline{x}$ = mitatun suureen keskiarvo tarkasteluvälillä

n = yksittäismittauksien lukumäärä tarkasteluvälillä

Kilometrin virhelistauksessa esitetään myös ns. keskihajontaindeksien summa (yht. TQI), jota voidaan käyttää virhekohtien paikantamiseen. Tukemisen suunnittelussa on kuitenkin käytettävä yksittäisiä suureita ja huomioitava indekseihin vaikuttavat rakenteelliset tekijät (esim. kaarrelevitys).

Nopean liikenteen radalla tarkoitetaan rataa tai rataosuutta, jolla raiteen suurin nopeus on yli 160 km/h (kunnossapitotaso 1AA tai 1A). (RATO 1)

Ennakkoilmoitusjärjestelmä (Etj) on järjestelmä, jonka avulla radalla tehtävät liikenteeseen vaikuttavat työt suunnitellaan ja ajoitetaan. (Päällysrakennetöiden yleinen työselitys)

Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi) on viranomaistaho, joka valvoo liikennejärjestelmien turvallisuutta ja yhteensopivuutta EU:n ja Suomen valtion asettamien lakien, määräysten ja direktiivien mukaisesti Suomessa.

Liikennevirasto on viranomaistaho, joka hallinnoi Suomen valtion liikennejärjestelmän infrastruktuuria ja vastaa sen turvallisesta liikennöitävyydestä. Radanpitoon liittyen Liikennevirasto vastaa rataverkkoon liittyvästä suunnitteluttamisesta, rakentamisesta, kunnossapidosta ja liikenteenohjauksesta sekä myöntää ratakapasiteettia rataverkolla toimiville liikennöitsijöille. Yksityisrautateillä kunnossapitotöiden tilaajana toimii pääasiassa radan omistaja.

Alueisännöitsijä on Liikenneviraston valtuuttama organisaatio, joka hoitaa oman alueensa rataverkon hallintaan, rakentamiseen ja kunnossapitoon liittyviä tehtäviä yhteistyössä Liikenneviraston kanssa.

Kunnossapitäjä on organisaatio tai sen edustaja, joka radanpitäjän toimeksiannosta pitää rataa tai sen osaa liikennöitävässä ja liikenneturvallisessa kunnossa. Kunnossapitäjällä tulee olla toimiva laatujärjestelmä, jonka radanpitäjä on hyväksynyt ja joka soveltuu radan kunnossapitoon.

Päällysrakenneluokka; Suomen rataverkko on rataosittain jaettu päällysrakenneluokkiin **A (heikoin), B1, B2, C1, C2 ja D** taulukon 1 osoittamalla tavalla pääasiallisten päällysrakenteen komponenttien mukaan.

Taulukko 1 *Päällysrakenneluokat Suomen rataverkolla (Rataverkon kuvaus 1.7.2011)*

Päällys-rakenne-luokka	**Päällysrakenne**		
	kiskot	ratapölkyt	tukikerros
A	K30, K33	puu	raidesora tai vastaava
B_1	K43, 54 E1, K60, 60 E1	puu	raidesora tai vastaava
B_2	K43, K60	puu, betoni	raidesepeli
C_1	54 E1	puu, betoni ennen 1987 valmistetut	raidesepeli
C_2	54 E1	betoni 1987 ja jälkeen valmistetut	raidesepeli
D	60 E1	betoni	raidesepeli

Kunnossapitotaso on kunnossapidon suunnittelua ja toteutusta varten määritetty luokitus. Suomen rataverkolla rataosat on jaettu **kunnossapitotasoihin 1AA, 1A, 1, 2, 3, 4, 5 ja 6 (heikoin)**. Kunnossapitotasojen määritykset on esitetty taulukossa 2 ja ne perustuvat liikennöintinopeuteen, akselipainoon ja päällysrakenteen komponentteihin. Kunnossapitotasoittain on esimerkiksi raidegeometrialle asetettu vaihtelurajat tarkastusta, kunnossapitoa ja työn vastaanottoa varten.

Taulukko 2 *Kunnossapitotasot Suomen rataverkolla (RATO 13)*

Kunnossa-pitotaso	Suurin nopeus V_{max} [km/h], sitä vastaava akselipaino P [kN] 1) 2), raiteet	Kisko-paino vähintään	Ratapölkyt vähintään	Tukikerros vähintään
1AA	$V_{max} \leq 220$, $P \leq 185$	60E1	Betoni 3)	Raidesepeli
1A	$V_{max} \leq 200$, $P \leq 185$	54E1	Betoni 1987 tai uudempi 3)	Raidesepeli
	$V_{max} \leq 180$, $P \leq 185$	54E1	Betoni 1986 tai vanhempi 3)	Raidesepeli
	$V_{max} \leq 160$, $P \leq 185$	54E1	Betoni /puu	Raidesepeli
	Sn 160 raiteenvaihtopaikat	60E1	Betoni 3)	Raidesepeli
1	$V \leq 140$, $P \leq 185$	54E1	Betoni/puu	Raidesepeli
	Sn 140 raiteenvaihtopaikat			
2	$V \leq 120$	54E1	Betoni/puu	Raidesepeli
	Sn 110 raiteenvaihtopaikat			
3	$V \leq 110$	K43	Puu/betoni	Raidesepeli
4	$70 < V \leq 100$ pääraiteet	K43	Puu/betoni	Raidesora tai vastaava
	$70 < V \leq 100$ sivuraiteet			
	Sn 80 raiteenvaihtopaikat			
5	$50 < V \leq 70$ pääraiteet	K30	Puu	Raidesora tai vastaava
	$50 < V \leq 70$ sivuraiteet			
	Sn 35 raiteenvaihtopaikat			
6	$V \leq 50$ pääraiteet	K30	Puu	Raidesora tai vastaava
	$V \leq 50$ sivuraiteet			
	Kuormaus- ja seisontaraiteet			

1) Ei koske vetureita junassa.
2) Huomioitava RAMO 11 "Radan päällysrakenne" mukaiset nopeus-/akselipainorajoitukset eri raiderakenteille.
3) Näissä saa olla enintään lyhyitä osuuksia mänty- tai kovapuuratapölkkyjä (RAMO 11 "Radan päällysrakenne") esimerkiksi silloilla tai vaihteissa.

2 Yleistä tukemistyöstä

2.1 Tukemisperiaate

Tukeminen perustuu tukemiskoneella tehtävään raiteen nostoon, sivusiirtoon ja kallistamiseen sekä tukikerroksen uudelleenjärjestämiseen ja tiivistämiseen pölkyn alapuolella tukemishakujen avulla. Tukikerroksen tiivistyminen perustuu raiteen nostolla saavutettuun riittävään tyhjätilaan ja tukemishakkujen tukikerrokseen kohdistamaan värähtelemään kuormitukseen, joka tehokkaasti uudelleen järjestää erityisesti sepelitukikerrosta. Uudelleenjärjestäytyminen saadaan aikaan myös raidesoratukikerroksessa mutta ei lopputulos ole samalla tavoin pysyvä.

On huomattava, että raiteen asemaa ei voida tukemistyöllä laskea vaan tämä vaatii esimerkiksi tukikerroksen seulomista. Tukemistyöllä ei myöskään voida saavuttaa pysyvää raiteen asemaa, mikäli päällysrakenteen tukikerros on heikkokuntoinen tai raidegeometriavirheitä aiheuttava vika on muualla, esimerkiksi alusrakenteessa, pohjamaassa tai kuivatusjärjestelmässä.

2.2 Tukemiseen liittyvät parametrit

Tukemistaajuus ja tukemishakun amplitudi

Tukemistaajuudella tarkoitetaan tukemishakkujen värähtelyliikkeen taajuutta ja tukemishakun amplitudilla hakun värähtelyvälin pituutta. Parametrit ovat tukemiskoneen valmistajasta riippuvia konekohtaisia arvoja, jotka vaikuttavat erityisesti tukemistyön pysyvyyteen.

Tukemisaika ja -paine

Tukemisajalla ja -paineella tarkoitetaan tukemishakuilla tukikerrokseen kohdistettavan tiivistävän värähtelyn kestoa ja hakuista tukikerrokseen kohdistettavaa painetta. Arvot ovat valmistajasta riippuvia konekohtaisia arvoja ja niillä on merkittävä vaikutus tukemistyön pysyvyyteen.

Tukemisajan ja -paineen oikeat arvot ovat riippuvaisia tukikerroksen kunnosta ja materiaaleista ja tarvittaessa niitä tulee säätää tukemistyön yhteydessä. Yleisesti hyväkuntoinen tai uusi tukikerros saavuttaa tavoitellun tiiveyden nopeammin verrattuna rapautuneeseen tai raidesoratukikerrokseen. Tarvittaessa voidaan samalla kohtaa puristaa kaksi kertaa. Tukemishakut on aina nostettava ylös puristusten välissä.

Tukemissyvyys

Tukemissyvyydellä on olennainen merkitys tukemistyöllä saavutettavan raidegeometrian pysyvyydessä. Tukemissyvyydellä tarkoitetaan tukikerrosta tiivistävien hakkujen korkeutta kiskon selästä. Yleissääntönä voidaan pitää, että tukemishakkujen tulee ulottua vähintään 15–20 mm pölkyn alapinnan alapuolelle. Väärä tukemissyvyys voi johtaa myös tukemishakkujen tai pölkyn rikkoutumiseen, erityisesti jos hakut eivät ulotu pölkyn alapuolelle.

Liiteessä 1 on esitetty laskennallisia syvyyksiä eri kiskoprofiili ja pölkkytyyppi yhdistelmillä.

Minimi- ja maksiminosto

Raiteen noston suuruus on olennainen tekijä tukemistyön pysyvyydessä. Perusnoston tulee olla vähintään 20 mm, jotta tukikerrosmateriaalilla on riittävästi tyhjätilaa pölkyn alapuolella uudelleen järjestäytymiseen. Raidetta kallistettaessa on lisäksi huomioitava kaarteen sisäkis-

kon puolella pölkynpään siirtyminen alaspäin. Mikäli nosto ei ole riittävä, tukemisella saavutetaan lähinnä tukikerroksen murskaantuminen.

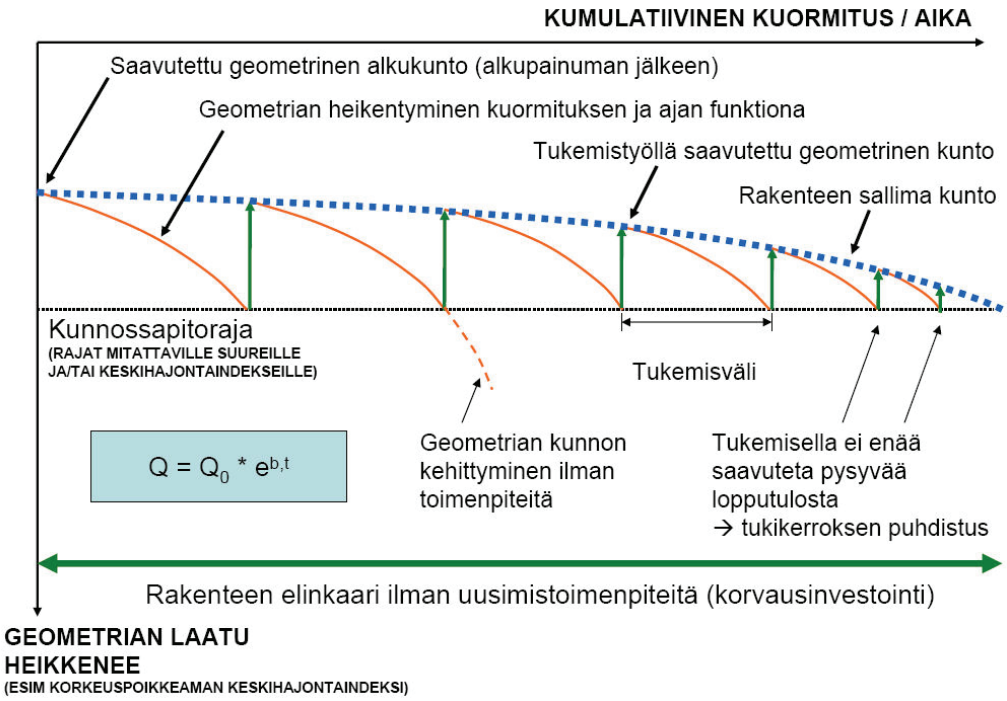
Toisaalta noston määrä on rajoitettu tukemishakkujen vaikutuspinta-alan takia. Liian suurella nostolla tiivistyminen jää vajaaksi ja lopputulos ei täten ole yhtä pysyvä. Nostoa rajoittaa lisäksi tukemiskoneen akselien välinen etäisyys tukemisalueella kiskoon kohdistuvan vetojännityksen takia. Maksiminosto on yleisesti 70 mm raidegeometrian kunnossapitotöissä.

2.3 Raidegeometrian pysyvyys

Raidegeometrian laatuun ja pysyvyyteen vaikuttavia keskeisiä tekijöitä ovat

- raidegeometrian saavutettu alkukunto rakennus- tai kunnossapitotyössä
- raiteen komponenttien ominaisuudet ja laatu (mm. kisko- ja pölkkytyyppi)
- tukikerrosmateriaalin laatu ja määrä (paksuus, leveys ja palle)
- alusrakenteen ja pohjamaan ominaisuudet (ml. pohjanvahvistukset)
- kuivatusjärjestelmän toimivuus
- epäjatkuvuuskohtien määrä ja sijoittuminen
- liikennöinnistä rataan kohdistuva kuormitus (kumulatiivinen kuormitus on tyypillisesti määräävä tekijä)
- rakenteiden ikä

Yleisesti raidegeometrian saavutettu alkukunto vaikuttaa merkittävästi päällysrakenteen kunnon kehittymiseen ja saavutettavissa olevaan elinkaareen. Kuormitussyklien toistuessa raidegeometria kunto heikkenee kuormituksen ja ajan funktiona, minkä seurauksena rakenteisiin (ja kalustoon) kohdistuva dynaaminen kuormitus kasvaa kiihtyvällä tahdilla. Kun geometriavirheet ylittävät radanpitäjän asettamat raja-arvot, on tehtävä tukemistyötä raidegeometrian korjaamiseksi, minkä jälkeen alkaa uusi raidegeometrian heikentymisen sykli. Geometrisen kunnon kehittymistä ja kunnossapitotoimenpiteiden vaikutusta on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1 *Päällysrakenteen salliman kunnon kehittyminen sekä tukemistyön vaikutus*

Raidegeometrian kuntoa tietyllä hetkellä voidaan kuvata esimerkiksi kuvassa 2 esitetyllä kaavalla

$Q = Q_o * e^{b,t}$, jossa

Q =	rakenteen geometrinen kunto tarkasteluhetkellä
Q_o =	investoinnilla (rakentaminen/uusiminen) saavutettu raidegeometrian alkukunto
$e^{b,t}$ =	ratarakenteen ominaisuuksien, kunnossapidon, kumulatiivisen kuormituksen ja ajan vaikutus

Kaava voidaan käyttää esimerkiksi radantarkastusvaunun mittaustulosten (mm. korkeuspoikkeaman keskihajontaindeksit) analysointiin pidemmällä aikavälillä.

Raidegeometrian pysyvyyteen erityisesti vanhemmilla rataosilla vaikuttavat usein puutteet pohjanvahvistuksissa, alusrakenteessa ja kuivatusjärjestelmässä. Erityisesti kuivatusjärjestelmän riittävällä ylläpidolla voidaan parantaa geometrian pysyvyyttä. Tämän takia erilaisissa perusparannushankkeissa tulisi aina ottaa huomioon myös kuivatusjärjestelmän toimivuus ja parantamismahdollisuudet. Tiheämpää kunnossapitoa vaativat lisäksi siirtymäalueet silloille sekä raiteen epäjatkuvuuskohdat kuten vaihteet tai eristysjatkokset. Uusilla radoilla, joissa rakenteet on tehty nykyisten määräysten mukaisesti, näiden tekijöiden vaikutus vähenee. Tällöin kiskon kulkupinnan vaikutus saattaa korostua.

Tukikerroksen raidesepelin laadulla on olennainen vaikutus tukemistyön pysyvyyteen. Raidesepelin on oltava joka sivultaan murskaantunutta ja mahdollisimman lujaa kiviainesta, jotta varmistetaan päällysrakenteen lukkiutuminen ja kulutuskestävyys. Karkealla rakeisuudella (nykyään 31,5–63 mm) varmistetaan myös, että päällysrakenne kuivettuu tehokkaasti. Rataverkolle asennettavan uuden raidesepelin on täytettävä standardin SFS-EN 13450 Raidesepelikiviainekset ja sen kansallisen soveltamisohjeen määritykset raekoolle, hienoaineksen määrällä ja lujuudelle.

Mikäli kiskon kulkupinnassa on vikoja, kuten aallonmuodostusta (korrugaatiota), voi tämä jossain määrin aiheuttaa virheellistä geometrian tulkintaa tukemiskoneen mittalaitteistossa. Tästä syystä myös kiskon kulkupinnan kunnossapitoon tulee panostaa. Laajemmissa kunnossapitokohteissa on suositeltavaa toteuttaa kiskonhionta ensimmäisenä (mikäli työhön ei liity kiskonvaihtoa).

2.4 Tukemistyöhön liittyvä kalusto

Raiteen tukemiseen ja stabilointiin käytetään erikoiskalustoa, jonka tyypillinen elinkaari on noin 12–15 vuotta. Laitteiston kehityksestä johtuen eri aikoina hankittujen koneiden suorituskyky ja ominaisuudet vaihtelevat merkittävästi. Esimerkiksi vanhemmilla tukemiskoneilla ei pystytä ilman apulaitteita tukemaan betonipölkkyraidetta tai -vaihteita.

Tukemistyöhön liittyvät keskeisesti mm. seuraavat työkoneet:

- linjatukemiskone (ei sovellu erikoisrakenteisiin, kuten vaihteisiin) tai
- vaihteentukemiskone (vaihteet, erikoiskohteet ja linjatukeminen pienemmällä suoritteella)
- sepelöintiyksikkö (vetoyksikkö ja sepelöintivaunuja)
- sepeliaura tai -harja (harja voi olla myös yhdistetty tukemiskoneeseen)
- stabilisaattori (voi olla myös yhdistettynä tukemiskoneeseen)

Seuraavissa kappaleissa on lyhyesti käsitelty eri konetyyppejä.

Linjatukemiskoneet

Linjatukemiskoneita käytetään rataverkon osuuksilla, joilla ei ole erikoisrakenteita (mm. vaihteet ja siltojen suojakiskot). Rajoitus johtuu tukemishakkujen rajoitetusta liikkuvuudesta,

joka on määritetty normaalin päällysrakenteen mittojen mukaisesti suuremman työskentelynopeuden saavuttamiseksi. Suomessa käytössä olevat linjatukemiskoneet pystyvät mallista riippuen tukemaan 1–3 pölkkyä kerrallaan. Linjatukemiskoneilla saavutetaankin tyypillisesti merkittävästi parempi suorite verrattuna vaihteentukemiskoneisiin.

Uusimmista linjatukemiskoneista on tukemisyksikkö voi olla sijoitettu erilliseen ns. "satelliittiin", jossa tukemisyksikkö liikkuu itsenäisesti suhteessa tukemiskoneeseen ja rataan. Järjestely mahdollistaa tukemiskoneen etenemisen tasaisella nopeudella, kun vain tukemisyksikkö siirretään tukemisväli kerrallaan eteenpäin.

Vaihteentukemiskoneet

Vaihteentukemiskoneita käytetään vaihteiden ja muiden päällysrakenteessa olevien erikoisrakenteiden tukemiseen. Suurin ero verrattuna linjatukemiskoneisiin on, että niiden tukemisaggregaatteja ja -hakkuja voidaan siirtää ja kallistaa sivusuunnassa sekä ohjata erillisinä yksikköinä. Vaihteentukemiskoneeseen voi kuulua myös nostopuomi, jolla nostetaan vaihteessa erkanevan raiteen kolmatta kiskoa tukemisen yhteydessä. Mikäli nostopuomia ei ole, on tuennassa käytettävä erillistä hydraulista tunkkia tasalaatuisen tukemisen saavuttamiseksi ja kaatumisvaaran poistamiseksi. Tunkin käyttö edellyttää lisäksi erillistä aputuentaa.

Sepelöintiyksiköt

Raiteen ja vaihteen sepelöinti tehdään pääsääntöisesti erillisistä sepelöintivaunuista, joita kuljetetaan veturin tai ratakuorma-auton avulla riippuen sepelöintivaunujen määrästä. Sepeli voidaan tarpeen mukaan jakaa raiteen keskelle tai sivuille. Yksittäisissä kohteissa esimerkiksi tasoristeyksissä tai liikennepaikalla voidaan sepelöintiin käyttää myös normaalia maansiirtokalustoa, kuten pyöräkuormaajaa tai kiskopyörillä varustettua kaivinkonetta.

Sepeliaurat

Sepeliauroilla tehdään tukemistyön jälkeen tukikerroksen muotoilu, jolla varmistetaan radanpidon laatuvaatimusten mukaiset mitat tukikerroksen leveydelle ja palteelle. Sepeliaurassa voi olla myös sepelisäiliö, jonka avulla voidaan siirtää raiteen päällä olevaa ylimääräistä sepeliä vajaisiin kohteisiin. Auroilla voidaan myös siirtää sepeliä esimerkiksi raiteen reunoilta keskiosaan tai vastakkaiselle puolelle, jos sepeliä on varastoitu raiteen sivuun ennen tukemista tai jos sepelöinti on toteutunut epätasaisesti.

Stabilisaattorit

Stabilisaattorilla kohdistetaan tuettuun raiteeseen poikittaissuuntaisesti värähtelevä portaattomasti säädettävä kuormitus, joka aiheuttaa rakenteessa hallitun aleneman sepelikivien hakiessa paikkansa ja lukkiutuessa tukikerroksessa. Raiteen stabiloinnilla saavutettavia etuja ovat mm.

- hallitusti laskeutunut ja pysyvämpi raiteen asema verrattuna liikennekuormituksen aiheuttamaan epätasaisempaan painumaan
- tasasuhtainen voimien jakautuminen tukikerroksessa
- sivuttaisvastuksen kasvu lähemmäs täysin tiivistyneen tukikerroksen tasoa
- voidaan sallia suurempi nopeus välittömästi työn jälkeen
- lisääntynyt turvallisuus

Stabilisaattoria käytetään yleisesti, kun rakennetaan tai uusitaan päällysrakennetta tiiviin tukikerroksen saavuttamiseksi ennen liikenteelle avaamista. Kunnossapitotöissä stabilisaattorin käyttö voi tulla kyseeseen, kun tehdään laajasti päällysrakenteen tiiviyttä heikentäviä toimenpiteitä, kuten yli 50 mm nostoja. Järjestelmällisellä käytöllä ja oikein käytettynä stabilisaattorilla voidaan saavuttaa tukemistarpeen väheneminen, koska raidegeometria pysyy hyvälaatuisena pidemmän aikaa. Tukemistarpeen väheneminen heijastuu tällöin myös päällysrakenteen elinikään.

2.5 Kehityssuuntia

Kalusto

Tukemistyöhön käytetty menetelmä on käytännössä hyvin vakiintunut. Kaluston suhteellisen lyhyen elinkaaren takia kalusto kuitenkin uusiutuu jatkuvasti. Liikennemäärien kasvaessa rataverkolla on olennaista, että kunnossapidon edellyttämää radan hallussapitoaikaa saadaan optimoitua, eikä turhia ratavarauksia kunnossapitotyöhön tarvitse tehdä. Käytännössä tämä tarkoittaa mm.

- tukemiskoneita, jotka pystyvät tukemaan yhä useampia pölkkyjä kerrallaan
- tukemiskoneita, joihin on yhdistetty stabilisaattori ja/tai sepeliaura
- tukemiskoneita, joilla voidaan tehokkaasti tehdä sekä linja- että vaihteentuentaa
- tarkempia mittaus- ja paikannusjärjestelmiä, joilla työtä voidaan automatisoida

Tukemistyön kokonaistehokkuuteen vaikuttavat myös kehityssuunnat muihin työvaiheisiin liittyvässä kalustossa. Näistä mainittakoon monipuolisemmat ja tarkemmat sepeliaurat sekä suorituskyvyltään tehokkaammat ratakuorma-autot. Lisäksi mm. sepelöintitarpeen arviointiin on kehitetty esim. lasermittaukseen perustuvia menetelmiä. Näissä raiteen päällä kulkevalla kalustolla mitataan tukikerroksen poikkileikkaus, jota verrataan määräysten edellyttämään poikkileikkaukseen. Menetelmällä voidaan tarkasti määrittää esimerkiksi rataosan sepelöintitarve sijaintitietoon sidottuna.

Absoluuttinen raidegeometria

Mittaus- ja paikannustekniikan kehittyminen on mahdollistanut raidegeometrian ylläpitämisen tarkasti suunnitelman mukaisessa raidegeometriassa eli ns. absoluuttisessa geometriassa. Tämä voi olla tarpeen erityisesti esimerkiksi tunneleissa tai suurnopeusradoilla. Absoluuttisessa geometriassa raiteelle on määritetty täsmällinen sijainti ja asento sekä sallitut vaihteluvälit. Tyypillisesti absoluuttiseen geometriaan liittyy myös raidegeometriatiedon ylläpitäminen tietokannassa.

Tarkassa suunnitelman mukaisessa raidegeometriassa pysyminen tuo mm. seuraavia etuja ja toisaalta haasteita:

+ raiteen ajantasainen geometriatieto on nopeasti saatavilla
+ voidaan arvioida tukemistyön onnistumista tarkasti
+ tukemistyön siirrot voidaan suunnitella ohjelmallisesti
+ jatkuvakiskoraiteen neutraalilämpötila säilyy samana
+ ajolangan sijainti pysyy samana
– säännölliset mittaukset edellyttävät kattavaa ja tiheää kiintopisteverkkoa
– edellyttää tietokannan jatkuvaa ylläpitoa

Absoluuttisen raidegeometrian ylläpito rataosuudella edellyttää käytännössä, että tukemistyö on aina tehtävä perustuen geometriamittauksiin. Nosto- ja siirtoarvot määritetään tällöin asetetun laskennallisen sijainnin mukaisesti. Mittaukset on mahdollista tehdä perinteisen kartoitustyön ohella mm. erillisellä raidegeometrian mittausvaunulla, joka paikantaa sijaintinsa rataverkolla sijaitsevien kiintopisteiden sekä GPS-järjestelmän avulla (esim. Itävallassa EM-SAT).

Absoluuttinen menetelmä

Tukemistyössä on tulevaisuudessa mahdollista hyödyntää ns. absoluuttista menetelmää, joka vähentää merkittävästi nykyistä tukemistyötä edeltävää mittaustarvetta. Absoluuttisessa menetelmässä tukemiskone määrittää raiteen nosto- ja siirtoarvot varsinaisen tukemistyön yhteydessä. Tukemiskone on tällöin varustettu laitteistolla, jolla se voi tarkasti paikantaa sijaintinsa raiteella, esimerkiksi suhteessa kattavaan kiintopisteverkkoon. Lisäksi tukemiskoneessa on tehokas ohjelmisto, joka pystyy reaaliajassa vertaamaan raiteelle mittaa-

maansa sijaintia suunnitelman mukaiseen sijaintiin sekä määrittämään nosto- ja sivusiirtoarvot (pysyen kuitenkin sallituissa sivusiirrolle ja nostoille sallituissa rajoissa). Tukemistyön lopuksi kone määrittää siirretyn raiteen aseman, joka päivitetään tietokantaan.

Euroopassa käytössä olevissa ensimmäisissä sovelluksissa (esim. PALAS) absoluuttisen menetelmän käyttö on edellyttänyt tiheää esim. ratajohtopylväisiin sijoitettua kiintopisteverkkoa, jotta tukemiskone kykenee riittävän tarkasti paikallistamaan sijaintinsa. Mittaustarkkuutta on lisäksi mahdollista lisätä GPS-järjestelmällä. Satelliittipaikannustekniikan tulevaisuudessa kehittyessä (esim. Galileon käyttöönotto) voidaan myös pelkästään tällä järjestelmällä todennäköisesti päästä riittäviin tarkkuuksiin. Haasteena tulevat kuitenkin olemaan katvealueet esim. tunneleissa, kaupunkirakenteen tai metsän keskellä.

3 Tukemistyön suunnittelu ja ajoittaminen

3.1 Tukemistarpeen määrittyminen

Tukemistyön sekä siihen liittyvien muiden työvaiheiden tarve määräytyy vuosittain pääosin seuraavista tekijöistä:

- uudisrakentamis- ja uusimiskohteiden edellyttämä tukemistarve
- läpituentatarve lähinnä korkean kunnossapitotason radoilla
- radan tarkastuksista radanpitäjän määrittelemien toleranssien avulla määräytyvä kunnossapidon tukemistarve alueittain

Ensisijaisesti tukemistarve määritetään radantarkastusvaunun mittaustuloksiin perustuen. Tukemistarve on arvioitava alueittain vuositasolla koneresurssien käytön suunnittelua varten. Kunnossapitotyöhön liittyen tuennoista ja niiden kohdentamisesta neuvotellaan radanpitäjän kanssa, kun tukemistarpeesta on tehty alustavat arviot.

Kiireellisissä tapauksissa, esimerkiksi kun raiteentarkastusvaunun mittaustuloksissa on *-luokan virheitä, on kohde arvioitava välittömästi ja korjattava liikennöitävään kuntoon kunnossapitotason virherajojen mukaisesti. Mikäli korjaustoimenpidettä ei voida heti toteuttaa, on alueelle asetettava liikennöinnin mahdollistava nopeusrajoitus. (RATO 13 "Radan tarkastus")

3.2 Radan kunnon tunteminen

Radan kunnon tunteminen perustuu erityisesti RATO:n osissa 13 "Radan tarkastus", 14 "Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito" ja 15 "Radan kunnossapito" määritettyihin tarkastuksiin ja toimenpiteisiin. Radan kuntoa arvioitaessa on huomioitava myös kerätty historiatieto eri tarkastuksista ja mittauksista sekä toteutetuista kunnossapitotöistä, jotta ongelmatilanteissa osataan suunnitella oikeat ja riittävät toimenpiteet muodostuneen virheen korjaamiseksi. Usein historiatiedon ja peräkkäisten mittausten analysointi paljastaa tarkastelualueelta ongelmakohtia, joissa kunnossapitoa on jouduttu tekemään tiheämmin. Tyypillisiä ongelma-alueita ovat esimerkiksi pehmeikköalueet tai sillan siirtymäalueet.

Tärkeimpänä radan kunnon indikaattorina käytetään radantarkastusvaunujen (EMMA ja ELLI) tekemiä mittauksia, jotka tehdään pääraiteilla 2–6 kertaa vuodessa riippuen radan kunnossapitotasosta. Julkaisussa "Raiteen tarkastustulokset ja niiden tulkinta" on määritetty tarkemmin mitattavat suuret ja annettu ohjeita mittaustulosten sisällön analysointiin. Tarkastusvaunun mittauksia täydennetään muilla mittauksilla ja maastokatselmuksilla radanpidon ohjeiden mukaisesti. Pidemmällä aikavälillä käytetään hyödyksi myös radan pidon tilastoja ja rekistereitä.

Radan tarkastuksista laaditaan vuosittain yhteenvetoraportteja kunnossapito- ja korvausinvestointitarpeen arvioimista ja ohjaamista varten. Keskeisiä raportteja ovat mm. kevään ja syksyn tarkastusajojen loppuraportit sekä vuosittainen raportti, jossa analysoidaan rataverkon kunnon kehittymistä laajemmin.

Yksittäisestä tarkastusvaunun mittausajosta raportoidaan

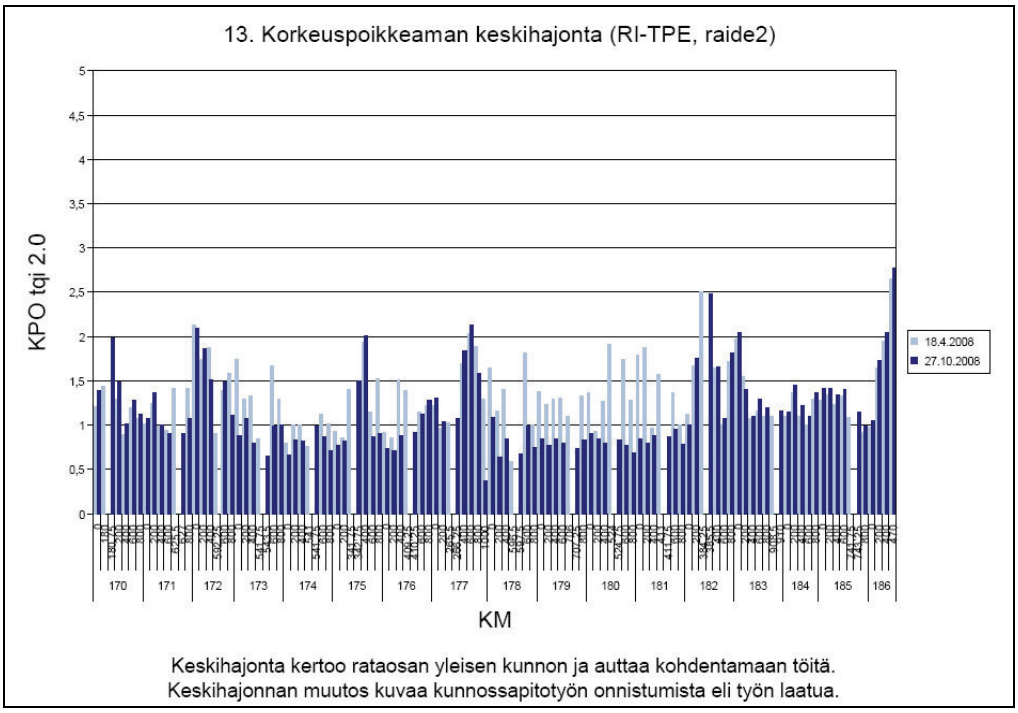
- tarkastuskäyrät mittaussuureista (mukana raja-arvot)
- virhelistaus C-, D-, ja *-luokan virheistä paikallistettuna km+m lukemalla
- kilometriyhteenveto, jossa on esitetty virheiden sijainti ja laatu sekä keskihajontaindeksien arvot 200 metrin osuuksille ja ratakilometrille
- kokonaisyhteenveto rataosuudelta (GKPT ja VKPT) vaihdeyhteenveto

Radantarkastusvaunun perustulosteissa mittaustulokset esitetään sovituilla mittakannoilla (esim. nuolikorkeus 20 metrin ja korkeuspoikkeama 5 metrin mittakannalla). Tarvittaessa tarkastusvaunun mittauksista voidaan tulostaa laskennalliset arvot myös mittakannoilla 12, 20, 35 ja 70 metriä eri suureille. Tämä voi tulla kyseeseen, kun halutaan tutkia esimerkiksi pidemmän aallonpituuden virheitä. (Radantarkastustulokset ja niiden tulkinta)

Tarkastusvaunujen mittaustulokset ohjaavat raiteen kunnossapidon suunnittelua ja ohjausta. Raidegeometrian kuntoa rataosalla kuvaavat erityisesti "Geometrisen kunnon palvelutaso" GKPT ja "Vaihteiden kunnon palvelutaso" VKPT. Nämä indeksit tuovat esiin ns. eristettyjen virheiden määrän ja laadun mitatulla rataosalla ja ne toimivat erityisesti liikenneturvallisuuden varmistavina indikaattoreina.

Tarkastusvaunun peräkkäisten mittausten vertailuun sekä geometrian tasalaatuisuuden arvosteluun soveltuvat hyvin tarkastusvaunun mittaustuloksissa esitettävät keskihajontaindeksit korkeuspoikkeamille (KPO5 ja KPV5), nuolikorkeusvirheille (NKO20r ja NKV20r) ja kallistusvirheelle (KALSr). Indeksit esitetään 200 metrin osuuksille ja koko ratakilometrille. Erityisesti korkeuspoikkeaman keskihajontaindeksit ohjaavat mm. läpituentatarpeen määritystä. Esimerkiksi 1AA radoille on esitetty kunnossapidon raja-arvot eri keskihajontaindekseille RATOn osassa 13.

Kuvassa 2 on esitetty Riihimäki–Tampere rataosan itäisen raiteen korkeuspoikkeaman keskihajontaindeksin vertailu ratakilometrivälillä 170–186 vuodelta 2008. Mittauksissa on vertailtu kevään ja syksyn EMMA-ajoja ja vertailu on esitetty rataosalle laaditussa vuosikaaviossa. Keskihajontaindeksin pieneneminen kuvaa toteutettua kunnossapitotyötä ja sen laatua.



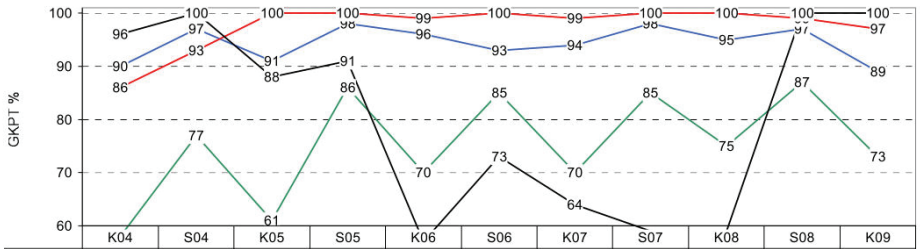
Kuva 2 *Keskihajontaindeksien vertailu Riihimäki–Tampere rataosan itäisellä raiteella kevään ja syksyn EMMA-ajoista. (Vuosikaavio Ri-Tpe 2008, Radan tarkastuspalvelut)*

Raiteentarkastusvaunun mittauksista on huomattava, että vaunu mittaa raidetta kuormitetussa tilassa. Tämän seurauksena mittaustuloksissa ei välttämättä näy kaikkia rakenteellisia ongelmia erityisesti, kun ongelma ei vaikuta välittömästi raidegeometriaan. Esimerkiksi liikennepaikan tulovaihdetta edeltävällä osuudella, jossa raiteeseen kohdistuu usein junan jar-

rutusvoimia, voi raiteeseen muodostua kiskon liikkumisen johdosta puristava jännitystila. Tällöin raide pyrkii puskemaan ilmaan raiteen ollessa kuormittamaton. Vaikka tarkastusvaunun tulosteessa ei näy virhettä, on rakenteessa tehtävä korjaustoimenpiteitä kiskon ankkuroinnin ja neutraloinnin suhteen.

Esimerkki 1: Rataosayhteenvedon tulkinta (EMMAn kevään 2009 loppuraportista)

Kuvassa 3 on esitetty Ylä-Savon alueen GKPT:n kehittyminen rataosilla Pieksämäki–Iisalmi (kuvassa Pm–Ilm), Pieksämäki–Joensuu (Pm–Jns), Viinijärvi–Siilinjärvi (Vnj–Sij) ja Huutokoski–Savonlinna (Hko–Sl).



	K04	S04	K05	S05	K06	S06	K07	S07	K08	S08	K09
PM-ILM	58	77	61	86	70	85	70	85	75	87	73
PM-JNS	90	97	91	98	96	93	94	98	95	97	89
VNJ-SIJ	86	93	100	100	99	100	99	100	100	99	97
HKO-SL	96	100	88	91	57	73	64	59	59	100	100

Kuva 3 *Radantarkastuspalveluiden laatiman loppuraportin kevään 2009 ajoista GKPT yhteenveto Ylä-Savon alueelta. GKPT-luvussa tavoitetulosta 100 % heikentävät tyydyttävät ja epätyydyttävät kilometrit.*

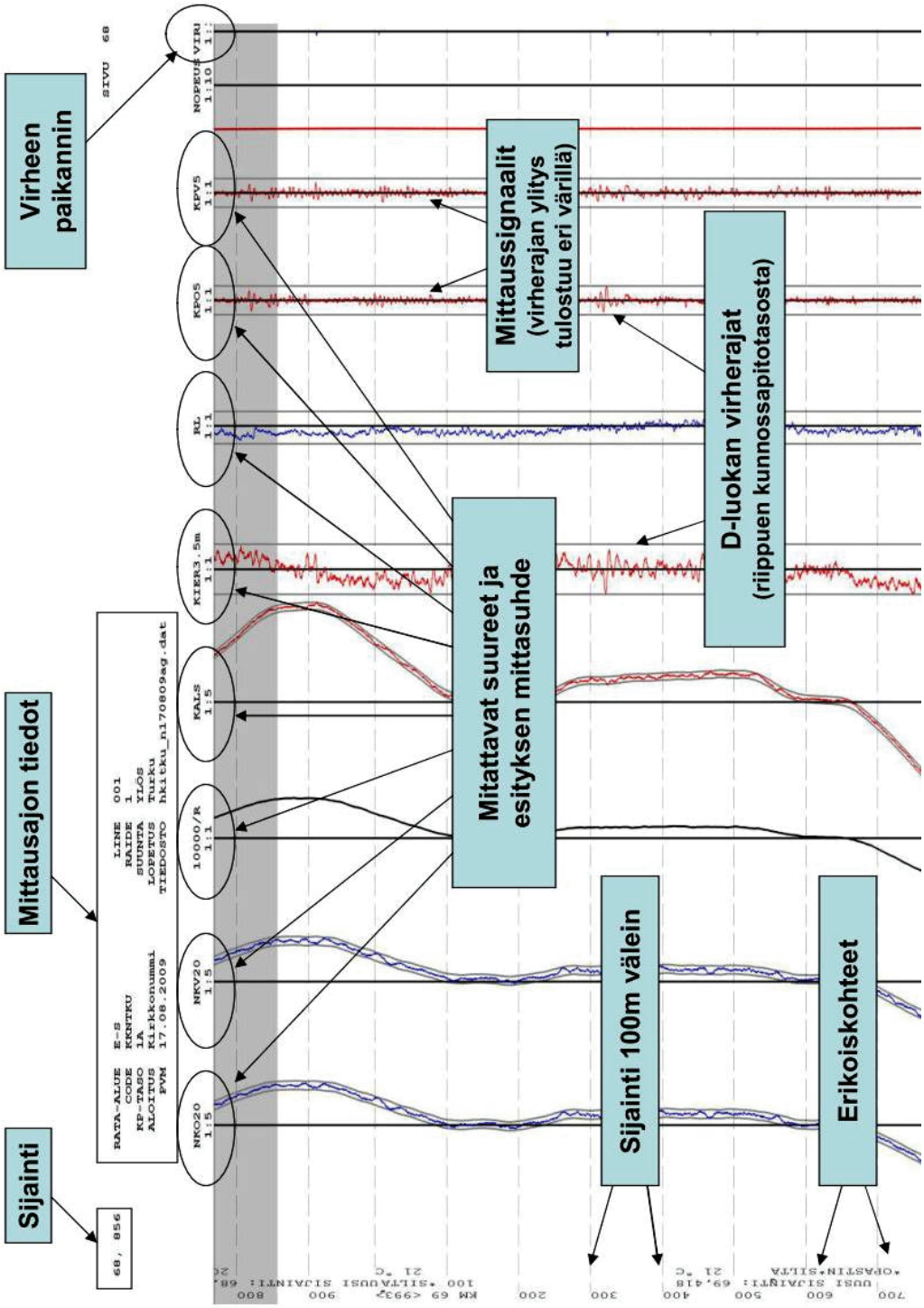
Esimerkistä voidaan havaita mm. seuraavaa

- Kevään mittausajo on tärkeä kunnossapitotöiden suunnittelulle, koska talven jälkeen sekä lumen ja roudan sulettua radan kunto on heikommillaan. Kunnossapidon tarpeelliset korjaukset tehdään kesän aikana, mikä näkyy syksyn mittauksen paremmissa tuloksissa.
- Pieksämäki–Iisalmi (kuvassa Pm–Ilm) välillä on jatkuvasti heikkoja GKPT arvoja erityisesti talven jälkeen. Tästä voidaan päätellä, ettei pelkällä tukemistyöllä saada raidetta pysymään suunnitellussa asemassa vaan työ on kohdennettava vian aiheuttajaan (tässä tapauksessa pääasiallinen syy on tukikerroksen heikko kunto).
- Pieksämäki–Joensuu (Pm–Jns) välillä GKPT arvot ovat pysyneet pääosin hyvällä tasolla mutta kevään 2009 ajossa on havaittavissa kunnon heikkenemistä (GKPT alle 90%).
- Huutokoski–Savonlinna (Hko–Sl) välillä on tehty päällysrakenteen uusimistyö kesällä 2008, minkä seurauksena GKPT on noussut uusimmissa mittauksissa maksimiarvoon.
- Viinijärvi–Siilinjärvi (Vnj–Sij) välillä on tehty päällysrakenteen uusimistyötä vuoden 2004 aikana, minkä jälkeen GKPT on pysynyt hyvällä tasolla.

GKPT kuvaa radan kuntoa rataosalle määritetyllä kunnossapitotasolla. Jos kunnossapitotasoa (ja liikennöintinopeutta) esimerkiksi laskettaisiin, paranisivat tulokset. Lisäksi on huomattava, että GKPT ei ole suoraan verrannollinen keskihajontaindeksiin (TQI-arvo), minkä seurauksena rataosan kokonaiskuntoa arvioitaessa tulee huomioida myös keskihajontaindeksien tulokset.

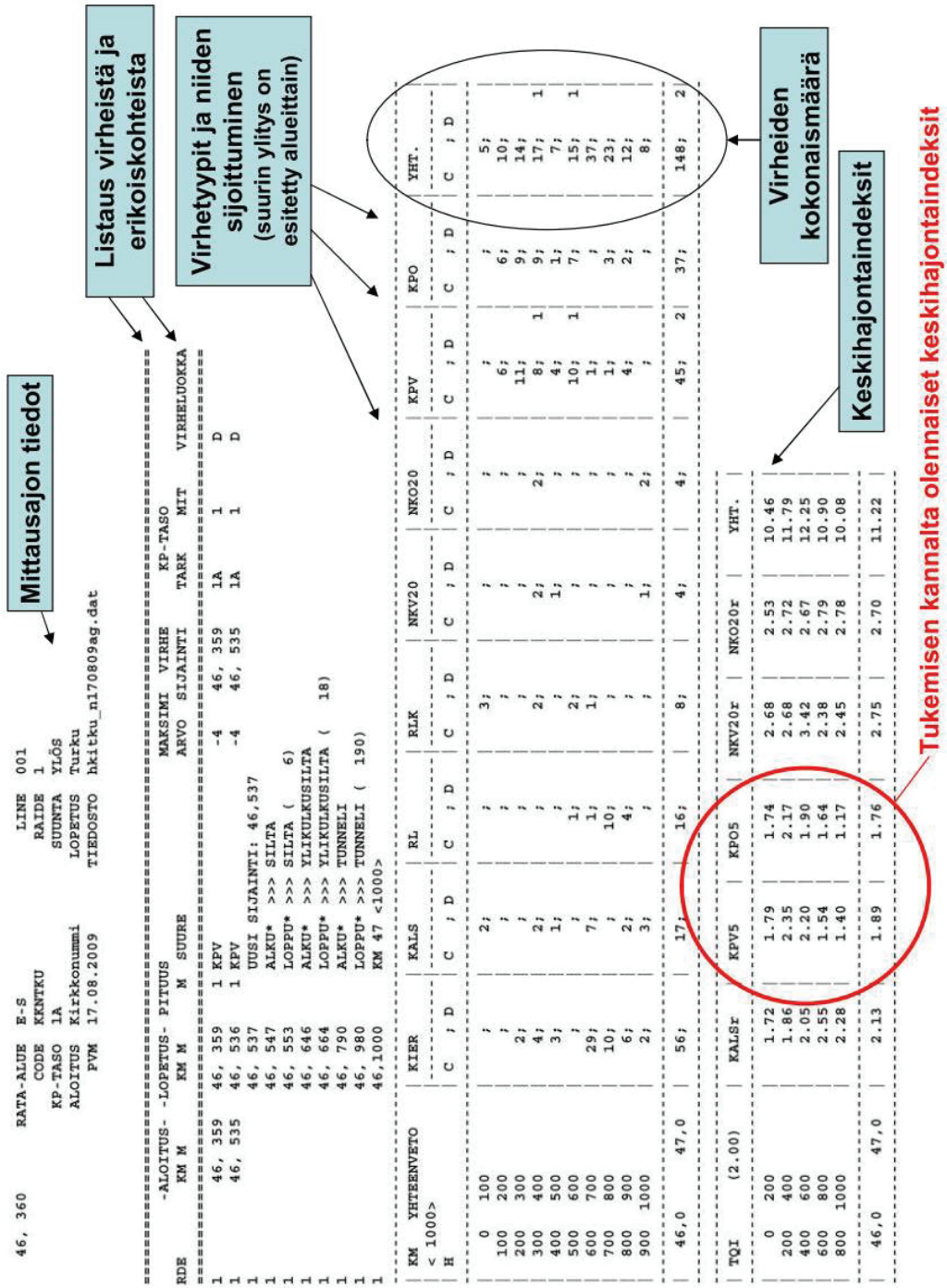
Esimerkki 2. Keskeisten tarkastustulosteiden sisältö

Kilometriyhteenvedot ja -listauksen sekä mittauskäyrien tulkinta on esitetty yksityiskohtaisesti julkaisussa "Radantarkastus tulokset ja niiden tulkinta". Kuvassa 4 on esitetty käyrätulosteen keskeinen sisältö.



Kuva 4 *Raiteentarkastusvaunu EMMA:n mittauksen käyrätulosteessa esitetyt asiat.*

Kuvassa 5 on esitetty kilometrilistauksen sisältö. Listaukseen tulostuvat havaitut virheet ja niiden sijainti, tyyppi ja suuruus sekä ja erikoiskohteet, kuten opastimet, sillat ja vaihteet. Virheiden osalta esitetään myös mitatun virheen mukainen kunnossapitotaso, jolla mittaus ei tulostuisi virheenä. Lopuksi esitetään keskihajontaindeksit kallistukselle korkeuspoikkeamille ja nuolikorkeuksille.



Kuva 5 *Kilometrin virhelistauksen sisältö ja kohteet*

3.3 Tukemistyön suunnittelu kunnossapitokohteessa

3.3.1 Tilanneanalyysi ja tukemistavan valinta

Perusperiaate on, että radantarkastuksissa esiintyvät pistemäiset virheet korjataan kunnossapitotuentoina, mikäli virhealue ei ole huomattavan laaja. Läpituentatarve määrittyy tyypillisesti tarkastelemalla radan kunnon kehittymistä pidemmällä aikavälillä. Läpituentatarpeen arvioinnissa tärkeä indikaattori on myös keskihajontaindeksi erityisesti korkeuspoikkeaman osalta. Läpituenta tarvitsee myös merkittävästi enemmän suunnittelutyötä ja resursseja verrattuna kunnossapitotuentaan.

Tarkastustuloksia arvioitaessa rata voidaan jakaa esimerkiksi neljään osaan seuraavasti

- sellaisenaan hyväksyttävät alueet
- kunnossapitotuentana korjattavat alueet
- läpituentana korjattavat alueet
- alueet joilla on tehtävä muita toimenpiteitä ongelman korjaamiseksi

Jaon jälkeen on yhteen sovitettava muodostuneet kunnossapito- ja läpituenta-alueet päällekkäisyyksien osalta keskenään. Tukemistyöt tulee sovittaa yhteen myös muiden kunnossapito- ja rakennustöiden osalta alueella (esim. perusparannukset).

Läpi- ja kunnossapitotuennan suunnittelun yhteydessä on aina huomioitava työn vaikutus ajolangan suhteelliseen sijaintiin sähköistetyillä rataosilla (erityisesti kallistusmuutos kaarteessa) sekä nostojen ja sivusiirtojen aiheuttama muutos kiskon neutraalilämpötilaan.

Seuraavassa on esitetty suunnittelun eteneminen eri työtapojen osalta.

Kunnossapitotuennat

Tilanneanalyysi koskee erityisesti radan tarkastuksissa esiintyviä virheitä, joiden osalta vaaditaan mahdollisesti nopeitakin toimia liikennöintiturvallisuuden varmistamiseksi. Tilanneanalyysin avulla haetaan vastaukset alla esitettyihin kysymyksiin. Analyysin tavoitteena on saada arvioitua virheen luonne ja määritettyä alustavasti korjaamisen edellyttämät toimenpiteet ja resurssit.

Tilanneanalyysin kysymykset:

- **Mitä** on tapahtunut?
- **Missä** virhe on muodostunut?
- **Miksi** virhe on muodostunut?
- **Mikä** on virheen syntymekanismi?
- **Miten** virhe korjataan?
- **Millä** virhe korjataan?
- **Milloin** virhe korjataan?
- **Kuinka** virhe vaikuttaa liikennöintiin?

Yleisesti raidegeometrian kunnossapitotyössä muutamat virheet saattavat toistua useasti. Geometrian pysyvyyden kannalta ongelmallisia ovat esimerkiksi pehmeikköalueet ja siltojen siirtymäalueet, joissa kunnossapitotöitä voidaan joutua tekemään useammin. Virheitä esiintyy yleisesti myös alueilla, joilla kuivatusjärjestelmä ei ole toiminnallinen ja rakenteessa on jatkuvasti vettä. Toistuva tukeminen taas osaltaan rikkoo tukikerrosta, mikä osaltaan pahentaa ongelmaa näillä virhealueilla. Mahdollisuuksien mukaan tulisi pyrkiä ratkaisemaan ongelman aiheuttaja tukemisen sijaan.

Esimerkki 3: Tilanneanalyysin tekeminen

Taulukossa 3 on esitetty radantarkastuksessa esiintynyt virhe ja sen aiheuttama tilanneanalyysi. Päättelyn avulla on saatu määritettyä vian syy ja alustavasti tarvittavat resurssit sekä aikataulu työn toteutukselle.

Taulukko 3 *Esimerkki tilanneanalyysin tekemisestä ja tuloksista*

Esitettäviä kysymyksiä	**Vastaukset esimerkkikohteessa**
Mitä on tapahtunut?	D-luokan virhettä nuolikorkeudessa (vasen ja oikea)
Missä virhe on muodostunut?	Virhealue on noin 100 metrin pituinen ja sijaitsee kaarrealueella. Km+m on tiedossa.
Miksi virhe on muodostunut?	Tiedetään, että alueella on pehmeikkö (virhe on toistunut useamminkin).
Mikä on virheen syntymekanismi?	Painuma pehmeikköalueella.
Miten virhe korjataan?	Koko kaarrealue on tuettava kunnossapitotuentana. Myös lisäsepelöintiä tarvitaan ja tukikerros on muotoiltava sepelöinnin jälkeen.
Millä virhe korjataan?	Tukemiskone, sepelöintiyksikkö, sepeliaura ja työryhmä
Milloin virhe korjataan?	Maastokäynti on tehtävä ja kohde on otettava kunnossapitosuunnitelmaan. Työ on toteutettava 1 kk sisällä.
Kuinka virhe vaikuttaa liikennöintiin?	Ei välitöntä vaikutusta, mutta aluetta on seurattava.

Läpituennat

Läpituennalla voidaan korjata mm. systemaattisesti esiintyviä tai pidemmän aallonpituuden virheitä pidemmän yhtäjaksoisen tukemisalueen ansiosta. Läpituennan tavoitteena tulee aina olla yhtenäisen suunnitellun raidegeometrian saavuttaminen, mikä edellyttää lähtökohtaisesti tarkkaa suunnittelua erityisesti nosto- ja sivusiirtoarvojen sekä työn edellyttämien valmistelujen osalta. Suunnittelussa on huomioitava, kuinka tuenta tehdään esimerkiksi tasoristeysten, vaihteiden ja siltojen alueella. Erityisesti on huolehdittava, että läpituennassa nostojen suuruus pysyy 20–50 mm välisellä alueella. Tämä edellyttää usein enemmän painuneiden alueiden erillistä nostoa kunnossapitotuentana sekä mahdollista stabilointia ennen varsinaista läpituentaa.
Läpituennan suunnittelussa on olennaista kerätä historiatietoa tehdyistä kunnossapitotöistä sekä esiintyneistä ongelmista. Usein tukemisalueella esiintyy pistemäisiä kohteita, joissa kunnossapitotyötä joudutaan tekemään useammin suuremman dynaamisen kuormituksen

seurauksena. Läpituennan yhteydessä toimenpiteet tulisi suunnitella siten, että riittävät ratkaisut löydetään myös näille ongelma-alueille.

3.3.2 Tukemismenetelmän valinta

Tukemismenetelmän valinta on riippuvainen ensisijaisesti rataosan kunnossapitotasosta ja tuettavan kohteen laajuudesta.

Korkean kunnossapitotason 1, 1A ja 1AA radat

Tukemistyössä tulee käyttää tarkkuusmenetelmää suunnitelman mukaisen raidegeometrian ylläpitämiseksi. Radanpitäjä voi rataosakohtaisesti (tai yksittäisellä rataosuudella, esim. tunnelissa) vaatia raidegeometrian ylläpitämistä ns. absoluuttisessa geometriassa, jolloin tukemistyön tulee aina perustua tarkkuusmenetelmään.

Suhteellisella menetelmällä tehtävä kunnossapitotuenta sallitaan pistemäisissä kohteissa, kun korjataan raiteentarkastuksessa esille tulleita kiireellisiä virheitä.

Kunnossapitotason 2, 3 ja 4 radat

Raiteen suurimman nopeuden ollessa yli 120 km/h tulee lähtökohtaisesti käyttää tarkkuusmenetelmää suunnitelman mukaisen raidegeometrian ylläpitämiseksi. Lisäksi kohteissa, joissa raidegeometrian toleranssit ovat pienet, tulee käyttää tarkkuusmenetelmää (esimerkiksi geometrian pakkopisteet tasoristeyksissä, silloilla ja laiturialueilla).

Suhteellisella menetelmällä tehtävä kunnossapitotuenta sallitaan pistemäisissä kohteissa.

Kunnossapitotason 5 ja 6 radat

Suhteellisella menetelmällä tehtävät kunnossapitotuennat ovat pääasiallisesti riittäviä. Tukemistöissä tulee kuitenkin seurata geometrian kehittymistä erityisesti kaarrealueilla. Tarkkuusmenetelmää tulee tarvittaessa käyttää alueilla, joissa raidegeometrian toleranssit ovat esim. aukean tilan ulottuman takia pieniä kiinteiden esteiden läheisyydessä.

3.3.3 Tukemistyön ajoittaminen

Tukemistyön ajoittaminen on riippuvainen mm.

- muodostuneen virheen vakavuudesta (C, D, vai *-luokka) → työn kiireellisyys
- käytössä olevista resursseista (koneille määritellään tarvittaessa suoritusjärjestys)
- saatavissa olevista ratavarauksista (ratatyö, liikenneraot)
- tarvittavista esitöistä ja niiden kestosta
- sääolosuhteista (erityisesti keväällä ja kuumina kesäpäivinä)
- muista kunnossapitotöistä alueella (yhteensovittaminen)
- työlle tarvittavista luvista

Työn kiireellisyys on erityisesti riippuvainen virheen suuruudesta. Tätä varten on radantarkastusvaunun mittauksissa virheet lajiteltu vakavuuden mukaan seuraaviin luokkiin (RATO 13 "Radan tarkastus"):

- **C-luokan virhe** on alkava virhe
- **D-luokan virhe** on sisällytettävä kunnossapitosuunnitelmaan ja korjattava lähitulevaisuudessa
- ***-luokan virhe** on välittömästi korjattava virhe

Mikäli D-luokan virheitä on useampia lyhyellä matkalla (esim. noin 100 metriä), tämä saattaa aiheuttaa kaluston kulkuun epästabiilia kulkua. Kyseiset alueet tulee priorisoida kunnossapitosuunnitelmassa.

Tukemistyöt tulee yhteen sovittaa muiden rataosalla tai kunnossapitoalueella tehtävien kunnossapito- tai korjaustöiden kanssa. Erityisesti kiireettömissä tapauksissa tukemistöitä kannattaa niputtaa yhdelle aikavälille, jotta optimoidaan resurssikäyttöä ja ratakapasiteetin käyttöä. Lisäksi työn suunnittelulle ja esitöiden toteuttamiselle tulee varata riittävästi aikaa.

Ajoituksessa on huomioitava myös mm. melu- tai pölyhaittaan tarvittavat luvat. Mikäli työalueeseen sisältyy tasoristeyksiä, on kansirakenteiden puruista tiedotettava paikallisia viranomaisia. Mikäli kantta ei pureta, on varmistettava riittävä liikenteen ohjaus tasoristeyksillä.

Tukemistyön ajankohdasta on huomioitava, että tukemistyötä tulee välttää liian aikaisin keväällä. Tällöin routa ei ole välttämättä sulanut eikä tukemistyöllä välttämättä saavuteta pysyvää raiteen asemaa. Lisäksi kevään aikana kiskon lämpötila vaihtelee merkittävästi, minkä seurauksena riski hellekäyrään on suurempi.

3.3.4 Tukemisalueen määrittely

Tuettava alue määritetään pääsääntöisesti raiteentarkastusvaunun mittaustulosten perusteella (erityisesti kunnossapitotuenta). Tukemisalueen määrityksessä on huomioitava mahdollisuuksien mukaan, että

- koko virhealue saadaan tuettua (ns. "nollasta nollaan" periaate)
- aloitus- ja lopetuskohdalla ei ole vaaka- tai pystysuuntaisia virheitä ja kallistus on paikallisen geometrian mukainen
- alku- ja loppuviisteet eivät sijoitu siirtymäkaaren alueelle tai vaihteeseen (erityisesti siirtymäkaari tulisi tukea aina kokonaisuudessaan)
- tehtävien muutosten suuruus on kohtuullinen suhteessa käytössä olevaan työskentelyaikaan
- esityöt saadaan toteutettua ennen tukemista koko tukemisalueella (mm. tasoristeysten kansirakenteen purkaminen, mittaukset)
- läpituentojen osalta on eroteltava alueet, joilla on tehtävä esituentaa, jotta läpituentavaiheessa nostot pysyvät tasaisina 20–50 mm

Tarvittavien alku- ja loppuviisteiden pituus on riippuvainen noston suuruudesta. Viisteiden kaltevuus tulee olla noin 1:1000. Yksittäinen korkeuspoikkeama (painuma) esimerkiksi eristysjatkoksen kohdalla voidaan tukea ilman alku- ja loppuviisteitä.
Yksittäisen tukemisalueen määrityksessä on huomioitava käytössä olevan koneen ominaisuudet ja suorite sekä se minkä tyyppistä virhettä korjataan. Esimerkiksi pitkän kaaren kallistusvirheen poistaminen edellyttää tukemisaluetta, jossa tuetaan koko kaari, siirtymäkaaret sekä alku- ja loppuviisteet. Kyseinen työ vaatii myös pidemmän työraon.

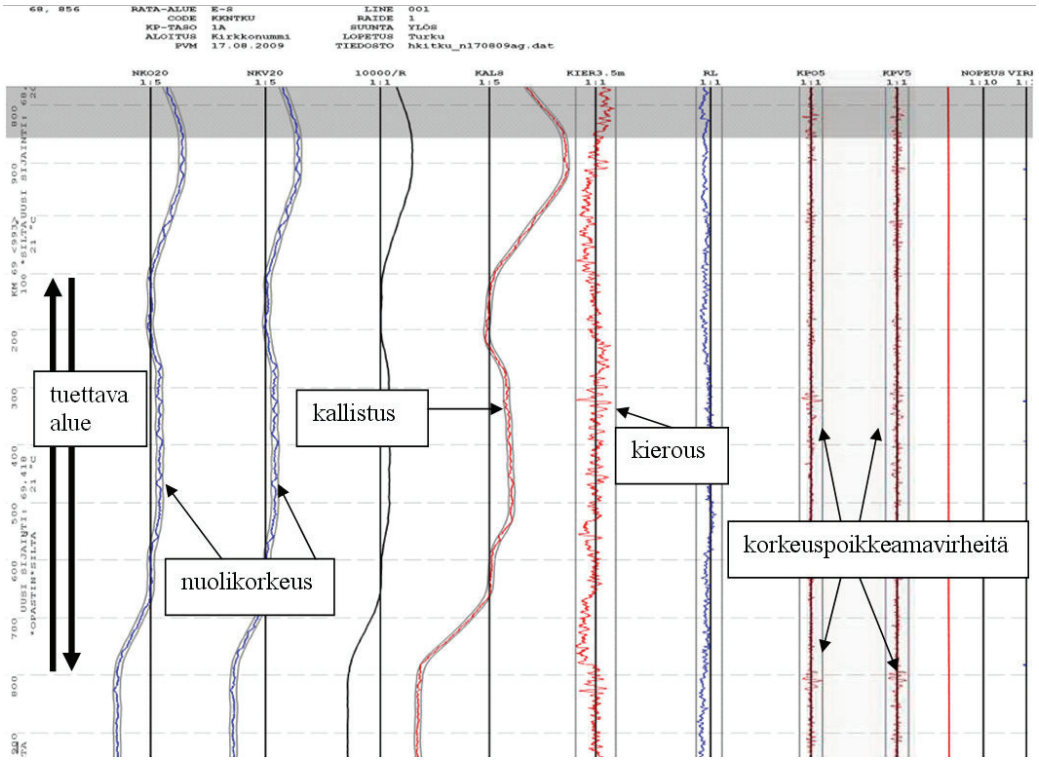
Vaihteiden osalta tukemisalueen määrityksessä on huomioitava mm. seuraavat asiat

- vaihdealueeseen kuuluvat vaihde sekä etäisyys V/2 (metriä) etu- tai takajatkoksesta (huomioitava erityisesti linjatukemisen rajoitteena)
- mikäli vaihteen etu- tai takajatkos liittyy suoraan siirtymäkaareen, on vaihteen tuennan yhteydessä tuettava myös ao. siirtymäkaari
- toisiinsa liittyvät vaihteet (esim. peräkkäiset vaihteet raiteenvaihtopaikalla) on kartoitettava aina samalla kertaa (tehtävästä muutoksesta riippuen voi olla tarpeen tukea kaikki toisiinsa liittyvät vaihteet)
- jos tukemisalueeseen liittyy useita vaihteita, on työsuunnitelmassa yksiselitteisesti esitettävä tukemisjärjestys (jos vaihteet ovat rinnakkain, niin suuremman noston omaava vaihde nostetaan ensiksi)
- viisteet eivät saa ulottua seuraavien lähimpien vaihteiden vaihdealueille

Tukemistyötä varten on koottava määritetyltä alueelta tiedot sellaisista epäjatkuvuuskohdista, joilla on merkitystä työn suorittamiseen tai lopputulokseen. Epäjatkuvuuskohtia ovat mm. kiskopainon muutos, pölkkytyypin muutos ja tukikerrokseton rakenne. Mikäli työalue rajautuu tukikerroksettomaan rakenteeseen, on nuottien yhteydessä tarvittaessa käytettävä ns. teoreettisia jatkeita, joilla varmistetaan oikeat nostot rakenteen läheisyydessä.

Esimerkki 4: Tukemisalueen määrittäminen radantarkastusvaunun mittaustulosteen avulla (kunnossapitotuenta)

Tukemisalueen määrityksessä keskeinen työkalu on radantarkastusvaunun mittauksen käyrätuloste. Kuvassa 6 on esitetty toteutetulle kunnossapitotyölle määritetty tukemisalue.



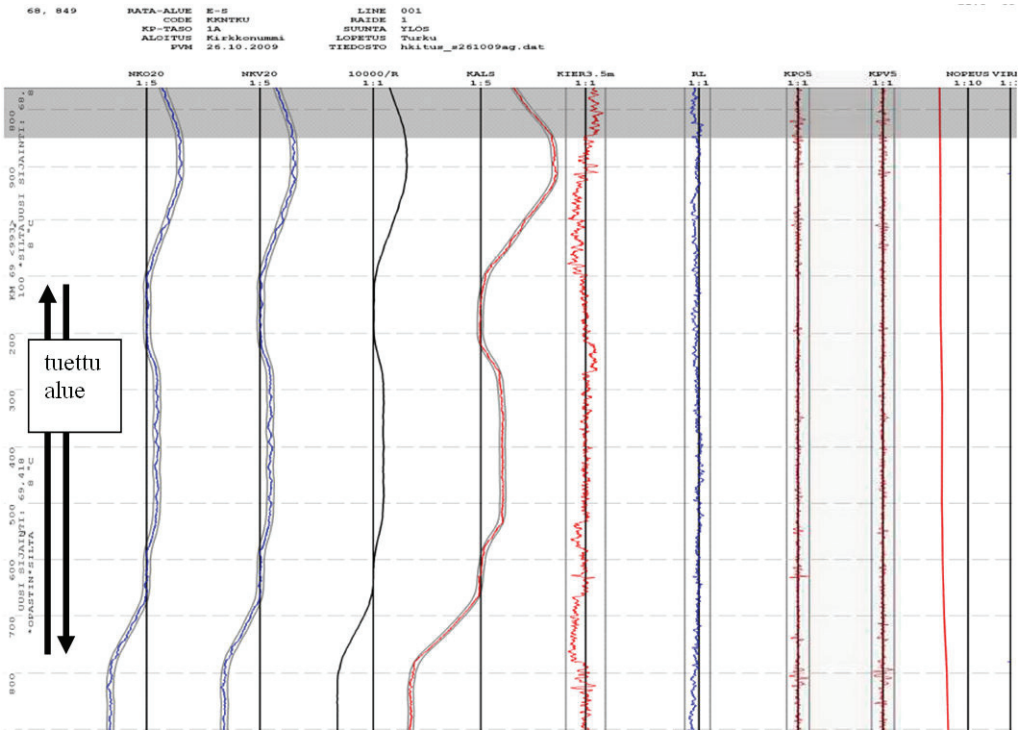
Kuva 6 *Käyrätulosteen avulla määritetty tukemisalue ja keskeiset syyt alueen määrittämiseen.*

Kuvassa 6 esitetyn tukemisalueen keskeiset valintaperusteet olivat

- alueella on ollut kehittyviä nuolikorkeus ja korkeuspoikkeamavirheitä
- kaarteen kallistus ei ole ollut tasainen ja myös kieroudessa on ollut virhettä

Tukemisalue on määritetty alkamaan suoralta ja päättymään viimeisen siirtymäkaaren jälkeen kaarteeseen.

Tukemistyö tehtiin linjatukemiskoneella Ttk1-823 (ns. kahden pölkyn satelliitti) lokakuussa 2009. Kuvassa 7 on esitetty EMMAn seuraavan tarkastusajon mittaustuloste tukemisalueelta työn jälkeen. Nuolikorkeus ja korkeuspoikkeama on saatu työalueella laadukkaiksi. Lisäksi työllä on saavutettu tasainen kallistus kaarteessa ja kierousvirhe on poistunut hyvin.



Kuva 7 *Käyrätuloste tukemisen jälkeen alueella*

3.3.5 Tukemistyön edellyttämät mittaukset

Tarkkuusmenetelmällä tehtävää tukemistyötä varten on mitattava raiteen nykyinen sijainti ja laadittava nuotitus tavoitteellisen (tai absoluuttisen) geometrian mukaisesti. Nuotitus on tarpeen esimerkiksi, kun raide ei ole geometrisessa asemassaan, tuetaan vaihde, tuenta päättyy kiinteään esteeseen tai laajempi tukemistyö kohdistuu korkean kunnossapitotason radoille.

Mittauksia laadittaessa on huomioitava erityisesti seuraavat tukemistyömenetelmästä johtuvat rajoitukset:

- perusnoston tulee olla vähintään 20 mm
- suurempi nosto voi olla tarpeen kaarteissa kallistusvirheiden korjauksessa
- maksiminoston tulisi olla läpituennassa 50 mm ja kunnossapitotuennassa 70 mm
- enemmän painuneet alueet on läpituennan osalta nostettava etukäteen kunnossapitotuentana ja tarvittaessa stabiloitava (stabilisaattorin vaikutus on huomioitava kappaleen 3.3.8 "Stabilointitarpeen arviointi" mukaisesti)
- sivusiirron maksimi 40 mm ilman kiskon neutralointia (huomioitava myös mahdolliset aikaisemmat sivusiirrot, jotka ovat voineet muuttaa neutraalilämpötilaa)
- raiteen sivusiirron ja kallistuksen vaikutus ajolangan sijaintiin suhteessa raiteeseen (kallistuksen muutos vaikuttaa noin nelinkertaisesti ajolangan suhteelliseen sijaintiin)

Tukemiskoneelle laadittavassa nuotituksessa esitetään vähintään seuraavat tiedot:

- rataosa ja tukemistyön aloituspiste
- geometrian muutospisteet ja geometrian tiedot
- geometrian pakkopisteet (sillat, tasoristeykset, jne)
- nostot ja sivusiirrot suoralla ja kaarteissa 20 metrin välein
- nostot ja sivusiirrot tarvittaessa tiheämmin esimerkiksi laiturialueella ja vaihteissa
- mahdollisten laserpisteiden paikat olosuhteista riippuen enintään 200 - 280 metrin välein

Aloituspiste merkitään maastoon maalausten ja tarvittaessa lisäksi mittakeppien avulla. Maalaukset tehdään tukikerrokseen heijastavalla maalilla, josta merkintä "sekoittuu" tukemistyön yhteydessä. Merkintöjä ei tule pölkkyyn, josta ne eivät poistu tukemistyön jälkeen. Mikäli raiteessa on selkeä pituusmitta maalattuna esimerkiksi kiskon varteen, aloituskohtaa ei ole välttämätön merkitä.

Mikäli tukemisalueella on pystysuuntaisia taitteita geometrian pakkopisteiden (esimerkiksi vaihdealueen, tasoristeyksen tai sillan) kohdalla, on nuotituksen suunnittelun yhteydessä laskettava tukemiskonetta varten ns. teoreettiset jatkeet. Teoreettiset jatkeet mahdollistavat, että suunnitellut nostoarvot toteutuvat kohteessa koneen työmenetelmällä. Jatkeen pituus määritellään konekohtaisesti.

Kun nuotitusta tehdään läpituentaa varten, on otettava huomioon olemassa olevat poikkeamat hyväksyttyyn ja voimassa olevaan pituusleikkaukseen nähden. Tieto läpituennan jälkeisestä korkeusviivasta päivitetään rataprofiiliin. (RATO 15).

Geometrian toleranssit laiturialueella on esitetty RATO:n osassa 16 "Väylät ja laiturit".

3.3.6 Tukemistyön edellyttämien esitöiden määrittäminen

- Tukikerrosmateriaalin kunto tulee olla riittävän hyvä, jotta tukikerroksessa aiheutuu pysyvä uudelleenjärjestäytyminen ja tiivistyminen pölkyn alapuolella tukemisen vaikutuksesta. Korkea hienoainespitoisuus ja sepelin pienentynyt raekoko heikentävät merkittävästi tukemistuloksen pysyvyyttä.

- Tukikerrosmateriaalia tulee olla riittävästi tukemistyötä varten. Tukemistyötä suunniteltaessa on tarkastettava lisäsepelöinnin tarve huomioiden myös tukemisessa tehtävien nostojen suuruus. Vaatimusten mukaisessa tukikerroksessa sepeli riittää noin 50 mm nostoon. Tukemistyön jälkeen tukikerros tulee täydentää siten, että se on pölkyn alueella pölkyn yläpinnan tasolla. Tukikerroksen leveyden ja rakenteen reunoille muotoiltavan palteen on oltava määräysten mukaiset (ei koske ratapihoja tms).

- Tukemisalueella tulee selvittää onko tukemiselle esteitä johtuen esimerkiksi ohuesta tukikerroksesta sillalla. Esteen kohdalla tukeminen voi rikkoa kohteen rakennetta ja/tai konetta.

- Tukeminen siirtymäalueilla esim. silloille, kiintoraiderakenteille tai vaaoille tulee suunnitella tarkasti huomioiden tarvittavat korjausarvot (ns. teoreettiset jatkeet) tukemiskoneelle.
- Pölkkyjen ja kiskonkiinnitysten tulee olla riittävän hyvässä kunnossa ja kiinnitykset tulee tarvittaessa kiristää, jotta tuettaessa myös pölkky nousee kiskosta nostettaessa. Muutoin pölkky ja/tai tukemiskone voivat vikaantua.

- Pölkkyväli ja pölkkyjen kohtisuoruus raiteessa tulee tarkastaa. Pölkkyvälin tulisi olla vakio (yleensä noin 61 cm) jatkuvakiskoraiteilla. Lyhyt- ja pitkäkiskoraiteilla

on huomioitava tiheämpi pölkkyväli kiskonjatkosalueella RATO 11 "Radan päällysrakenne" mukaisesti. Välin vaihtelu sekä vinot pölkyt voivat hidastaa tukemistyötä merkittävästi. Linjatukemiskoneilla, jotka tukevat useampia pölkkyjä kerrallaan ja joissa tukemishakkuja ei voida kääntää tai tukemisyksikköjä erottaa toisistaan tukemistyö voi myös estyä.

- Tukemissyvyys tulee määrittää siten, että tukemishakun yläreuna asettuu 15–20 mm pölkyn alapuolelle (liite 1). Pitkällä tukemisalueella tulee syvyys tarkastaa pölkkytyypin muuttuessa. Myös betonipölkyn alapintaan mahdollisesti kiinnitetty pohjain on huomioitava.

- Kiskon kulkupinnan tulee olla riittävän hyvässä kunnossa. Merkittävästi kulunut kisko voi johtaa mittauslaitteistoissa virheellisiin tulkintoihin ja pahimmassa tapauksessa mittauslaitteiston suistumiseen ja vaurioitumiseen.

- Tukemisalueella tulee päällysrakenteesta purkaa työn ajaksi kaikki tukemistyön estävät rakenteet. Näitä ovat mm.
  - tasoristeysten kansirakenteet
  - akselinlaskijoihin liittyvät laitteet raiteessa (ei saa tukea 10 m lähemmäksi)
  - kuumakäynti-ilmaisimiin liittyvät laitteet raiteessa
  - pyörävoimailmaisimiin liittyvät laitteet raiteessa
  - eristysjatkokselle mahdollisesti tehty levynosto (painuman väliaikainen korjaus) ja jatkosten yhdyskaapelin suojaputki tai -levy

- Tukikerrokseen sijoitettujen kaapeleiden tulee olla merkitty riittävän selkeästi. Ensisijaisesti kaapelit tulisi olla sijoitettuna pölkkyihin, joissa on läpivienti tai reilusti tukemissyvyyden alapuolelle.

- Sääolosuhteiden tulee olla kunnossa tukemistyön aikana. Tukemistyötä ei voida tehdä esimerkiksi jäätyneessä tukikerroksessa tai kuumina kesäpäivinä. Erityisesti jatkuvakiskoraiteilla on lämpötilarajoitukset otettava huomioon, koska löyhtyneessä tukikerroksessa hellekäyrän riski tai talvella kaaren siirtyminen sisäänpäin kasvavat merkittävästi! Suositeltava lämpötilaväli (kiskon varresta mitattuna) on tukemistyölle +5...+27 °C. Työssä on lisäksi huomioitava jatkuvakiskoraiteen neutraalilämpötilasta aiheutuvat rajoitukset.

- Tukemistyön suunnittelussa tulee huomioida työtä rajoittavat geometrian pakkopisteet, kuten laiturirakenteet, tasoristeykset ja sillat.

- Vaihdealueella tulee selvittää vaihteiden nykyinen kunto. Erityisen olennaista on tietää onko vaihdetta kiilattu esimerkiksi risteysalueelta taipuneiden pölkkyjen johdosta. Tarvittaessa on sovittava alueen vaihdemestarin kanssa riittävistä korjaustoimenpiteistä ennen tukemista.

- Tukemistyössä on noudatettava raidegeometrian muutospisteitä ja tukemiskoneessa tulee aina olla ajantasaiset raidegeometriatiedot. Suunnitteluvaiheessa on varmistettava, että erityisesti siirtymäkaari alkaa (SA) ja siirtymäkaari päättyy (SL) pisteet paikannetaan tukemistyössä oikein maastomerkinnöistä tai muilla tavoin. Muutoin raidegeometriaan syntyy helposti sivusiirtoja ja poikkeamia, jotka toistuessaan aiheuttavat geometrian "vaeltamisen".

- Tasoristeyskannen purkua varten tulee anoa lupa yleisillä teillä tieviranomaiselta ja kaduilla paikalliselta viranomaiselta. Purkamisesta on tiedotettava poliisia ja pelastusviranomaisia.

- Taajama-alueella tms. on varmistettava, että tukemiselle ja siihen liittyville muille töille saadaan luvat melu- ja/tai pölyhaitasta paikallisten viranomaisten kanssa. Erityisesti sepelinlastaus aiheuttaa merkittävästi melu- ja pölyhaittaa.

3.3.7 Sepelöintitarpeen arviointi

Tukemiseen liittyen sepelöintitarve muodostuu mahdollisesti olemassa olevasta sekä tukemistyössä tehtävien nostojen aiheuttamasta vajeesta. Tukikerroksen vajetta arvioitaessa on tukikerroksen osalta tarkastettava erityisesti seuraavat asiat:

- Pölkkyjen alueella sepelitukikerroksen tulee olla pölkyn yläpinnan tasolla.

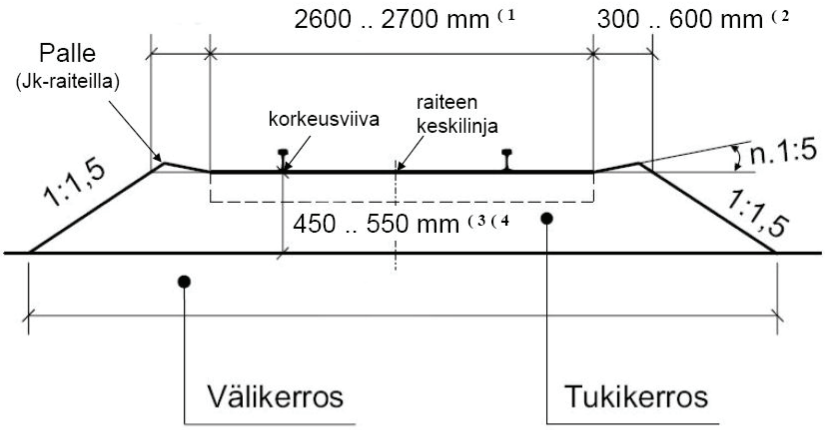
- Pölkyn päätyjen molemmilla puolilla tulee olla riittävällä etäisyydellä sepeliä. Etäisyys riippuu mm. raiteen suurimmasta nopeudesta, kiskotuksesta ja tukikerrosmateriaalista. (RATO 11 "Radan päällysrakenne")

- Jatkuvakiskoraiteilla tulee tukikerroksen reuna-alueilla olla oikein muotoiltu ja riittävä palle, joka lisää päällysrakenteen sivuttaisvastusta. Ratapihoilla tai vaihteiden yhteydessä palletta ei käytetä.

Sepelöintityötä varten tulee varata riittävästi sepeliä, jotta työ saadaan tehtyä sille määritellyssä työraossa. Kun raide on ennen tukemistyötä RATO:n osan 11 mukaisessa poikkileikkauksessa, riittää sepeli noin 50 mm nostoihin.

Mikäli nostot ovat suurempia tai tukikerros on vajaa, on tehtävä täydennyssepelöintiä ennen tukemistyötä. Sepelöintitarvetta voidaan arvioida nostojen perusteella. Sepelöinnissä on huomattava, että liiallinen sepeli pölkyn päällä hidastaa tukemistyötä. Lisäksi pölkyt vaurioituvat helposti, kun tukemisyksikön ohjaaja ei näe pölkkyjä sepelin alta. Vaihteentuennassa liika sepelöinti myös rasittaa tarpeettomasti vaihteen kiinnitysosia noston yhteydessä.

Kuvassa 13 on esitetty tukikerroksen keskeiset mitat suoralla raiteella. Kaarteessa raide on kallistettu korkeusviivan suhteen (korkeusviiva on kaarteessa aina sisäkiskon puolella), jolla kohtaa tukikerroksen tulee olla määräysten mukaisessa paksuudessa. Tarkempi mitoitus on esitetty RATO:n osassa 11 "Radan päällysrakenne". Tukikerroksen poikkileikkaus voi olla määritetty RATO:n osan 11 normaalipoikkileikkauksista poikkeavasti kohteen suunnitelma-asiakirjoissa.



1) Betonipölkyn pituus on 2600 mm, puupölkyn 2700 mm
2) Etäisyys pölkyn päästä on riippuvainen kiskotuksesta, tukikerrosmateriaalista ja raiteen suurimmasta nopeudesta
3) Tukikerroksen paksuus on riippuvainen mm. pölkkytyypistä ja muista rakenteista (esim. vaihteessa aina 550 mm)
4) Vajaa tukikerros (minimi 350 mm) voi rajoittaa nopeutta ja akselipainoa. Vajaa tukikerros on huomioitava tuennan suunnittelussa mikäli alla on kiinteä esim. siltarakenne

Kuva 8 *Tukikerroksen keskeiset mitat suoralla ratalinjalla. Mitoitusperiaatteet on määritetty tarkemmin RATO:n osassa 11 "Radan päällysrakenne".*

Sepelöintityön ajoituksesta tulee huomioida seuraavat seikat (Päällysrakennetöiden yleinen työselitys):

- Kun raiteen suurin nopeus on maksimissaan 160 km/h, sepelöintityötä voidaan tehdä yhtenäistetysti useammalla tukemisalueella etukäteen esimerkiksi tulevia kunnossapitotuentoja varten. Sepelöintityötä voidaan tehdä myös jälkikäteen lyhyiden kunnossapitotuentojen osalta, mutta tällöin on varmistuttava, että tukikerroksen mitat ovat riittävät tukemisen jälkeen.

- Nopean liikenteen radoilla (yli 160 km/h) sepelöinti tulee tehdä samassa työraossa tukemisen ja tukikerroksen muotoilun kanssa. Mikäli tämä ei ole mahdollista, voidaan sepeliä lisätä avorataosuuksilla tukikerroksen reunoille, josta se on siirrettävissä sepeliauralla vajaisiin kohtiin tukemisen yhteydessä (riippuen nostojen suuruudesta ennen tai jälkeen). Etukäteen sepelöitäessä on huolehdittava, että pölkkyalueelle ei jää irtokiviä.

- Tunnelissa sepelöinti on suositeltavaa toteuttaa tukemistyön yhteydessä samassa työraossa. Mikäli sepelöinti tehdään eri työraossa (tukemistyön jälkeen), tulee tukikerros muotoilla määräysten mukaiseksi sepelöinnin yhteydessä (pölkyn päällä ei ole irtokiviä ja tukikerroksen yläpinnan taso on enintään pölkyn yläpinnan tasossa). Tunnelissa on lisäksi huomioitava tunnelipoikkileikkauksen asettamat rajoitukset nostoille ja sivusiirroille.

3.3.8 Tukemistyön organisointi

Tukemistyöhön tarvitaan työn laajuudesta riippuen useita resursseja. Yleisesti ottaen lyhyemmissä kunnossapitotuennoissa on tarkoituksenmukaista toimia pienemmillä resursseilla, kun taas läpituennoissa on tarpeen käyttää parempaan suoritteeseen pystyviä suurempia yksiköitä ja yhdistää useita toimintoja peräkkäin samaan työrakoon.

Tukemiskoneen valinta

Tukemiskoneen valinta on riippuvainen mm.

- rataosan kunnossapitotasosta ja päällysrakenneluokasta
- ratarakenteen komponenteista ja erikoisrakenteista
- tuettavasta kohteesta (linjatuenta, vaihteentuenta)
- tuettavan kohteen laajuudesta (yhden vai useamman pölkyn tukemiskone)
- nosto- ja sivusiirtoarvoista (mm. suuret sivusiirrot ja kallistuksen muutokset vaativat enemmän aikaa)
- raidegeometriasta (pienimmät kaarresäteet ja pystytaitteet rajoittavat erityisesti isompien koneiden käyttöä)
- kustannustekijöistä

Muiden työkoneiden valinta

Tukemiskoneen lisäksi tulee tarvittaessa varmistaa mm. seuraavat resurssit
tarvittavat koneet esitöiden toteuttamista varten

- sepelöintiyksiköt kohteen laajuuden mukaisesti
  - yksittäisissä kohteissa esim. liikennepaikalla tai tasoristeyksien kohdalla voidaan käyttää normaaleja maansiirtokoneita (mm. pyöräkuormaaja)
  - lyhyissä tuennoissa vetoyksikkö ja muutama sepelivaunu
  - laajemmissa tuennoissa vetoyksikkö ja riittävästi sepelivaunuja

- sepeliaura tai harja tehtävän tukemistyön mukaisesti
  - harja on usein riittävä kunnossapitotuennoissa, kun ei tehdä suuria nostoja tai sepelöintiä (harja voi olla myös tukemiskoneen yhteydessä)
  - sepeliauraa tulee käyttää, kun tukikerros on muotoiltava tukemisen jälkeen (tehdään suurempia nostoja tai on tehty sepelöintiä tai työskennellään nopean liikenteen radalla)

- stabilisaattori voi tulla kunnossapitotuennoissa kyseeseen laajemmissa kohteissa, kun muokataan laajemmin päällysrakennetta (suuremmat nostot)

- tarvittavat koneet jälkitöiden toteuttamista varten

3.3.9 Tukemistyön ennakkoilmoitus (ETJ-järjestelmä)

Tukemistyöstä on tehtävä ratatyöilmoitus ja ennakkoilmoitus liikenteenohjaukseen voimassa olevien määräysten mukaisesti.

3.3.10 Tukemisen jälkityöt

Tukemistyön suunnitteluvaiheessa on varattava riittävät resurssit ja aikataulu myös tukemisen jälkitöille, joiden avulla rata saatetaan liikennöitävään ja määräysten mukaiseen kuntoon. Suunnitteluvaiheessa on huomioitava mm. seuraavat kohteet:

- Tukemistyötä varten puretut laitteet ja rakenteet tulee asentaa takaisin paikoilleen.

- Raiteen komponentit tulee tarkastaa (erityisesti kiskonkiinnitysten kiristystarpeen osalta). Kiskonkiinnitysalue tulee myös puhdistaa irtonaisesta sepelistä.

- Tukikerros on tukemistyön jälkeen riittävissä mitoissa huomioiden radan suurin nopeus.

- Ennen vaihteen luovuttamista liikenteelle on varmistuttava vaihteen toimivuus, ja että vaihdealueelle ei jää eristysvikaa.

- Mikäli nostot tai sivusiirrot ovat olleet suuria tai niitä on tehty useampina tukemiskertoina samalla alueella, on tehtävä tarpeelliset toimenpiteet RATO:n osan 19 "Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet" kohdan 19.6. "Työskentely jatkuvakiskoraiteella" mukaisesti kiskon oikean neutraalilämpötilan varmistamiseksi.

- Mikäli nostot ja sivusiirrot ovat suuria, on lisäksi selvitettävä muutoksen vaikutus ja tarpeelliset toimenpiteet ajolangan suhteelliseen sijaintiin sähköistetyllä radalla.

3.3.11 Työsuunnitelman laatiminen

Tukemistyötä varten laaditaan työsuunnitelma, joka sisältää keskeiset tiedot mm. tukemisalueesta, työn toteuttamisesta ja reunaehdoista. Koska raidegeometrian muutokset vaikuttavat mm. kiskon jännitystiloihin, aukean tilan ulottumaan ja ajolangan suhteelliseen sijaintiin, on työsuunnitelmassa tarvittaessa esitettävä toimenpiteet näiden osalta. Työsuunnitelma mahdollistaa osaltaan työn laadunarvioinnin jälkeenpäin.

Eri työtavoista läpituenta edellyttää perusteellisen työsuunnitelman laatimista. Kunnossapitotuennan osalta, joka voidaan joutua toteuttamaan kiireellisestikin, riittää suppeampi suunnitelma. Työsuunnitelmassa on esitettävä seuraavat tiedot:

- työstä vastaavat henkilöt yhteystietoineen
- tukemisen syy
- radantarkastusvaunun tulosteet alueelta (mitä virheitä korjataan)
- tukemisalue (aloitus- ja lopetuspiste)
- radan kunnossapitotaso tukemisalueella
- nopeustaso ja mahdolliset nopeusrajoitukset alueella
- toteutusajankohta ja ratatyövaraukset
- tukemiskone ja muut koneresurssit
- tarpeelliset esityöt
- sepelöintitarve ja ajoitus sekä sepelöintikohteet
- toimintaperiaatteet geometrian pakkopisteiden kohdalla (mm. vaihteet, sillat, tasoristeykset, laiturialueet), mikäli näitä on työalueella
- työskentelyn lämpötilarajoitukset
- kiskon neutralointitarve tai neutraalilämpötilan tarkastus (mikäli tehdään merkittäviä nostoja tai sivusiirtoja)
- tarvittavat muutokset ajolankaan sähköradalla (mikäli merkittäviä nostoja, sivusiirtoja tai kallistuksen muutos)
- nuotitus (tarkkuusmenetelmällä työskenneltäessä), joka sisältää
    - tukemistyön aloitus- ja lopetuspisteet
    - nosto- ja sivusiirtoarvot riittävin välein
    - geometrian muutospisteet ja geometriatiedot
    - laserpisteiden paikat
    - geometrian pakkopisteet (mm. sillat, tasoristeykset)
    - vaihdealueilla tms. tukemisjärjestys yksiselitteisesti

Käyrätulosteeseen voidaan merkitä suunniteltu tukemisalue. Työsuunnitelmaan voidaan yhdistää useampia tukemiskohteita, kun ne tehdään samoilla koneresursseilla.

3.4 Tukemistyö osana uudisrakentamis- tai uusimisprojektia

Uudisrakentamis- ja uusimisprojekteissa töihin liittyy monia peräkkäisiä työvaiheita, minkä takia töiden suunnittelu ja koneiden resursointi on tehtävä riittävällä tarkkuudella hyvissä ajoin ennen työskentelyajankohtaa. Suunnittelun tärkeys korostuu myös, koska erityisesti uusimistyöt on tehtävä ennalta määriteltävien liikennekatkojen aikana (joiden määrä pyritään minimoimaan). Usein tiukkoihin aikarakoihin varataan konerikkojen takia myös varakoneita, jotta on mahdollista pysyä suunnitellussa aikataulussa.

Tukemiskoneiden ja usein myös stabilointikoneiden resursseja tarvitaan aina uudisrakentamis- ja uusimisprojekteissa. Keskeisimpiä uusimisprojekteja ovat raiteenvaihtokoneella (Veera) tehtävät päällysrakenteen uusimistyöt sekä sepeliseuloilla tehtävät tukikerroksen puhdistustyöt. Uudisrakentamis- ja uusimiskohteissa on yleensä määritelty neljä tuentakertaa seuraavasti

- kaksi tuentakertaa välittömästi raiteen rakentamisen tai uusimisen aikana (tarvittaessa useammin)
- kolmas tuentakerta viimeistään, kun rakenteelle kohdistunut liikennekuormitus on enintään 100 000 bruttotonnia
- jälkituenta 1-2 vuoden päästä käyttöönotosta
- raiteen stabilointi tehdään pääsääntöisesti kahden ensimmäisen tuentakerran jälkeen, jotta saavutetaan kerroksittain tiivistynyt tukikerros

4 Tukemistyön toteuttaminen

4.1 Yleistä

Ennalta suunnitellun tukemistyön toteuttamisvaiheessa tulee työn olla valmisteltu siinä laajuudessa, että tukeminen kohteessa voidaan toteuttaa tehokkaasti. Tämä edellyttää mm. seuraavien ehtojen täyttymistä

- tukemisalue ja tarvittaessa tukemisjärjestys (vaihdealueella) on määritetty yksiselitteisesti

- tukemistyön esteet on purettu
  - esteet joita ei ole purettu, on listattu ja selkeästi merkitty maastoon

- päällysrakenteen kunto on varmistettu riittävin toimenpitein, mm. seuraavat asiat
  - kiskon kiinnitykset on tarkastettu ja korjattu (usein kiristetty) tarvittaessa
  - jatkossovitukset on tarkastettu ja kunnossa
  - rikkonaiset pölkyt on vaihdettu

- työlle on tehty ratatyöilmoitus ja työstä on ilmoitettu liikenteenohjaukselle ETJ-järjestelmään voimassa olevien määräysten mukaisesti

- tukemiskone ja muut koneresurssit ovat toimintakunnossa ja tarkastettu

- tukemistyön lämpötilarajat (kiskosta mitattuna) ovat tiedossa
  - jatkuvakiskoraiteille on laadittu loppuhitsauspöytäkirja, jossa lämpötilarajat on esitetty (tarvittaessa rajat määrittää alueen hitsausmestari)
  - mahdollinen neutralointitarve ja toimenpiteet on esitetty työsuunnitelmassa

- mikäli työn yhteydessä tehdään täydennyssepelöintiä, on sepeliä varattu riittävästi
  - jos sepelöinti tehdään tukemiskoneen edellä, on sepelöintityöryhmällä oltava tieto sepelöintitarpeesta sijaintitiedon km+m mukaisesti (tämä voidaan laatia esimerkiksi nuotituksen pohjalta)

- tarkkuusmenetelmällä työskenneltäessä tukemistyön nuotitus on laadittu tukemisalueelle huomioiden perus- ja maksiminoston vaatimukset

- suhteellisella menetelmällä työskenneltäessä tukemistyön alku- ja loppupiste sekä tiedot tukemisalueen geometriasta ja korjattavan virheen luonteesta ovat työryhmän tiedossa

- päällysrakennetiedot tukemisalueella ovat tiedossa oikean tukemissyvyyden määrittämiseksi (lopullinen päätös tehdään kohteessa)

- tukemistyölle on hankittu riittävät luvat melu- tai pölyhaitalle
  - sepelinkuormaus taajama-alueella tms.
  - tukemistyö yöaikaan taajama-alueella tms.
  - purettavalle tasoristeykselle on hankittu luvat tienpitäjältä ja asiasta on tiedotettu poliisia ja pelastusviranomaisia

- mikäli tukemisalueella on tasoristeys, jota ei pureta, on tasoristeyksellä työskentelyn ajaksi
  - järjestettävä riittävä tieliikenteen ohjaus
  - mahdolliset varoituslaitokset on kytkettävä pois päältä

4.2 Koneiden tarkastuskäytännöt

Työhön osoitetun tukemiskoneen on pystyttävä tekemään vaaditut suoritteet ja toimenpiteet ja koneen on oltava hyväksytty rataverkolle turvallisuusviranomaisen toimesta. Tukemiskone tulee tarkastaa säännöllisesti ja tarkastustulokset kirjataan koneen mukana tulevaan pöytäkirjaan. Tarkastuksessa varmistetaan mm. seuraavat asiat:

- tukemishakut eivät ole liian kuluneet riittävän laajan tukemispinta-alan varmistamiseksi (kuluneisuus ei ole yli 25 %)
- molemmat puolet nostavat ja puristavat samaan aikaan
- koneen mittalaitteet ovat hyvässä kunnossa
- koneen työjäljenpiirturi on kunnossa ja toiminnassa
- reunatiivistäjät toimivat kunnollisesti
- muut mahdolliset lisälaitteet ovat toimintakunnossa (esim. harja tai stabilisaattori)
- koneessa ei ole haitallisia öljyvuotoja

Myös muiden työkoneiden tulee olla kunnossa ja tarkastettu säännöllisin väliajoin.

4.3 Tukemistyö jatkuvakiskoraiteella

Tukemistyö jatkuvakiskoraiteilla ja -vaihteissa on tehtävä RATO:n osan 19 "Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet" mukaisesti (erityisesti kappale 19.6 "Työskenteleminen jatkuvakiskoraiteella").

Keskeisiä huomioitavia asioita ovat:

- Töistä, jotka aiheuttavat muutoksia jatkuvakiskoraiteen jännitystilassa ja neutraalilämpötilassa, on ilmoitettava hyvissä ajoin alueen vastaavalle hitsausmestarille (RATO 19) ja tukemistyöstä vastaavalle esimiehelle.

- Kohteessa kiskon neutraalilämpötila on jatkuvaksihitsauksen yhteydessä kirjattu loppuhitsauspöytäkirjaan. Tämän jälkeen on lisäksi huomioitava neutraalilämpötilaa mahdollisesti muuttaneiden toimenpiteiden kuten aikaisemman tukemistyön vaikutus.

- Tukemistyössä tulee huomioida RATO:n osan 19 rajoitukset nostoille ja sivusiirroille eri tilanteissa. Lähtökohtana on, että kiskopituus säilyy mahdollisuuksien mukaan loppuhitsauspöytäkirjan mukaisessa pituudessa. Mikäli kohteessa tehdään asetetut rajat ylittäviä nostoja tai sivusiirtoja, on tukemistyön jälkeen tehtävä raiteen neutralointi RATO:n osan 19 mukaisesti.

- Mikäli alueen neutraalilämpötila ei ole tiedossa, sallittu työskentelylämpötila-alue on +5 °C...+27 °C. Suorilla ja yli 1000 m säteisissä kaarteissa saadaan alarajaksi ottaa 0 °C (Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset).

- Tarvittaessa neutraalilämpötila tulee tarkastaa tukemistyön jälkeen (erityisesti jos tukemistyö on tehty lämpötila-alueen ulkopuolella).

4.4 Tukemistyöhön liittyvät rajoitukset lyhytkisko-raiteilla

Tilapäisesti heikentäviä töitä ei saa suorittaa missään tapauksessa kiskon lämpötilan ollessa korkeampi kuin +35 °C eikä alhaisempi kuin -5 °C, lukuun ottamatta kiskon murtuman, hellekäyrän ja junavaurion aiheuttamia korjaustöitä. Alle 500 m säteisissä kaarteissa töiden alin sallittu lämpötila on +5 °C. (Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset)

4.5 Tukemistyö linjalla

Tukemistyössä on noudatettava mm. seuraavia periaatteita:

- Tasoristeysten kohdalla mahdolliset varoituslaitokset tulee kytkeä pois päältä, kun työskennellään näiden vaikutusalueella. Myös liikenteen ohjauksen tulee olla järjestetty.

- Työn alku- ja loppuviisteen kaltevuuden tulee olla vähintään 1:1000. Viistettä ei tule tehdä siirtymäkaaren alueelle.

- Oikea tukemissyvyys on aina varmistettava kohteessa. Tukemissyvyys on riippuvainen päällysrakenteen komponenteista sekä hakun perusasemasta tukemiskoneessa. Syvyydet on esitetty päätekijöineen liitteessä 1.

- Tukemispaine ja -aika säädetään tukikerroksen kunnon mukaisesti siten, että tiivistyminen pölkyn alapuolella on riittävä.

- Perusnoston tulee olla vähintään 20 mm.

- Maksiminosto on 70 mm kunnossapitotuennoissa.

- Molemmat kiskot nostetaan samaan aikaan ja nostettu pölkky tuetaan noston aikana molempien kiskojen vaikutusalueelta.
- Tarvittaessa puristetaan kaksi kertaa. Puristusten välillä hakut on nostettava ylös, jotta ne vievät uutta sepeliä pölkyn alle.

- Kaarteessa tukemalla muodostettu kallistus pitää tarkistaa ajoittain käsimittauslaitteella.

4.6 Tukemistyö vaihdealueella

Ennen vaihteen tuentaa on varmistettava mm. seuraavat asiat:
- kaikki kiskon kiinnitykset vaihteen alueella on tarkastettava
- mahdolliset lämpöeristyselementit on poistettava
- oikea tukemisjärjestys ja johtokisko on varmistettava
- takajatkosalueella vastakkain olevien pölkyn päiden välinen alue on avattava poistamalla sepeli
- vaihde on tarvittaessa tarkastettava ja hitsauskunnostettava hitsausmestarin toimesta ennen tuentaa
- kaksi- tai useampiraiteisella radalla tarvitaan varaus myös viereiselle raiteelle

Tukemistyön yhteydessä

- takajatkosalueella myös kolmatta kiskoa on nostettava (jos koneessa ei ole kolmannen kiskon nostolaitetta, on käytettävä apunoston tekevää työryhmää)
- vaihde tulee tukea aina kerralla valmiiksi

Tukemistyön jälkeen

- tuetaan tarvittaessa kankikoneella asetinpölkky ja risteysalue
- asennetaan puretut elementit takaisin
- tehdään lisäsepelöinti tarvittaessa
- poistetaan ylimääräinen sepeli risteyksestä, vastakiskoalueelta ja kielialueelta
- tarkastetaan vaihteen toiminta (mm. kääntämällä vaihdetta) ennen luovutusta liikenteelle (vaihde, opastin ja turvalaitetoimialan tarkastukset)

4.7 Viimeistelevät työt

Tukemistyön jälkeen

- Asennetaan puretut rakenteet takaisin paikoilleen ja varmistetaan niiden toimivuus.
- Tarkastetaan raiteen komponenttien kunto. Erityisesti löystyneet kiskonkiinnitykset on kiristettävä ja kiskonkiinnitys alue on myös puhdistettava ylimääräisistä sepelirakeista. Lyhyt- ja pitkäkiskoraiteilla kannattaa tarkistaa sidekiskot halkeamien varalta.
- Tarkistetaan, että tukikerrosta on täydennetty riittävästi ja että tukikerroksen leveys ja palle ovat määräysten mukaiset.
- Mikäli tukemistyössä tehdyt muutokset raidegeometriaan ovat suuria, on työn jälkeen tehtävä tarpeelliset toimenpiteet ajolangan siirrolle sähköistetyillä rataosilla.
- Kiskon neutralointitarve on oltava tiedossa (huomioiden myös aikaisemmat muutokset) ja tukemisen jälkeen on varmistuttava kiskon neutraalilämpötilasta RATO:n osan 19 "Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet" mukaisesti.

5 Laadunvarmistus

5.1 Tukemistyön jäljen varmistaminen

Tukemistyölle tulee olla nimetty ratatyöstä vastaava, joka hyväksyy tehdyn tukemistyön voimassa olevien ohjeiden ja määräysten mukaisesti (erityisesti RATO:n osat 13 "Radan tarkastus", 14 "Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito" sekä 19 "Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet"). Raidegeometrian laatu varmistetaan työnjäljen piirturin tulosteesta ja myös silmämääräisesti. Tarvittaessa tehdään työn jälkeen tarpeelliset käsin mittaukset ja muut tarkastukset virheiden arvioimiseksi. Lisäksi ennen liikenteelle luovuttamista on varmistettava, että erityisesti liikenteen turvallisuuteen liittyvät laitteet on asennettu takaisin paikoilleen ja niiden toimivuus on tarkastettu.

Jos tukemistyön jälkeen raidegeometriaan on jäänyt merkittäviä virheitä, on tukemistyö uusittava tai rataosalle on asetettava riittävä nopeusrajoitus, joka takaa turvallisen liikennöinnin.

5.2 Radantarkastusvaunun mittaukset

Perusperiaate on, että lopullinen laadunvarmistus tukemistyölle muodostuu seuraavasta radantarkastusvaunun mittaustuloksesta. Mittauksen jälkeen kunnossapitäjä tarkastaa tukemisen laadun rataosan kunnossapitotason määrittämien raja-arvojen ja kunnossapitosopimuksessa mahdollisesti määriteltyjen lisävaatimusten mukaisesti. Tukemistyöstä tulee lisäksi tehdä lyhyt analyysi työllä saavutetusta lopputuloksesta verrattuna asetettuihin tavoitteisiin. Analyysi ja tarkastustulokset liitetään tilaajalle toimitettavaan materiaaliin toteutetusta tukemistyöstä.

Ohjeiden osalta tukemistyön laadun on täytettävä erityisesti RATO:n osissa 13 "Radan tarkastus" ja 19 "Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet" esitetyt vaatimukset. Lisäksi vaihteiden osalta on otettava huomioon RATO:n osan 14 "Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito" vaatimukset.

5.3 Tilaajalle luovutettavat dokumentit

Tukemistyön laadunvarmistus ja tilaajalle luovutettavat dokumentit perustuvat ensisijaisesti kunnossapitosopimuksessa esitettyihin ja tilaajan kanssa sovittuihin käytäntöihin. Tukemistyön arvioimiseksi työn jälkeen on tilaajalle luovutettava tyypillisesti seuraavat tiedot toteutetusta tukemistyöstä:

- suoriteilmoitus, jossa on esitetty ainakin
  - tukemisalue
  - käytetty tukemiskone
  - tukemiskoneen ajankäyttö
- analyysi seuraavasta raiteentarkastusvaunun mittaustulosteesta tukemisalueella
- laadittu kirjallinen työsuunnitelma (erityisesti läpituenta), johon on lisätty toteutuneet suoritteet ja muut poikkeavat asiat
- kiskon neutralointitarkastuspöytäkirjat (mikäli tarpeen)
- vaihteen tarkastuspöytäkirja (mikäli tarpeen)
- muut tarkastuspöytäkirjat (mikäli tarpeen)

Kunnossapitäjän tulee säilyttää työjäljen piirturin tuloste mahdollista tarkempaa analyysia varten (mikäli tukemiskoneessa on ollut työjäljen piirturi).

6 Lähdeluettelo

1. Lichtberger, Bernhard. Track Compendium, 1st Edition, Eurailpress Tetzlaff-Hestra GmbH&Co KG. Linz 2005. ISBN 3-7771-0320-9
2. Päällysrakennetöiden yleinen työselitys. Ratahallintokeskuksen julkaisuja D16. Helsinki 2004.
3. Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset, osa 2, raidetyöt. Ratahallintokeskuksen julkaisuja D8. Helsinki 2000.
4. Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset, osa 3, vaihdetyöt. Ratahallintokeskuksen julkaisuja D5. Helsinki 1999.
5. Raiteentarkastustulokset ja niiden tulkinta. Ratahallintokeskus. Helsinki 2005.
6. Ratatekniset ohjeet
7. Rataverkon kuvaus 1.7.2011. Ratahallintokeskuksen julkaisuja F 4/2009. ISSN 1797-7037. ISBN 978-952-445-292-2. Helsinki 2009.
8. Standardin SFS-EN 13450 Raidesepelikiviainekset ja sen kansallinen soveltamisohje
9. The Permanent Way Institution. Brittish Railway Track, Design, Construction and Maintenance. Sixth edition. October 1993.
10. UIC, Best Practise Guide for Optimum Track Geometry Durability. 2008.

Tukemissyvyydet päällysrakenteen eri komponen-teilla

Tukemissyvyydet päällysrakenteen eri komponenteilla

Linjatuenta

Kisko-tyyppi	Pölkkytyyppi	Tukikerros-materiaali	Kiskon korkeus	Pölkyn korkeus	Aluslevy	Välys	Tukemissyvyys kiskon yläpinnasta	Tukemissyvyys, jos hakku on perustilassa 15 mm kiskonselän alapuolella
K 30	Puu	Sora	120	160	20	10	310	**295**
K 43	Puu	Sora	140	160	22	10	332	**317**
K 43	Puu	Sepeli	140	160	22	15	337	**322**
K 43	Betoni	Sepeli	140	200	6	15	361	**346**
54 E1	Puu	Sepeli	159	160	22	15	356	**341**
54 E1	Betoni	Sepeli	159	200	6	15	380	**365**
54 E1	B86, B88, BP89, B97, BP99	Sepeli	159	225	10	15	409	**394**
K 60	Puu	Sepeli	165	160	22	15	362	**347**
60 E1	B86, B88, BP89, B97, BP99	Sepeli	172	225	10	15	422	**407**

Lisäksi on huomioitava pölkyn alapintaan mahdollisesti asennetun pohjaimen vaikutus + 7 - 13 mm

Vaihteen tuenta

Kisko-tyyppi	Pölkkytyyppi	Tukikerros-materiaali	Kiskon korkeus	Pölkyn korkeus	Aluslevy	Välys	Tukemissyvyys kiskon yläpinnasta	Tukemissyvyys, jos hakku on perustilassa 15 mm kiskonselän alapuolella
K 30	Puu	Sepeli	120	160	20	15	315	**300**
K 43	Puu	Sepeli	140	160	22	15	337	**322**
54 E1	Mänty tai Azobe	Sepeli	159	160	22	15	356	**341**
60 E1	Azobe	Sepeli	172	160	22	15	377	**362**
60 E1	Betoni	Sepeli	172	225	10	15	437	**422**