

Tampereen ammattikorkeakoulu, amk-tutkinto
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen
Markus Koivusalo

Opinnäytetyö

Massanvaihto rautatievaihteeseen

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Seinäjoki 5/2011

Lehtori, Jouni Sivenius
Liikennevirasto, Rautatieosasto

Työn tekijä	Markus Koivusalo
Työn nimi	Massanvaihto rautatievaihteeseen
Sivumäärä	41
Valmistumisaika	5/2011
Työn ohjaaja	Jouni Sivenius
Työn tilaaja	Liikennevirasto, Rautatieosasto

TIIVISTELMÄ

Työssä tutkittiin radan tukikerroksen vaihtomenetelmiä rautatievaihteeseen. Vaihteen tukikerroksen kunnolla ja koneellisen tuennan onnistumisella oli huomattu olevan selvä yhteys. Hienontuneessa ja likaisessa tukikerroksessa geometrinen taso ei säilynyt oikeana kuin lyhyen aikaa. Siitä johtuen kunnossapitäjän työmäärä oli lisääntynyt tällaisissa vaihteissa.

Tarkoituksena oli tutkia kahta massanvaihtomenetelmää. Menetelmien oli sovelluttava liikenteenalaiselle radalle. Tärkeimpänä kriteerinä menetelmien arvioinnissa pidettiin liikennehaitan määrää. Vaihdealueelle asetetun nopeusrajoituksen suuruutta ja aikaa verrattiin menetelmissä toisiinsa.

Työ tehtiin radan kunnossapitäjän aloitteesta. Kunnossapitotyön laatua arvioidaan radantarkastusvaunun mittaustulosten perusteella. Vanhentuneessa tukikerroksessa olevan vaihteen laatupisteet laskivat tehostetusta kunnossapidosta huolimatta. Tarkoituksena oli löytää menetelmä, jolla vaihteen korkea liikennöitävyyden palvelutaso saadaan palautettua.

Kahta menetelmää vertailemalla saatiin tulokset, joista valitaan parempi kyseiselle rataosuudelle. Tulokset aikaansaatiin työn vaatimasta kokonaisajasta ja nopeusrajoituksen suuruudesta. Kustannuksien ero menetelmissä jäi pieneksi.

Massanvaihtoa vilkkaasti liikennöidyn radan vaihteeseen tulisi kokeilla käytännössä Destrackilla.

Writers	Markus Koivusalo
Thesis	Change the mass in railway points
Pages	41
Graduation time	5/2011
Thesis supervisor	Jouni Sivenius
Commissioning company	Finnish Transport Agency, Railway Department

ABSTRACT

The purpose of the thesis was investigating the tracks ballast bed change methods to the turnout. It had noticed the big connection between the turnout's condition and the successful of the machines turning. The geometry level changed quickly in crushing and dirty ballast bed. In those like turnouts the work of maintenance person had got more.

It was mean to find out two methods of change the mass. Methods must to apply to the traffic- related track. The most important point in the estimation was amount of the traffic harm. The limitations amount and time were compared with each others.

The work was done of the maintenance person's initiative. The quality of the maintenance work was calculated of the track inspection cars measuring results. The turnouts points of quality was laid down in the outmoded ballast bed, although of the made more effective maintenance. The idea was to find the method to restore high service limit of operate.

Results were having by compared with two methods witch was choice the better one. Results were work out from the works have to overall time and the amount of the speed limit. Difference of the expenses between methods was continued minimum.

Mass changing in busy turnouts should put to test in practice by Destrack.

Keywords turnout, change the mass, ballast

Sisällysluettelo

1 Johdanto	5
2 Rautatievaihde	6
2.1 Vaihteen pääosat	6
2.2 Vaihteen kätsisyys ja ajosuunta.....	7
2.3 Vaihdemuodot.....	7
2.4 Vaihteiden kiskopainot.....	8
2.5 Rasitusvoimat vaihteessa.....	9
3 Radan päällysrakenne	12
3.1 Vaihteen tukikerros sepelistä.....	12
3.2 Tukikerroksen mitoitus.....	14
4 Vaihteiden kunnossapito	17
4.1 Vaihteen mittaustarkastus.....	17
4.2 Vaihteen määräaikaishuolto.....	18
5 Sepelitukikerroksen vaihto kaivukoneilla	19
5.1 Kiskopyöräkaivukone.....	19
5.2 Valmistelevat työt	20
5.3 Massanvaihtotyö	22
5.4 Vaihteen koneellinen tuenta	25
5.5 Jälkituenta.....	27
5.6 Työhön käytetty aika ja kustannukset	28
6 Massanvaihto vaihde kokonaisena sivuun siirtämällä	30
6.1 Desec Tracklayer TL 70.....	30
6.2 Valmistelevat työt	31
6.3 Massanvaihtotyö	33
6.4 Vaihteen stabilointi	34
6.5 Työhön käytetty aika ja kustannukset	35
7 Vaihtoehtojen vertailu	39
8 Päätelmät	40
Lähteet.....	41

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena on tutkia liikenteenalaisten rautatievaihteiden massanvaihtomenetelmiä Suomen rataverkolla. Molemmissa menetelmissä vertailukohteena pidetään samanlaista YV 54-1:9-200N vaihdetta.

Tutkimustyön aihe on muodostunut radan kunnossapitäjän tarpeista, jonka tarkoituksena on ylläpitää vaihteen liikennöitävyyden tasoa korkeana. Geometrinen kunnossapitotaso, jolla pisteytetään vaihteen kunto, alenee pysty- ja vaakageometrian virheistä jyrkästi. Sepelitukikerroksen puhtaus ja oikea raekoko on perusedellytys kunnossapitotoimenpiteiden onnistumiselle. Menetelmiä tukikerroksen vaihtoon on useita. Tässä työssä tarkastellaan kahta menetelmää, ensimmäisessä menetelmässä työ tehdään kiskopyöräkaivukoneilla ja toisessa menetelmässä vaihde nostetaan kokonaisuutena sivuun massanvaihdon ajaksi.

Tukikerroksen vaihto kiskopyöräkaivukoneella lyhyissä työraoissa on menetelmä, jota käytetään massanvaihtoon yksittäisten radassa olevien virhepaikkojen korjauksessa. Menetelmää voi soveltaa myös vaihdealueella asettamalla radalle nopeusrajoituksen ja lisäämällä konekapasiteettia.

Vaihteen nosto ja siirto kokonaisuutena sivuun on toinen tutkittava menetelmä. Työn toteutukseen tarvitaan yksi pidempi liikennekatko sekä nopeusrajoitus jälkitöiden ajaksi. Työ tehdään Suomessa kehitetyllä Desec Tracklayer vaihde- ja raide-elementinnostokoneella. Vaihteen takaosan nostoon tarvitaan lisäksi raidenosturi.

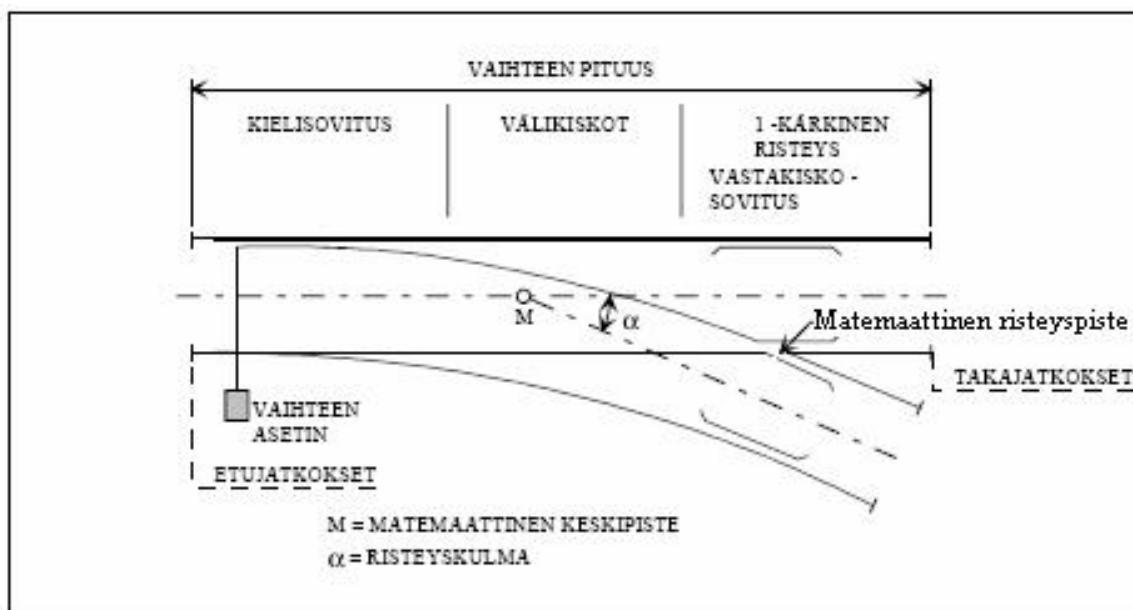
2 Rautatievaihde

Rautatievaihteet ovat rautatien raiderakenteessa kiskoista muodostettuja paikkoja, joilla liikkuvien kieliosien avulla ohjataan junat ja muu kiskopyöräkalusto raiteelta toiselle. Liikenneviraston omistamia vaihteita oli v. 2009 Suomen rataverkolla 5926 kpl. Vaihteisiin luetaan myös raideristeykset, joissa kaksi raidetta risteää. Niitä oli v. 2009 43 kpl. (Suomen rautatietilasto 2010, 10)

Vaihteet ovat osa radan päällysrakennetta. Niiden tukikerrokselta vaaditaan sama kantavuus, vakavuus ja pakkasenketo-ominaisuudet kuin ratalinjalta vaihdealueen ulkopuolellakin. Vaihdealueen pituus on $V/2$ m. Lyhin pituus tälle alueelle on 50 m, joka on matka mitattuna etujatkosta ja takajatkoista radan suuntaan. Tämän alueen geometria ja vaihteen rakenne on oltava niin hyvässä kunnossa, että nopeusrajoituksia ja akselipainorajoituksia ei tarvita. (Rato 4.2.6, 15)

2.1 Vaihteen pääosat

Vaihteen pääosat ovat kielisovitus, vaihteen asetin, välikiskot, 1-kärkinen risteys ja vastakiskosovitukset. Näistä elementeistä muodostuu vaihteen pituus. Vaihteessa on sekä suora että käyrä puoli. Näiden erilaista toimintaa kuvataan seuraavassa kohdassa. (Rato 4.2.1, 7)

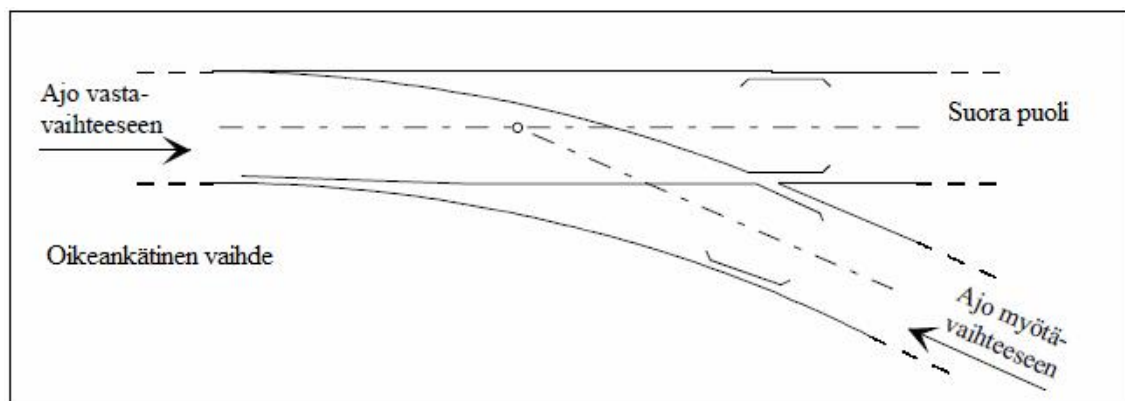


Rato 4.2 Vaihteen pääosat

2.2 Vaihteen kätisyys ja ajosuunta

Yksinkertaisessa vaihteessa on suora ja poikkeava raide. Vastavaihteeseen katsottaessa kätisyys määritellään siitä, kääntyykö vaihde oikealle vai vasemmalle päin. Vaihteen tunnuksen yhteydessä näistä käytetään kirjainlyhennettä O ja V. Vaihteen osien tilauksissa käytetään kaksikirjaimisia tunnuksia. Jos ei ole täysin varma lyhenteiden oikeasta käytöstä, pitää osan tilaukseen lisätä myös vaihteen numero sekä maantieteellinen sijainti. Esimerkiksi OV-vastakiskosovitus on oikeanpuolisen vaihteen vasemmanpuolinen vastakiskosovitus. (Rato 4.2.2, 9)

Vaihteiden yhteydessä esiintyvät käsitteet ajo myötä- ja vastavaihteeseen. Vaihteissa liikennöitäessä ajo myötävaihteeseen ja vastavaihteeseen tapahtuu kuvan 4.2:4 osoittamalla tavalla. Erikoisvaihteissa voidaan kuitenkin ajaa myötävaihteeseen riippumatta kielien asennosta. (Rato 4.2.2, 9)



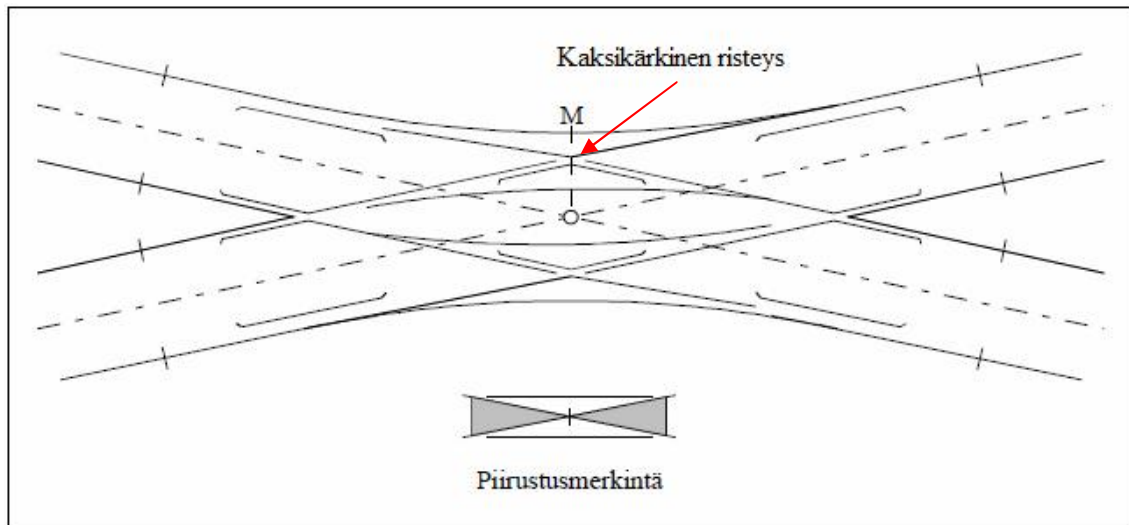
Rato kuva 4.2:4 ja 5

2.3 Vaihdemuodot

Suomessa käytetään neljää vaihdemuotoa, joista yleisin on yksinkertainen vaihde. Vaihteen kaavio on yläpuolisessa kuvassa (lyhenne YV). Tässä opinnäytetyössä massanvaihto suunnitellaan tehtäväksi tällaiseen vaihteeseen.

Kaksoisvaihteissa (KV), jossa on kaksi yksinkertaista vaihdetta peräkkäin eri suuntiin. Risteysvaihteita (yksipuolinen YRV ja kaksipuolinen KRV), kutsutaan englantilaisiksi vaihteiksi. KRV:ssä saadaan neljällä kielisovitusparilla molemmista tulosuunnista yksi poikkeava raideyhteys raideristeyksen risteävien raiteiden välille ja YRV:ssä saadaan poikkeava yhteys vain toisesta tulosuunnasta. Raideristeys (RR) luetaan myös vaihteek-

si, vaikka siinä ei olekaan liikkuvia osia. Kuvassa 4.2.12 on KRV-vaihte, jonka keskele muodostuu raideristeyksen perusosa kaksikärkinen risteys. (Rato 4.2.3, 9)



Rato kuva 4.2.12 Kaksipuolinen risteysvaihte

2.4 Vaihteiden kiskopainot

Nykyisin vaihteet tilataan kiskoprofiili 60E1 tai 54E1 kiskolla. Tämä on eurooppalaisen standardointijärjestön CEN:n standardoima kiskoprofiilin merkintätapa. Kiskon massa ilmoitetaan kokonaisina kilogrammoina metriä kohden ilmoittavalla luvulla, jota tarkoittaa kirjain E. Sen perässä on asianomaisen standardin määrittävä versioluku esimerkiksi 60E1. K43-profiilisia vaihteita ei enää rakenneta. Niiden osiakin valmistetaan vain varaosiksi, jos niitä ei ole vanhoista vaihteista muuten saatavissa. (Rato 4.2.5, 14)

Vaihteen osien valmistukseen tilataan aihiot omalla tunnuksella, jotka merkitään lisäkirjaimilla sekä versionumeroilla. Esimerkiksi 54E1-kiskon kieliprofiili on 54E1A1 A=aiguille (ransk.) vaihteen kieli. Täyskiskoprofiilit merkitään F-kirjaimella F= fermée (ransk.) umpi. Vastakiskoprofiilit merkitään taas C-kirjaimella, esim. 33C1 on 60E1-vaihteissa käytetty vastakisko C=contre-rail (ransk.) vastakisko. (Rato 4.2.5, 14)

Hankittavat kiskoprofiilit vanhoilla ja uusilla merkinnöillä on esitetty taulukossa 2.4:1.

Nykyinen merkintä	Massa [kg/m]	Entinen merkintä	Huom.
54E1	54,4	K54, UIC54	
60E1	60,2	UIC60	
54E1A1	68,9	UIC54B,A69,Kk54	54E1-vaihteen kieliprofiili
60E1A1	73,0	UIC60B, A73	60E1-vaihteen pystysuora kieliprofiili
60E1A5	70,0	UIC60D40 (UIC60D)	60E1-vaihteen 1:40 kallistettu kieliprofiili
54E1F1	98,0	Vo1-UIC54	Täyskisko 54E1
60E1F1	111,1	Vo1-60	Täyskisko 60E1
33C1	33,0	U69, UIC33, RI 1-60, V54	Vastakisko
48C1	48,3	RI 1-54	Vastakisko

Taulukko 2.4:1.

2.5 Rasitusvoimat vaihteessa

Vaihteeseen kohdistuu dynaamisia, staattisia ja lämpötilan muutoksesta johtuvia voimia. Poikittaiskiihtyvyys ja nykäisy vaikuttavat matkustusmukavuuteen. Näille voimille on annettu raja-arvoja, joita noudatetaan suunnittelussa ja vaihteen tyyppin valinnassa.

Dynaaminen voima muodostuu junan nopeudesta ja akselipainosta. Se voi olla 2 – 3-kertainen staattiseen voimaan verrattuna. Näiden voimien suuruuteen vaikuttaa vaihteen kunto, jossa tukikerroksen osuus on merkittävä pysty- ja vaakageometrian pysyvyyden aikaansaamiseksi.

Staattinen kuorma siirtyy yhdestä akselistä vaihteen rakenteeseen. Vaihteet tulee mitoittaa staattisille akselipainoille junan nopeuden (V) mukaan seuraavasti:

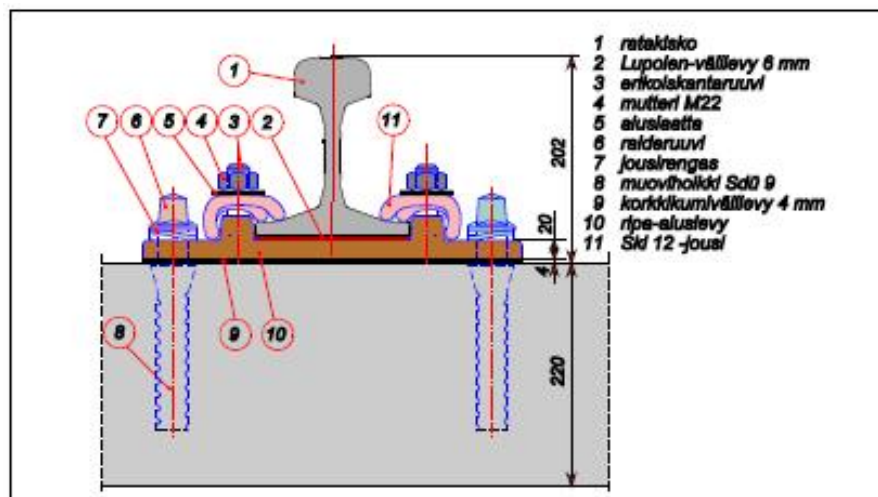
60E1-vaihteet:	300 (+10 %) kN, kun $V \leq 100$ km/h
	250 (+10 %) kN, kun $100 \text{ km/h} < V \leq 120$ km/h
	220 (+10 %) kN, kun $V > 120$ km/h
54E1-vaihteet:	250 (+10 %) kN, kun $V \leq 120$ km/h
	220 (+10 %) kN, kun $V > 120$ km/h

Vaihteet on mitoitettu suurimmalle sallitulle nopeudelle seuraavasti:

- Lyhyiden 60E1-vaihteiden suora raide 220 km/h (+10 %)
- Pitkien 60E1-vaihteiden suora raide 220 km/h (+10 % kiinteä risteys) ja 300 km/h (+10 % kääntyväkärkinen risteys)
- 54E1-vaihteiden suora raide 160 km/h (+10 %)
- Lyhyiden vaihteiden poikkeava raide 40 km/h (+10 %)
- Pitkien vaihteiden poikkeava raide 80 km/h (+10 % 1:15,5- ja 1:18-vaihteet) 140 km/h (+10 % 1:26-vaihteet)
- Raideristeykset 100 km/h (+10 %). (Rato 4.3.1, 17)

Vaihteen on toimittava kaikilta osiltaan lämpötila-alueella -40...+50 °C. Tämä saadaan aikaan vaihteen osien kiinnityksellä pölkkyyn ja varmentamalla tukikerroksen rakeisuuden kunto. Varsinkin puupölkkyvaihteessa pölkyn kunto on oltava niin hyvä, että raide-ruuveilla pölkkyissä kiinni olevat aluslevyt eivät pääse liikkumaan liikenteen vaikutuksesta. Maksimilämpötilassa sepelitukikerroksen on oltava raekooltaan vaatimusten mukaisia. Jos vaihteen ulkopuolella päällysrakenne on uusittu ja vaihde on huonokuntoinen, kiskoihin lämpötilasta tuleva paine voi purkautua ulos vaihteessa ja aiheuttaa hellekäyrän.

60E1 ja 54E1 vaihteissa käytetään nykyään kahta eri tyyppiä olevaa Skl-jousta. Ahtaisissa paikoissa käytetään Skl 3w -jousta, joihin muut Skl-jouset eivät mahdu (esim. erityisjatkokset). Sen jousivoima on muita Skl-jousivoimia pienempi, jonka vuoksi sen käyttö on rajoitettava vain välttämättömiin kohtiin. Skl 12-jousen tekniset ominaisuudet ovat paremmat kuin Skl 3 -jousen. Se voidaan asentaa samoihin paikkoihin kuin Skl 3-jousi. Sama Skl 12 -jousi sopii sekä 54E1- että 60E1-kiskoille. (Rato 4.6.3.2, 27)



Skf 12-kiinnitys betonipölkkyssä (Rato 11 kuva 11.6:8, 54)

Vaihteen valinnan lähtökohtana on yleensä poikkeavalle raiteelle ajettaessa asetettu tavoitenopeus. Tätä nopeutta rajoittaa poikkeavan raiteen kaari, jonka säde vaikuttaa suoraa nopeuteen. Kaareen ajettaessa syntyy poikittaiskiihtyvyyttä ja suurilla nopeuksilla ajettaessa nykäys. Näille on asetettu raja-arvot, joka poikittaiskiihtyvyydelle on $0,65 \text{ m/s}^2$ ja nykäykselle 1.1 m/s^2 . Suoraa ajettaessa vaihteen geometria täytyy olla siinä kunnossa, että nämä tekijät eivät aseta muutosta linjanopeuteen. (Nummelin, Rautatievaihteet 1994, 24, Rato 4.3.1, 17)

Poikkeavan raiteen kaarissa oleva sivusiirtymä eli rekkamutka, pienentää kaaren sädetä, jolloin poikittaiskiihtyvyyden sallittu arvo ylittyy sillä kohdalla. Raidegeometriassa poikittaiskiihtyvyys lasketaan Rato 4.3.1 kaavan mukaan:

$$a_q = \frac{V^2}{12,96R} - \frac{h}{163}$$

V = junan nopeus [km/h]

R = kaarteen säde [m]

h = raiteen kallistus [mm]

Kaarrevaihteita lukuun ottamatta vaihteissa ei käytetä kallistusta. Poikittaiskiihtyvyys lasketaan kallistamattomissa vaihteissa kaavan 4.3:2 mukaan.

$$a_q = \frac{V^2}{12,96R}$$

Suurnopeusvaihteissa nykäys on merkittävä tekijä matkustusmukavuudelle. Voimakkaan sivukiihtyvyyden aikana tapahtuva nykäys voi olla hätkähdyttävä tunne muuten tasaisen kyydin aikana. Suurin sallittu nykäys lasketaan kaavalla Rato 4.3.3:

$$da_q/dt = a_q/t = a_q v/L_t$$

da_q/dt = nykäys [m/s³]

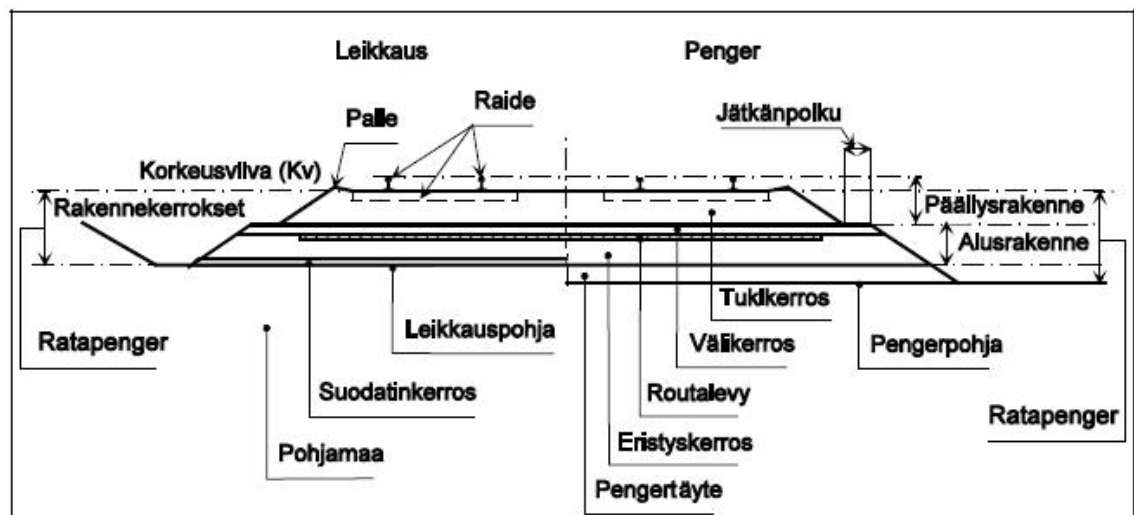
v = junan nopeus [m/s]

L_t = 17 m (telitappien välimatka)

Hyvä tukikerros on vaihteen kunnossapidon lähtökohta. Poikkeavalle raiteelle ajettaessa tuleva sivukiihtyvyys ei muodosta rekkamutkaa välikiskoalueelle puhtaassa sepelissä. Kokemusperäisesti tiedetään, että tukemiskoneella tuetun vaihteen risteysalueella pysyvoimat aiheuttavat painumaa hienontuneessa tukikerroksessa jo muutaman junan jälkeen. Huonokuntoisessa vaihteessa teräsosat kuluvat ennalta-arvaamattoman nopeasti.

3 Radan päällysrakenne

Radan päällysrakenne koostuu tukikerroksesta sekä raiteesta. Nykyään tukikerros rakennetaan sepelistä. Vanhoissa vaihteissa voi olla vielä sorasta tehty tukikerros. Vaihteen uusimisen yhteydessä se vaihdetaan sepeliksi. Raide koostuu ratapölkyistä, rataaksesta, kiinnitys- ja jatkososista sekä vaihteista ja muista erikoisrakenteista.



Rato kuva 11.1.1 Radan rakenteen nimityksiä

3.1 Vaihteen tukikerros sepelistä

Tukikerros pitää vaihteen geometrisesti oikeassa asemassa ja asennossa, jakaa kuormia

alusrakenteelle ja muodostaa vaihteelle tasaisen ja kantavan alustan. Vaihteen kohdalla tukikerros on vaihdettava aina uuteen vaihteen vaihdon tai sellaisen työn yhteydessä, jolloin vaihde nostetaan pois paikaltaan.



Hienontunutta sepeliä vaihteen risteyksen kohdalla

Tukikerroksen laatua on seurattava tuentatöiden ja vaihteen tarkastuksen yhteydessä. Tukemiskoneen hakkujen tunkeutuvuudesta voi päätellä sepelin rakeisuutta. Hienontuneen sepelin läpi vesi ei mene. Sepelistä irronnut hienoaines alkaa velloutua ja nousta ylöspäin. Tämän huomaa vaaleana kerroksena pölkyn pinnalla ja tukikerroksen yläosassa.

Usein toistuva tuennan tarve on selvä merkki tukikerroksen laadun huonontumisesta. Tämä nopeuttaa sepelin hienontumista entisestään, koska vaihdealueella puristuskertoja tarvitaan esim. risteysalueella 2/pölkky.

Raidesepelin uusimis- tai puhdistamistarve mitataan rakeisuusluvulla. Se on läpäisyprosenttien summa seulaverkoilta, joiden koot ovat 1, 8 ja 25 mm. Kun rakeisuusluvun arvo ylittää luvun 90, raidesepelin vaihto- tai puhdistusmahdollisuus on selvítettävä.

Pääradan vaihteissa tukikerros hienontuu vaihtokuntoon usein tapahtuvan tukemisen takia noin 20 vuodessa. (Rato 15.5.1.3, 14)

Nykyisen raekoon 31,5/63 mm sepelin vaihtotarvetta voi olla parempi arvioida 8 ja 1 mm läpäisyprosenttien summalla 35. Tukikerroksen toimivuus selviää hienoainespitoisuudesta, joka edellyttää suuritoista pesuseulontaa (Nurmikolu 2006, Ratarakenteessa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkyys s. 48)

3.2 Tukikerroksen mitoitus

Tukikerroksen mitat määräytyvät sallitun nopeuden, kiskonpituuden sekä tukikerrosmateriaalin ja ratapölkkytyypin perusteella. Tukikerroksen paksuus mitataan Kv-tasosta alaspäin. Kallistetussa raiteessa tukikerroksen paksuus mitataan alemman kiskon kohdalla. Ratapölkkyjen päiden ulkopuolella olevaa palletta lukuun ottamatta saa tukikerroksen pinta olla korkeintaan ratapölkkyjen yläpinnan tasossa.

Vaihealueella tukikerroksen paksuus on aina 550 mm, lukuun ottamatta asetinpölkkyväliä, joka jätetään tankojen kohdalla sepelöimättä pölkyn alapinnan tasoon asti. Tukikerroksen yläpinnan tulee olla kielisovitusalueella noin 60 mm pölkkyjen yläpinnan alapuolella riittävän lumitilan varmistamiseksi. Vaihteiden kohdalla tukikerroksen materiaalina käytetään aina raidesepeä. Raidesoraa voidaan käyttää ainoastaan täydentämään olemassa olevien vaihteiden raidesoratukikerrosta.

Tukikerroksen mitoituserusteet on esitetty Raton taulukossa 11.3:7

Raiteen ja tukikerroksen tyyppi		Tukikerroksen paksuus	Tukikerroksen leveys pölkyn päiden ulkopuolella
Jk-raide ja raidesepeli	V ≤ 160 km/h	linja	450 mm (puuratapölkyt)
			550 mm (betoniratapölkyt)
	vaihde	550 mm	400 mm (ei palletta)
	V > 160 km/h	linja	550 mm (betoniratapölkyt)
vaihde		550 mm	500 mm (ei palletta)
Pk-raide ja raidesepeli	linja	350 mm ¹⁾ (puuratapölkyt)	300 mm ¹⁾ (ei palletta)
		450 mm (puuratapölkyt)	400 mm (ei palletta)
		550 mm (betoniratapölkyt)	
	vaihde	550 mm	400 mm (ei palletta)
Lk-raide ja raidesepeli	linja	350 mm ¹⁾ (puuratapölkyt)	300 mm (ei palletta)
		450 mm (puuratapölkyt)	
		550 mm (betoniratapölkyt)	
	vaihde	550 mm	300 mm (ei palletta)
Lk-raide ja raidesora	linja	450 mm	600 mm (ei palletta)
	vaihde	550 mm	600 mm (ei palletta)

1) Vajaa tukikerros. Päällysrakenne vastaa ominaisuuksiltaan soratukikerroksellista Lk-raidetta. Suurin sallittu nopeus on V ≤ 110 km/h.

4 Vaihteiden kunnossapito

Vaihteen kunnossapitosuunnitelma laaditaan vuosittain laajennetun vaihdetarkastuksen yhteydessä. Tällöin edellisenä vuonna tehty suunnitelma päivitetään, tehtyjen toimenpiteiden onnistuminen ja pysyvyys huomioidaan pidemmälle aikavälille. Samanaikaisesti tehtävä mittaus- ja hitsaustekninen tarkastus tukevat kunnossapitosuunnitelman laadintaa. Ennen tarkastuskierrokselle lähtöä on tutkittava viimeisen Emma-mittauksen tulokset, koska kesän tuentasuunnitelma viimeistellään tässä vaiheessa.

4.1 Vaihteen mittaustarkastus

Vaihteen mittaustiheys määritetään junanopeuden ja liikennemäärän perusteella. Vaihteet, joissa nopeus on suoralla raiteella yli 120 km/h, mitataan neljä kertaa vuodessa. Myös vilkkailla tavaratarapihoilla, joilla on lisäksi raskasta liikennettä poikkeavalle raiteelle, on mittaustiheys neljä kertaa vuodessa. Sivuraiteilla kaikki sähkökääntölaitteella varustetut vaihteet, jotka samalla ovat yleensä liikenteenohjaajan keskitetysti kääntämiä vaihteita, mitataan kaksi kertaa vuodessa. Käsikäyttöiset sivuraidevaihteet ja teollisuusalueiden vaihteet mitataan 1 - 2 vuoden välein. (Rato 14.1, 5)

Mittauksessa havaitut raideleveysvirheet korjataan pois mahdollisimman nopeasti. Tällaisia virheitä ovat esimerkiksi risteysalueella olevat jäysteistä johtuvat kapenemat. Nämä hiotaan pois kulmahiomakoneella. Myös risteuksen vastakiskon säätö sovitusevyillä voidaan tehdä jo mittauksen yhteydessä. Kielisovitus- ja välikiskoalueella oleva raiteen levenemän korjaus liittyy usein laajempaan korjaussuunnitelmaan. Pölkkyjen kunnon niin salliessa voidaan levenemä poistaa tapittamalla vanhat raideruuvireiät puutapeilla. Tämän jälkeen raideleveys asetetaan oikeaksi ja aluslevyt kiinnitetään uudelleen.

Jokaisen mittauksen yhteydessä tarkastetaan vaihdealueen kunto kokonaisuudessaan. Vaihdealueen pituus on $V/2$ m (V = suurin sallittu nopeus). Tarkastettavan alueen pituus on aina vähintään 50 m vaihteen etujatkokselta ja takajatkoista mitaten radan suuntaan. Alueelta tarkastetaan kiskojen kuluneisuus. Ratapihan puoleisessa kaaressa, poikkeavan raiteen ulkokiskossa kuluminen voi olla nopeaa.

Vaihteesta tarkastetaan teräsosat, sisältäen kielisovitukset, välikiskot, risteysalueen ja aluslevyt kiskon kiinnitysosineen. Pölkkyjen kunto ja asema tarkastetaan. Vaihdealueella olevat laitekaapit ja lumisuojiin kunto tarkastetaan ulkopuolisten vaurioiden varalta.

Vaihteen asettimen kunto ja sähkökääntölaitteen moitteeton toiminta huomioidaan vaihteen käynnön yhteydessä.

Vaihteen mittatiedot tallennetaan maastossa sähköiseen muotoon ja siirretään kunnossapitäjän ylläpitämään tietokantaan. Siinä tiedot on säilytettävä vähintään neljä vuotta. Jokaisen raidelevyteen vaikuttavan korjauksen jälkeen vaihde on mitattava ja tallennettava uudet tiedot tietokantaan, vaikka normaalin tarkastusvälin mittausta ei sitä edellyttäisi. Mikäli edellisiin mittaustuloksiin verraten on tapahtunut huomattavan isoja muutoksia, on mittausväliä tihennettävä.

4.2 Vaihteen määräaikaishuolto

Vaihteen määräaikaishuoltojen ja tarkastusten väli määritetään samoin perustein, kuin mittaustarkastuksessakin. Pääraiteilla, joissa junanopeus on yli 120 km/h, vaihteet huolletaan kolmen kuukauden välein. Pääradat, joissa nopeus on alle 120 km/h, vaihteet huolletaan kuuden kuukauden välein. Tästä poikkeuksen tekevät vilkkaasti liikennöidyt ja raskaan liikennekuormituksen alla olevat vaihteet. Huoltojen lisäksi kaikkiin vaihteisiin tehdään vuosittainen mekaaninen kunnostus, jossa tarkastetaan vaihteen kiinnitysosan kunto ja huolto-ohjelmassa mainitut erikoiskohteet. (Rato 14.1, 5)

Vaihdehuollon keskeinen kohde on sähkökääntölaitteen toimivuuden tarkastus. Tästä on olemassa oma huolto-ohje, jota noudattamalla kääntölaitteessa olevat tarkastus- ja säätöosat käydään läpi. Vaihteen kielistä lähtevät valvonta- ja käyttötangot säädetään kääntölaitteen huollon yhteydessä. Nopean liikenteen pääradoilla olevat kääntölaitteet vaihdetaan viiden vuoden välein konepajalla huollettuihin kääntölaitteisiin. Sivuratojen kääntölaitteet vaihdetaan yhdeksän vuoden välein.

Vaihteessa voi kääntölaitteen lisäksi olla erillinen valvontakosketin kielialueella. Se huolletaan aina samanaikaisesti kääntölaitteen huollon yhteydessä. Pääradalla olevat käsikäyttöiset kiilalukolliset vaihteet varustetaan valvontakoskettimilla. Nämä huolletaan samoin huoltovälein kuin sähkökääntölaitteetkin. Koskettimissa olevat huoltokohteet on valmistaja määritellyt laitteen käyttöohjeessa.

Vaihteen hitsaustekninen kunnostus kuuluu vilkkaasti liikennöityjen vaihteiden vuosittaiseen huoltoon. Risteyksen kärki ja siipikiskot kuluvat raskaan liikenteen alla päälle-

hitsattavaan kuntoon nopeasti. Suora tukikisko kielen edestä kuluu vaihteessa, josta ajetaan paljon poikkeavalle raiteelle. Tällaisen tukikiskon täyttö oikeaan profiiliin säästää vaihteen käyrää kieltä.

5 Sepelitukikerroksen vaihto kaivukoneilla

Massanvaihto vaihteen alle voidaan tehdä lyhyissä työraoissa kiskopyöräkaivukoneilla. Tätä menetelmää käytetään paljon raiteessa olevien lyhyiden tukikerroskorjausten yhteydessä. Kahdella kaivukoneella, joista toisessa on n. 0,8 m leveä kauha ja toisessa kahmarikauha, voidaan massat vaihtaa tunnin työraossa kolmen pölkyn osuudelle. Vaihdetun tukikerroksen osuudeksi tulee täten n. 2,4 m.



Hienontunutta sepeliä eristysjatkoksen alla

5.1 Kiskopyöräkaivukone

Radanrakennustöihin on rakennettu pyörialustaisesta kaivukoneesta kiskoilla liikkuva työkonetta lisäämällä siihen kiskopyörät. Kauhan lisäksi puomiin voi kiinnittää ratatöihin soveltuvia lisälaitteita, joista yleisimmät ovat kahmarikauha ja vesakkoleikkuri. Rata-pölkynvaihdoissa kahmarikauha on nykyisin välttämätön työkalu. Karkeasta ratasepelistä pölkyn irrotus lapiolla ja hakulla vie liikaa aikaa. Vaihteen risteys- ja takajatkosalu-

eellä olevien 4.5 m pitkien pölkkyjen poisotto ja takaisinasennus vaatii konemieheltä pitkää kokemusta tavanomaisesta pölkynvaihdoista ratalinjalla.



Kiskopyöräkaivukone varustettuna Roto-Tilt-laitteella

5.2 Valmistelevat työt

Massanvaihtotyön aloitusajankohta suunnitellaan yhdessä liikennesuunnittelijan kanssa. Jos rataosalle on suunniteltu pidempi liikennekatko lähelle ajateltua toteutusaikaa, työ aloitetaan silloin. Tässä vaihtoehdossa tarkastellaan normaaliliikenteellä olevaa rataosuutta, jolloin työraot ovat puolesta tunnista kahteen tuntiin.

Vuorokautisen työajan aloituskohta valitaan hiljaisemman liikenteen ajalle. Aloitusajankohdan selvittyä työstä tehdään ETJ-ilmoitus, joka on Liikenneviraston ylläpitämä ennakkotietojärjestelmä. Siinä ilmoitetaan vuorokautinen työskentelyaika ja työn keston kokonaisaika. Nopeusrajoitus ilmoitetaan myös ETJ-järjestelmällä. Tässä menetelmässä nopeusrajoitukseksi laitetaan 50 km/h. Nämä ilmoitukset on tehtävä kahta viikkoa ennen aloitusajankohtaa.

Nopeusrajoitusta varten rataan asetetaan nopeusmerkit ja baliisit, jotka ovat kiskojen väliin asetetut lähettimet. Näiden ohjelmointiin tarvitaan ohjelmointikoodi, joka on tilattava junankulunvalvontayksiköstä kaksi viikkoa ennemmin. Paikalliset turvalaiteasentajat ohjelmoivat baliiseihin pyydetyn nopeusrajoituksen. JKV-yksiköstä annetaan baliisien ja nopeusmerkkien asennuskaavio, jonka mukaan baliisit ja merkit asennetaan maastoon. Baliisien asennus maastoon voidaan tehdä etukäteen, kun ne peitetään tarkoitusta varten tehdyillä peltilevyillä.

Vaihdealueella työn valmistelu alkaa kaapelinnäytöllä. Vaikka sepelitukikerrosta ei vaihdetakaan kuin 55 cm pölkyn yläpinnasta alaspäin, merkitään kaikki risteävät ja radansuuntaiset kaapelit ja tutkitaan niiden syvyys ja suunta kaivussyvyyden alueelta. Vaihteelle tulevat turvalaitekaapelit valvontakoskettimelle ja kääntölaitteelle on merkittävä, tai otettava esiin ennen kaivun alkua. Samaan aikaan vaihteen lumensulatusjärjestelmästä kytketään virta pois ja kaapelien päät irrotetaan lämmitysvastuksien päätelaatista.

Raidevirtapiirien syöttöjohdot ja sähköistetyllä radalla maadoitusjohdot merkitään sekä arvioidaan samalla niiden uusimistarve. Tässä työssä on mukana oltava massanvaihtotyöryhmän esimies, jotta kaivutyön aikana säästyttäisiin kaapelivaurioilta. Hän toimii samalla liikenneturvallisuudesta vastaavana henkilönä ja pyytää tarvittavat työluvat liikenteenohjaajalta.

Vaihdealueen ympäristöstä poistetaan aluskasvillisuus ennen massanvaihdon alkua. Vanha tukikerrosmateriaali käytetään pääsääntöisesti pengerveivitykseen ja myös siltä alueelta poistetaan aluskasvillisuus. Uusi sepeli ajetaan vaihteen viereen suoraa murskausasemalta kuorma-autoilla. Sepeli voidaan tuoda myös junalla, mutta tässä työssä maantiekuljetus on edullisempaa. Massanvaihtomäärän koko lasketaan siten, että vaihteen etujatkon eteen tulee viiden metrin siirtymäkiila. Takajatkosta alkava takapölkky-sarjan alue lasketaan vaihteen mittaan ja siihen lisätään viisi metriä molempiin suuntiin. Pölkkyjen tilavuutta ei oteta käytännön työssä huomioon. Massanvaihtoalueen pinta-ala mitataan maastossa. Sen voi mitata vaihteen linjakaaviosta, mutta maastossa takapölkkyalueen ala tulee tarkemmin.

Massanvaihtoalueen pinta-ala, jota tässä työssä käytetään:

Asetinpölkky- ja vaihteen kosketinpölkkyalue 5 m^2

Siirtymäkiilan alkupäästä matemaattiselle pisteelle * Alueen leveys

$$16 \text{ m} * (3,6 + 5,3) \text{ m} / 2 = 71,2 \text{ m}^2$$

Matemaattiselta pisteeltä siirtymäkiilan päähän * alueen leveys

$$26 \text{ m} * (3,6 + 5,3) \text{ m} / 2 = 115,7 \text{ m}^2$$

Poikkeavasta raiteesta muodostuva pinta-ala 1:9 erkanemiskulmalla

$$26 * 1/9 \text{ m} * 26 \text{ m} / 2 = 38,6 \text{ m}^2$$

Pinta-ala yhteensä: $(5 + 71,2 + 115,7 + 38,6) \text{ m} = 231 \text{ m}^2$

Kiintotilavuus: $0,55 \text{ m} * 231 \text{ m}^2 = 127 \text{ m}^3$

Vanha ratasepeli on lähes murskeen muodossa tukikerroksessa, joten voidaan ajatella tilattavaksi määräksi 130 m^3 . Sepeli myydään tonnikaupalla ja irtotilavuuskuution massa on n. 1,6 t. Sepeliä tilataan siten 10 % hukka- ja lisäsepelöimisvaralla:

$$1,6 \text{ t/m}^3 * 1,1 * 130 \text{ m}^3 = 230 \text{ t.}$$

Työtä varten varataan tai sovitaan muiden työmaiden kanssa kiskopyöräkaivukoneiden saatavuus. Tähän menetelmään niitä tarvitaan neljä kappaletta, kaksi kahmarikauhalla ja kaksi kuokkakauhalla varustettuna. Yksi kone otetaan työmaalle kolme päivää ennemmin ottamaan vastaan sepelit ja tekemään muut valmisteltävät työt. Koneille tarvittava aputyöryhmä varataan, jos työtä ei tehdä kunnossapidon vakinaisella miehistöllä. Valmisteltavat työt aloittaneen rataesimiehen lisäksi tarvitaan neljä miestä, kaksi kumpaankin kaivukoneyksikköön.

Massanvaihdon aikana sepeli tiivistetään kaivukoneen kauhalla painelemalla ja pölkyt tuetaan kahmarikauhalla. Työn ajatellun valmistusajankohdan hetkelle varataan vaihteentukemiskone ja mittaryhmä merkitsemään tukemiskoneelle nosto- ja rekkausmerkinnät. Kiskopyöräkaivukone varataan työmaan käyttöön, ensimmäiseen tuentaan asti. Sillä tehdään lisäsepelöinti ja alueen viimeistelytyöt tuennan jälkeen. Liikenteestä tulevan kuormituksen perusteella varataan tukemiskone ja mittaryhmä vaihteen toista tukemista varten.

5.3 Massanvaihtotyö

Työmaalla pidetään perehdyttämistilaisuus ennen ensimmäisen työraon alkua kaikille työhön osallistujille, myös kaivukoneen kuljettajille. Siinä selvitetään työn kulku ja tur-

vallisuusasiat mm. suojautumissuunta työraon loputtua. Nopeusmerkit ja baliisit asennetaan kaavion mukaisille paikoille, jonka työn liikenneturvallisuudesta vastaava henkilö ilmoittaa liikenteenohjaajalle. Tämän jälkeen liikenteenohjaajalta pyydetään työ lupa, jonka pituus on oltava vähintään tunnin.

Massanvaihtotyö aloitetaan alueen molemmista päistä kahden kaivukoneen ja kahden apumiehen ryhmällä. Pölkkyjä irrotetaan kiskosta työraon pituudesta riippuva määrä. Kahmarikauhalla varustettu kone ottaa pölkkyt pois radasta ja kauhakone aloittaa kaivutyön samanaikaisesti kaivamalla sepeliä pois siltä puolelta rataa, johon pölkkyt vedetään. Pölkkyjen poistamisen jälkeen, poistetaan sepeli kv – 0,55 m syvyyteen.

Kaivun jälkeen kauhakone tuo uutta sepeliä tilalle ja kahmarikaivukone aloittaa pölkkyjen takaisin asennuksen. Apumiehet kiinnittävät pölkyn ja samanaikaisesti kahmarikone tiivistää sepeliä pölkyn välistä poikittain käännetyllä kauhalla. Kun kaikki pölkkyt on asennettu paikalleen ja sepeliä tuotu riittävä määrä, kahmarikone puristelee sepeliä pölkkyjen alle työraon loppumiseen asti. Vaihteen takaosassa poikkeavan raiteen alueelle voidaan massanvaihto tehdä koko siirtymäkiilan alueelle yhdellä kertaa, kun sovitaan liikenteenohjaajan kanssa siten, että junakohtauksia ei tehdä työn tarvitsemana aikana. Tällöin työn voi keskeyttää pölkkyjä takaisin laittamatta silloin, kun suoraa raidetta menee junia.

Vaihteen asetinpölkkyjen kohdalla massat vaihdetaan siten, että niitä ei irroteta. Vastavaihteeseen katsoessa vaihto lopetetaan ensimmäiseen asetinpölkkyyn ja sen alta sepeli poistetaan apuryhmän avulla lapioilla ja rautakangella irrottamalla. Asetinpölkkyjen alla on niitä yhteen sitovat yhdyslevyt kiskojen kohdalla. Kääntölaitteen ja pölkkyjen poisotto vaatisi pitkän työraon, joten tässä menetelmässä se ei olisi mahdollista.

Kielielementin alueella pölkkyt irrotetaan aluslevyistä. Kielisovituskiskot ovat kiinni liukualuslevyissä siten, että pölkyn yksittäinen irrotus on mahdotonta. Kiskojen välissä oleva vapaa kaivutila kapenee 0,9 m. Kolmen pölkyn alueelle massanvaihtoon tarvitaan jo noin tunnin työrajo. Lumensulatusjärjestelmän kaapeleita täytyy varoa ja jos muuntajat ovat vanhaa maassa olevaa mallia, niin ne täytyy työn ajaksi nostaa ylös.

Välikiskoalueella päivittäisen työn ajaksi on sovittava liikenteenohjauksen kanssa sellainen aikaväli, jolloin junakohtausta ei järjestetä vaihteesta poikkeavalle raiteelle. Silloin voidaan poikkeavat välikiskot poistaa työn ajaksi. Kaivu kiskojen kapeista väleistä olisi liian hidasta. Täten saadaan vaihteen keskelle 19 pölkyn matka, joka voidaan kaivaa samoin, kuin vaihteen ulkopuolinen alue. Poikkeavan raiteen puoli voidaan kaivaa samanaikaisesti toisella koneella ja sen jälkeen sillä tuodaan uutta sepeliä kaivukohtaan. Pölkkyjen oikean kiinnityskohdan varmistamiseksi ne on merkittävä hyvin kiskoihin ennen poisottoa.

Välikiskot katkaistaan hitsien kohdasta ennen kaivutyön aloittamista. Hitsausaumamat on hiottava sileäksi, jotta sidekiskot saadaan tukevasti kiinni kiskoisiin. Kiskojen väliaikaiskiinnityksenä käytetään kahta sidekiskopulttia ja sidekiskopuristinta. Työn valmistuttua välikiskot vaihdetaan tarvittaessa uusiin ja hitsataan takaisin yhteen. Jos käyrä kieli ja ulkokaaren välikisko kuluvat huomattavan nopeasti, niitä ei hitsata, vaan tehdään sidekisko jatkot neljällä pultilla.

Risteysalueella pölkkyt irrotetaan aluslevyistä, koska vastakisko ja vastakiskopukit estävät pölkyn irrotuksen aluslevyineen. Raideruuvien reiät on suojattava tai muutoin pidettävä puhtaana. Kaivu tehdään kahdella koneella vastakkaisista suunnista suoralla ja poikkeavalla raiteella yhtä aikaa. Työraoksi kolmen pölkyn alueelle tarvitaan noin tunti. Pölkkyjen tuentaan on varattava riittävästi aikaa, muodonmuutoksien välttämiseksi varsinkin risteuksen kärjen alueella. Jos risteuksen kärjen kohdalla olevat pölkkyt ovat taipuneet, ne kiilataan takaisinlaiton yhteydessä.



Massanvaihto Lapualla vaihteen 1 risteykseen

5.4 Vaihteen koneellinen tuenta

Massanvaihdon valmistuttua tarkastetaan kaikkien raideruuvien kireys ja pölkkyjen oikea asema. Teräsosien kiinnityselimet ja risteuksen vaakapultit kiristetään. Tarvittaviin kohtiin lisätään kiskopyöräkaivukoneella sepeliä. Vaihteen tukikiskoissa olevat lämpöeristyslementit on poistettava ennen tuentaa. Takajatkosalueella vastakkain olevien pölkkyjen väli on avattava, koska poikkeavaa raidetta tuettaessa sieltä voi rekkauksen johdosta työntyä mutka suoraan raiteeseen.

Useista tukemisista johtuen vanhan vaihteen korkeusviiva on teoreettista korkeammalla. Se huomioidaan nostokorkeudessa mahdollisuuksien mukaan. Ensimmäisellä tuennalla pidetään massanvaihdon alkua- ja loppupistettä noston nollakohtana. Vaaituksessa käytetään johtokiskona suoran tukikiskon puolta. Noston riittävyys varmistetaan, jos vaihde on kallistunut suoralle puolelle.

Vaihde tuetaan Plasser & Theurerin 08-475 4S vaihteentukemiskoneella, jossa on kolmen pisteen nosto- ja tukemismahdollisuus. Sillä voidaan nostaa ja tukea poikkeavaa

raidetta päänoston yhteydessä. Tällä saadaan hyvä tuentatulos risteyksen alueelle eikä pitkien pölkyjen päistä tarvitse nostaa käsitunkeilla pölkyjä vaakatasoon.

Vaihteen kääntölaitteen kohdassa olevat pitkät pölkyt on tuettava käsin. Vaihteessa olevan erillisen koskettimen kohdalla olevat pitkät pölkyt on tuettava myös käsikäyttöisellä moottorikankikoneella. Risteyksen kärjen kohdalle jäävä alue on tuettava käsikoneella. Liikenteenohjaajan kanssa on sovittava sellainen työrako, että vaihteen käyrä puoli ehditään tukea samassa työraossa.

Vaihteen kääntölaitteen toiminta on tarkastettava heti tuennan jälkeen. Kielien ja tukikiskojen välykset on tarkastettava ja tarvittaessa säädettävä. Vaihde mitataan raideleveysmitalla ja tuennan tulos arvioidaan tukemiskoneen piirturin tulosteesta. Mikäli tukemistuloksessa on niin iso virhe, ettei nopeutta voida nostaa 80 km/h, tuetaan vaihde heti uudelleen.

Lisäsepelöinti tehdään huomioiden jälkituennan sepelitarve. Liukualuslevyt puhdistetaan ja vaihde rasvataan. Kääntölaitteen käyttötankojen suojat asetetaan paikoilleen, mutta lämpöeristyselementit asennetaan takaisin vasta vaihteen jälkituennan jälkeen.

Nopeudennoston ajankohta on suunniteltava yhdessä liikennesuunnittelijan kanssa. Uuden rajoituksen alkaessa seuraavana vuorokautena, on ETJ-järjestelmään laitettava siitä tieto ennen klo 12.00:ta. Nopeusmerkkien ja baliisien vaihto tehdään sovittuna aikana ja liikenteenohjaajalle ilmoitetaan vaihtotyön valmistumisesta. Nopeuden nosto normaaliiksi tehdään heti jälkituennan jälkeen.



Vaihteentukemiskone Plasser & Theurer 08-475 4S risteyskohdalla. Tukemisaggregaatti ja nostokoukku kolmen kiskon nostoasennossa.

5.5 Jälkituenta

Vaihteen lopullinen tuenta tehdään viikon kuluttua ensimmäisestä koneellisesta tuenasta. Tänä aikana vaihteen pystygeometriaa on seurattava. Jos siihen tulee selviä painumia, ne on tuettava kankikoneella. Jälkituenta tehdään samalla vaatimustasolla kuin normaali kunnossapitotuentakin. Tuettavan alueen pituus on sallittu nopeus (sn)/2 m sekä vaihteen edessä että takana.

Tukemiskoneelle vaaitaan ”tukemisnuotit” valmiille kaavakkeelle tai laitetaan nosto- ja rekkausmerkit pölkkyihin. Rekkauslaseria käytettäessä merkitään rekkauksen alku- ja loppupiste. Aloitus- ja lopetusviivien kaltevuudeksi vaaitaan 1 ‰. Optimaalisena nostokorkeutena käytetään 50:tä mm. Käsitukemiskoneella tuetaan samat kohdat kuin ensimmäiselläkin tuentakerralla. Asetinpölkkyjen suoruus tarkastetaan vesivaa’alla, koska moottorin painosta johtuen voivat pölkkyt olla päästä taipuneita.

Tuennan yhteydessä käytetään tukemiskoneeseen liitettyä sepeliharjaa. Kielisovituksen kohdalla sitä ei voi käyttää, koska lämmitysvastukset voivat vahingoittua. Jos tukikerrokseen jää vajaita kohtia, ne täydennetään pölkyn yläpinnan tasoon. Kielisovituksen kohdalla sepelipinta tasataan raiteen välissä n. viisi cm pölkyn pinnan alapuolelle.

Lopuksi vaihde pestään painepesurilla, liukualuset voidellaan ja lumisuojat sekä lämpöeristys-elementit asennetaan takaisin paikalleen. Lumensulatusjärjestelmään kytketään virta päälle syysuollon yhteydessä samalla kun lämmitysvastusten kunto tarkastetaan.

5.6 Työhön käytetty aika ja kustannukset

Radan liikennöitävyyteen vaikuttava kokonaisaika arvioidaan sovittujen työrajojen ja koneiden käyttämän ajan perusteella, vaihteen eri elementtien kohdalla. Tässä tarkastellaan työaika siten, että päivän aikana saadaan kaksi tunnin- ja yksi kahden tunnin työrajo. Lyhemmissä työrajoissa tehdään valmistelevia töitä.

Vaihteen eteen massanvaihtoa tulee 10 pölkyn matkalle. Ensimmäisen asetinpölkyn alle vaihdetaan massat samassa yhteydessä. Tähän menee aikaa yksi työvuoro. Samaan aikaan toinen työryhmä vaihtaa massat takaosassa käyrälle puolelle koko siirtymäkiilan alueelle ja aloittaa sen jälkeen suoran puolen massanvaihdon.

Toisen työvuoron aikana eturyhmä vaihtaa massat kielisovitusalueella toisen asetinpölkyn ja kuuden liukualuspölkyn alueelle. Takaryhmä vaihtaa massat suoralla puolella ensimmäiseen pitkään pölkkyyn asti.

Kolmantena työvuorona molemmat koneet siirtyvät risteysalueelle. Massat vaihdetaan pitkien pölkkyjen alueelle, koneet vastakkaisista suunnista eri raiteella. Massat saadaan vaihdettua 10 pölkyn matkalle, joista kaksi on risteuksen vastakiskon kohdalla.

Neljännellä työvuorolla molemmat koneet vaihtavat massaa risteysalueella. Työ on hidasta, koska aluslevyt ja vastakiskopukit ovat kiinni kiskoissa ja kaivutila on ahdas. Massat saadaan vaihdettua seitsemän pölkyn alueelle.

Viidentenä työvuorona poistetaan käyrät välikiskot ja takaryhmä aloittaa massanvaihdon tällä alueella. Eturyhmä vaihtaa massoja kielisovitusalueella. Koneet työskentelevät vastakkain.

Kuudennelle työvuorolle jää kuuden pölkyn matka tehtäväksi. Tällöin toista kaivukoneryhmää ei siten enää tarvita. Käyrät välikiskot on vielä poistettava, jotta työ onnistuisi lähellä kielisovituselementtiä. Työvuoro loppuu tukemiskoneella tehtyyn vaihteen tuentaan ja jälkisepelöintiin.

Jos massanvaihto aloitetaan alkuviikosta ja tehdään valmiiksi ilman viikonlopputaukoa, on 50 km/h rajoitus voimassa kuusi päivää. Jälkituenta tehdään ennen seuraavaa viikonloppua, jolloin 80 km/h rajoitus on voimassa. Kokonaisrajoitusajaksi muodostuu siten 11 päivää.

Massanvaihdon kustannusarvio kaivukoneella:

Tehtävä	Määrä	Yksikkö	Kustannus/yks.	Kustannus yht.
Sähkömies	16	h	52	832
Työnjohtaja	80	h	52	4160
Ratamies	272	h	38	10336
pakettiauto	112	h	8	896
kiskopyöräkaivukone	136	h	63	8568
tukemiskone ja miehistö	16	h	720	11520
sähkömies mekaaninen	24	h	50	1200
kiskohitsaaja	16	h	47	752
termiittihitsausvaunu	8	h	13	104
termiittiannos	2	kpl	120	240
kuumavesipainepesuri	8	h	20	160
ratasepeli	230	t	10	2300
projektipäällikkö	16	h	92	1472
projektisihteeri	8	h	54	432
vastaava työnjohtaja	48	h	63	3024
			Kustannus yht.	45996

6 Massanvaihto vaihde kokonaisena sivuun siirtämällä

Massanvaihto vaihteeseen voidaan tehdä yhden pitkän liikennekatkon aikana, nostamalla ja kuljettamalla vaihde kokonaisena sivuun Desec Tracklayerilla. Sen on suunnitellut Desec Oy ja sen ensimmäisen version valmisti Parkano Oy 1990-luvulla.

Vaihtenvaihtokoneesta käytetään työmaalla nimeä ”Kuukävelijä”, mutta tässä lopputyössä siitä käytetään uusinta nimitystä Destrack. Tarve koneen rakentamiselle tuli raskaiden betonipölkkyvaihteiden myötä.

6.1 Desec Tracklayer TL 70

VR Trackin hankkima Destrack TL 70 on monikäyttöinen työkone. Se on suunniteltu kantamaan ja nostamaan hyvin pitkiä, painavia rata- ja vaihde-elementtejä. Se ei vaadi apunostolaitteita elementtien käsittelyssä ja sitä voidaan käyttää ajojohtimien alla. Kone voidaan siirtää työmaalle tavallisella rautatievaunulla junalla, jonka Sn on 80 km/h.

Kone kuormaa itsensä vaunuun, laskeutuu vaunusta itse horisontaalisesti ja vertikaalisesti teleskoopattavien jalkojensa avulla. Lastaus ja purkaus tapahtuvat 5 – 10 minuutissa. Kone liikkuu neljällä telalla, joita käytetään hydraulimoottoreilla.

Kytkemällä kaksi konetta yhdyskaapelilla toisiinsa, voidaan kapasiteetti lähes kaksinkertaistaa. Kone voidaan yhdyskaapelilla kytkeä tandemkäyttöön aikaisemmin toimitettujen (TL 50) koneiden kanssa. Kone kantaa elementtejä sekä radan suunnassa että poikkisuunnassa ohjattavien, hydraulisesti käännettävien kumipinnoitettujen telojen ansiosta. Sivusiirto myös raiteen tukikerroksen luiskassa on mahdollinen (max. kaltevuus 1:1.5). Koneen ajonopeus on 15 m/min.

Elementtejä voidaan siirtää sivusuunnassa myös teleskooppaamalla tela- ja tukijalkoja sisään ja ulos. Elementtejä nostettaessa ja siirrettäessä, ne nostetaan tukevasti nostokoukuilla kiinni rungon alla oleviin kumipuskimiin. Näin elementti ei pääse heilumaan eikä taipumaan.

Destrackilla vaihteen elementit saadaan nostettua kuljetusvaunusta suoraan paikalleen. Tasaisen noston ansiosta niihin ei tule muodonmuutoksia. Destrack TL 70:llä voidaan nostaa vaihde- ja raide-elementtejä joiden maksimi paino on 36 t, pituus 36 m ja leveys

5,2 m. Sillä voidaan nostaa YV 54-200N-1:9 betonipölkkyvaihde kokonaisena. Sen paino on 32,4 t ja pituus 28,3 m. Tässä työssä vertailukohteena on YV 54-200-1:9 puupölkkyvaihde, jonka paino on 13,2 t. (Desec Tracklayer TL 70 VR, 2008, 1-2.)



Destrack valmiina ottamaan vaunusta vaihde-elementtiä

6.2 Valmistelevat työt

Massanvaihtoon vaihde kokonaisena sivuun siirtämällä tarvitaan pidempi liikennekatko. Siitä on neuvoteltava liikenteenohjaajan kanssa noin kahta kuukautta ennen ajateltua työtä. Liikennekatkon pituuden lähtökohdaksi otetaan 10 tuntia. Sopivan päivän löydyttyä aloitetaan varsinainen valmistelu.

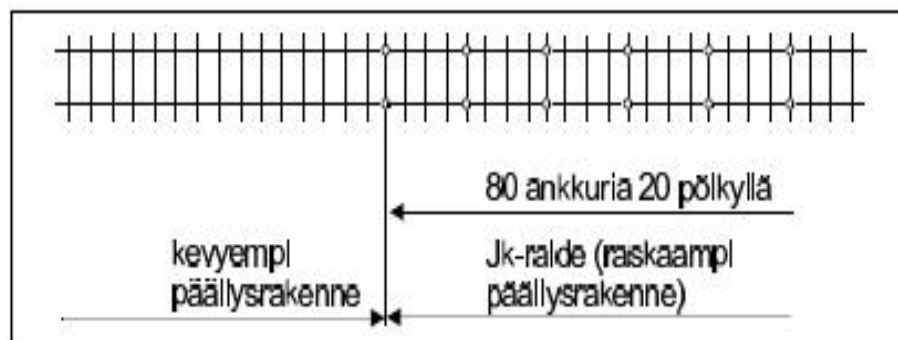
Työtä varten varataan ensimmäisenä isot ratatyökoneet: Destrack, raidenosturi, stabilisaattori ja vaihteentukemiskone. Sepelöintiä varten varataan ratakuorma-auto ja kaksi uad-sepelinkuljetusvaunua. Kaivutyöhön tarvittavat pyöräkuormaaja, tela-alustainen- ja kiskopyöräkaivukone varataan samaan aikaan. Vaihteenasennustyöryhmän lisäksi varataan hitsaustyökunta vaihtopäivän jälkeisiksi kolmeksi työvuoroksi.

Junaliikenteeseen vaikuttavat ilmoitukset ja nopeusrajoitusilmoitus tehdään samalla aikataululla kuin kiskopyöräkoneilla tehtävässä massanvaihdossa. Vaihteen ympäristön esityöt, kaapelinnäyttö sekä niiden esillekaivu tarvittaessa tehdään edellä kuvatulla tavalla. Uusi sepeli ajetaan vaihteen viereen ja kaivettavalle massalle tehdään tila vaihteen toiselle puolelle.

Vaihde nostetaan ylös Destrackillä siten, että se katkaistaan takajatkosta ja etujatkon edestä viiden metrin päästä. Siten nostettavan kappaleen pituudeksi tulee 33,3 m. Painoa sille kertyy noin 15 tonnia. Takaosasta kiskot katkaistaan pitkien pölkkyjen päästä viiden metrin etäisyydeltä. Tämä elementti nostetaan sivuraidetta pitkin kulkevalla raidenosturilla. Pituutta elementille tulee 8,7 m ja painoa noin 10 tonnia.

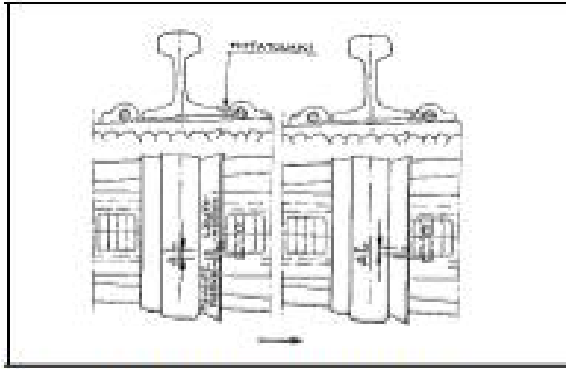
Kiskot voidaan katkaista etukäteen vain poikkeavalta raiteelta. Suoran puolen kiskot katkaistaan vasta varsinaisen liikennekatkon alettua, jotta nopeusrajoitusta ei tarvitse asettaa ennen työn alkua.

Valmistelutyönä tehdään myös kiskojen ankkurointi. Sillä estetään lämpötilasta johtuva kiskojen pituudenmuutos. Se on tehtävä kiskojen neutraalilämpötila-alueella, joka on +12 °C...+22 °C. Ankkuroinnissa kiskot kiinnitetään pölkkyihin Mathée-kiskoankkureilla Rato 19.4.3.2 ohjeen mukaisesti.

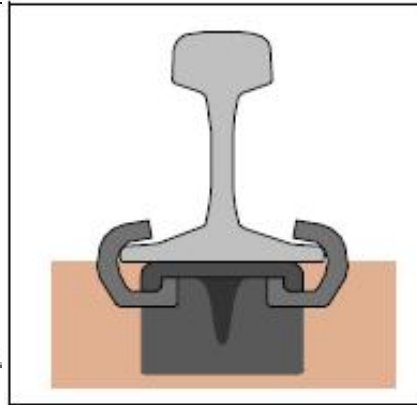


Kuva 19.4.2 Kiskojen ankkurointi jk-raiteen päässä

Loppuhitsauksia varten merkitään katkaisukohtien ulkopuolelle toiseen pölkkyyn tarkastuspiste. Näistä pölkkyistä irrotetaan kiinnitykset. Kiskon jalkaan sekä pölkkyyn merkitään tarkastuspiste. Kiskon lämpötila merkitsemishetkellä kirjataan ylös tai merkitään kiskon jalkaan.



Kuva 19.3:3 Tarkastuspisteiden merkitseminen



Kuva 11.5:8 Mathée-ankkuri.

6.3 Massanvaihtotyö

Liikennekatkon alettua aloitetaan työ katkaisemalla pääraiteen kiskot. Destrack kuljetaan vaihteen päälle pääradan suunnassa ja raidenosturi ajaa paikalle sivuraidetta pitkin. Destrackin purkamiseen alas kuljetusvaunusta menee aikaa noin 10 minuuttia.

Kiskojen katkaisun jälkeen, raidenosturi nostaa takapalan ylös ja siirtää sen ajamalla riittävän kauas vaihteesta. Destrack nostaa vaihteen ja siirtää sen ratapihan puolelle. Tela-alustainen kaivukone aloittaa kaivamisen etujatkon puoleisesta päästä ja kiskopyöräkone kaivaa massaa vaihteen takapästä.

Kun KKHt on kaivanut noin viisi metriä, suodatinkangasrulla asetetaan kuoppaan ja pyöräkuormaaja tuo sepeliä kankaan päälle. KKHt pyörittää rullaa mukanaan varoen kankaan repeämistä. Sepeliä tuodaan arviolta pölkyn alapinnan tasoon siten, että pyöräkuormaaja ei aja uuden sepelipatjan päällä. Pohjan kaivun edetessä mittamiehen on näytettävä korkeutta molemmille koneille aika-ajoin, jotta kaivutaso pysyy oikeana.

Kaivukoneiden ollessa lähellä toisiaan, siirtyy KKHt takaisin vaihteen etupäähän ja aloittaa pohjan tasaamisen tasoon kv - pölkyn paksuus - 2 cm. Pyöräkuormaajalla tuodaan tarvittaessa lisää sepeliä pohjan tasaukseen. Tätä jatketaan ilman taukoja alueen päähän asti.

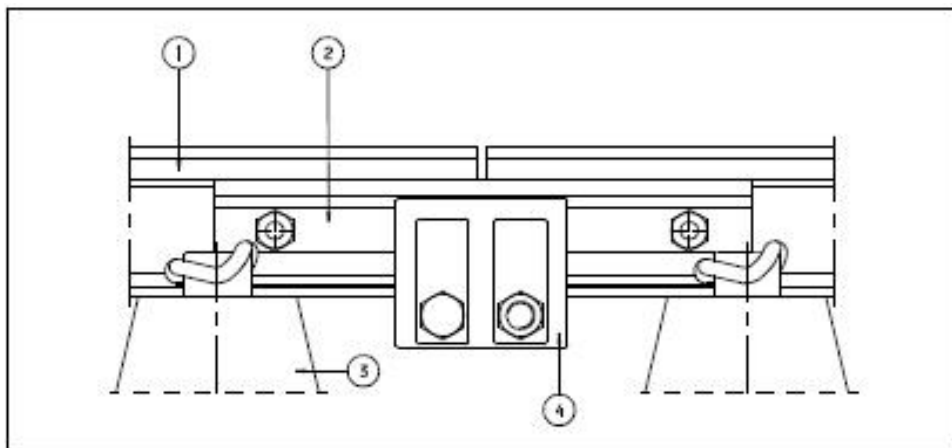
Pohjan valmistuttua, tuodaan vaihde takaisin Destrackillä ja takapala raidenosturilla. Elementit liitetään yhteen tilapäisjatkoksilla. Tämän jälkeen Destrackin kuljetusvaunu ajetaan hiljaista nopeutta käyttäen vaihteen päälle ja Destrack lastataan vaunuun. Vaih-

de sepelöidään Uad-vaunuilla sekä tukemiskoneelle vaaitaan nostokorkeudet. Tarvittaessa sepeli tasataan kiskopyöräkaivukoneella siten, että se ei ota kiinni tukemiskoneen rekkalankaan koneen alla.

Tuennan jälkeen vaihteen yli voidaan päästää junia 50 km/h vauhdilla. Tässä tapauksessa oletetaan liikennekatkon olevan niin pitkä, että vaihde ehditään stabiloida, sepelöidä ja tukea toisenkin kerran ennen katkon loppumista. Näiden työvaiheiden jälkeen vaihde luovutetaan liikenteelle 120 km/h nopeudella.

Kaivun aikana asennusryhmä poraa jokaisen elementin kiskojen päihin yhdet reiät sidekiskopulteille. Poraukset tehdään uloimpien reikien kohdalle. Sama tehdään myös radassa olevien kiskojen päihin, jotta tilapäisjatkokset saadaan kiinnitettyä. Takajatkosten kohdalla reiät ovat jo valmiina.

Tilapäisjatkokset ovat sidekisko jatkoksia, joissa ei ole neljää sideruuvia kiinnitettynä. Keskimmäisten sideruuvien tilalla käytetään lukittavaa Robel-sidekiskopuristinta. Tällaisella jatkolla nopeus saa olla enintään 120 km/h. (Rato 11.7.1.5, 69)



Rato kuva 11.7:7 Tilapäisjatkos.

6.4 Vaihteen stabilointi

VR Trackin konekalustoon kuuluu dynaaminen raidestabilisaattori Plasser & Theurer DGS 62 N. Sitä käytetään oikeaan asemaan tuetun raiteen ja vaihteen stabilointiin. Päälysrakenteen vaihtotyössä stabiloimalla saadaan aikaan raiteen hallittu laskeutuminen ilman junaliikenteestä johtuvia muita voimia. Liikenteen aiheuttama kuormitus alkaa

murentaa löyhässä sepelitukikerroksessa vastakkain olevia teräviä kulmia toisiaan vasten. Tästä johtuen uuden tukikerroksen stabiliteetti alkaa heti heikentyä.

Tasamuotoisessa dynaamisessa laskeutumisessa rataa siirtyy vain n. 30 % junaliikenteen kuormituksesta syntyvistä voimista. Stabiloinnilla aikaansaadaan pölkkyihin poikittaissiirtymävastusta n. 40 % enemmän heti työn jälkeen. Liikenteen aiheuttamalla kuormituksella sitä muodostuu hitaasti ja raiteeseen voi muodostua nopeasti rekkausmutkaa. (kurssimateriaali 2008, stabilointi ja tukikerroksen muotoilukoneet, 4-6.)

Vaihteesta stabiloidaan vain suora puoli. Ensimmäisen tuennan jälkeen stabiloidaan vain massanvaihto-osuus. Toinen tuenta aloitetaan vaihdealueen päästä, joka on $V/2$ m etu- ja takajatkolta mitattuna. Stabilointi aloitetaan ja lopetetaan samaan kohtaan.

6.5 Työhön käytetty aika ja kustannukset

Työn kokonaisaika on otettu huomioon kustannuksissa. Liikennöitävyyteen vaikuttava aika alkaa sovitun liikennekatkon alkaessa. Vaihdealueelle asetettu nopeusrajoitus päättyy viimeisen loppuhitsauksen valmistuttua.

Liikennekatkon alettua Destrack ajetaan vaihteen päälle ja vaihde siirretään sivuun. Samanaikaisesti raidenosturi nostaa takapalan pois. Aikaa tähän menee kiskonkatkaisujen ja vaihteen siirron kanssa puoli tuntia.

Massojen kaivu, suodatinkankaan asennus ja pohjan täyttö uudella sepelillä vie aikaa kaksi tuntia. Samaan aikaan tapahtuu myös pohjan tasauksen valmistuminen. Vaihteen takaisintuonti ja paikalle asentaminen vie aikaa takapalan asennuksen kanssa 45 minuuttia.



Vaihteen kielisovituselementin asennus Destrackillä

Vaihteen sepelöintiin Uad-vaunuilla sekä sepelin tasaukseen kuluu aikaa puoli tuntia. Samanaikaisesti tehdään tukemiskoneelle nostomerkit. Ensimmäisellä kerralla tukemiskone tukee vaihteesta massanvaihtokohdan. Suoran ja käyrän puolen tuennan kanssa aikaa kuluu yksi tunti. Stabilisaattorin työnopeudeksi suositellaan ensimmäisellä kerralla 500 - 1 000 m/h. Massanvaihtoalueen työnopeudeksi valitaan 500 m/h. Koneen siirtoajoihin työalueelle ja stabilointiin kuluu aikaa noin 15 minuuttia.

Liikennekatkon alusta työn ensimmäisen vaiheen loppumiseen kuluu aikaa viisi tuntia. Jos työrakoa ei ole saatu sovittua pidemmäksi, raide luovutetaan liikenteelle. Tällaisessa tapauksessa lisäsepelöinti, toinen tuenta ja stabilointi tehdään liikenteen ehdoilla.

Toista tuentaa varten koko tuenta-alueelle lisätään tarvittava määrä sepeliä. Se tehdään Uad-vaunuilla, vajaaksi jääneet kohdat paikataan kiskopyöräkoneella. Uudet mittauserkinnot tehdään samanaikaisesti. Aikaa tähän kuluu puoli tuntia. Linjaosuutta tulee tuettavaksi noin 150 m ja vaihteen käyränpuolelta 50 m. Vaihteentukemiskoneen linjatukemisnopeus on 600 m/h. Koko vaihdealueen tukemiseen menee aikaa noin 1 h 20 minuuttia. Stabiloitavan alueen pituus on 190 m. Työnopeudeksi valitaan 1 000 m/h.

Aikaa kuluu stabilointiin siirtoajoneen 20 minuuttia. Tämän jälkeen vaihde on liikennöitävissä 120 km/h nopeudella.

Työn kokonaisajaksi muodostuu 7 tuntia 10 minuuttia. Vaihdealueen hitsaus jatkuva-kiskoraiteeksi aloitetaan seuraavissa tunnin työraoissa. Mathée-kiskoankkurit poistetaan kiskojen neutraloinnin yhteydessä. Suoran puolen hitsausten valmistuttua, nostetaan nopeus rataosuuden Sn:ksi (sallittu nopeus). Vaihteen jälkituenta tehdään liikennemäärästä riippuen noin kahden viikon kuluessa.

Massanvaihdon kustannusarvio Destrackillä:

Tehtävä	Määrä	Yksikkö	Kustannus/yks.	Kustannus yht.
Sähkömies	16	h	52	832
Työnjohtaja	40	h	52	2080
Ratamies	64	h	38	2432
pakettiauto	60	h	8	480
kiskopyöräkaivukone	16	h	63	1008
vaihtenvaihtokone ja miehistö	8	h	500	4000
Destrackin kuljetuskustannukset	1	kpl	500	500
raidenosturi ja kuljettaja	8	h	249	1992
tukemiskone ja miehistö	16	h	720	11520
mittamies	16	h	44	704
Uad-vaunut 2 kpl	16	h	48	768
ratakuoma-auto Tka 8 + miehistö	8	h	170	1360
stabilisaattori DGS 62	8	h	369	2952
tela-alustainen kaivukone	8	h	50	400
pyöräkuormaaja	8	h	50	400
sähkömies mekaaninen	24	h	50	1200
kiskohitsaaja	48	h	47	2256
termiittihitsausvaunu	24	h	13	312
termiittiannos	10	kpl	120	1200
kuumavesipainepesuri	8	h	20	160
ratasepeli	230	t	10	2300
projektipäällikkö	16	h	92	1472
projektisihteeri	8	h	54	432
vastaava työnjohtaja	32	h	63	2016
			Kustannus yht.	42776

7 Vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehtojen vertailussa on tarkasteltu erilaisten tekijöiden hyviä ja huonoja puolia.

Arvosanat on annettu seuraavasti:

- heikko
- + välttävä
- ++ hyvä

<u>Vaihtoehto</u>	<u>kiskopyöräkaivukoneilla</u>	<u>Destrackillä</u>
toteutettavuus	+	++
liikenneturvallisuus	++	++
työturvallisuus	+	++
raskas ruumiillinen työ	+	++
resurssien kiinnitysaika	+	++
liikennehaitan pituus	+	++
nopeusrajoituksen suuruus	+	++
erikoiskaluston hyödynnettävyys	+	++
lopputuloksen luotettavuus	-	++
laadun seuranta	+	++
<u>kokonaiskustannukset</u>	<u>+</u>	<u>++</u>
arvosana	välttävä	hyvä

Menetelmien vertailusta voi tehdä sen johtopäätöksen, että Destrackillä toteutettuna työ on liikennehaitan lyhyiden ja lopputuloksen onnistumisen kannalta parempi vaihtoehto.

8 Päätelmät

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin kahta erilaista massanvaihtomenetelmää. Molemmat menetelmät käytiin läpi tehtävittäin ja lopputulokseksi saatiin kaksi työselitystä.

Lyhyissä työraoissa tehtävä massanvaihto kiskopyöräkaivukoneilla aiheuttaa pitkän liikennehaitan. Myös useiden aloituskohtien johdosta uuden sepelin hukkaprosentti kasvaa. Kokonaisen vaihdealueen massanvaihtoon menetelmä ei sovellu kuin ääritapauksissa. Vaihteen risteysalueen korjauksen yhteydessä menetelmä on sovelias, jos käytössä on pidempi liikennekatko. Tätä menetelmää kannattaa kuitenkin hyödyntää likaisesta tukikerroksesta johtuvien geometriavirheiden korjaukseen.

Vaihteen siirtäminen sivuun massanvaihdon ajaksi on luotettava menetelmä. Siinä saadaan massat vaihdettua kerralla eikä välikerroksen korvaavan suodatinkankaan asennus tuota vaikeuksia. Routaeristeiden asennus voidaan myös sisällyttää työhön. Destrackillä tehtävä vaihteen nosto massanvaihdon yhteydessä ei eroa uuden vaihteen asennustyöstä. Kustannussäästöä tulee kuitenkin vaihteen ostohinnassa, jos vaihteen vaihtamista saadaan siirrettyä vuosilla eteenpäin.

Massanvaihtoa Destrackillä kannattaa kokeilla käytännössä. Raiteentarkastusvaunun mittaustuloksia seuraamalla voidaan arvioida työn onnistuminen. Tällä tavalla selviää massanvaihdon kannattavuus vaihteen uusimiseen verrattuna.

Lähteet

- Desec Tracklayer TL 70 VR . Tekninen erittely No. 3450808, 13.8.2008. (www-sivu)
 Saatavissa: <http://www.desec.com>
- Nummelin, Markku 1994. Rautatievaihteet. Kehitys, rakenne ja kunnossapito. Mikkeli:
 Länsi-Savo Oy
- Nurmikolu, Antti 2006, Ratarakenteissa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen
 ja routimisherkkyyys. [Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 9/2006] (www-
 sivu) Saatavissa: www.rhk.fi/@Bin/1546494/A%209-2006_web.pdf
- Päällysrakennetyökoneiden tehokas käyttö 2008. Plasser & Theurer, Die Technologie des
 Dynamischen Gleisstabilisieren, opetusmateriaali Veikko Noranta, Tapio
 Noranta, Ari Loukkalahti ja Jorma Soini VR Track
- Ratahallintokeskus 2000, Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 4 Vaihteet. (www-sivu)
 Saatavissa: www.rhk.fi/@Bin/1704845/RAMO%204%20Vaihteet.pdf
- Ratahallintokeskus 2002, Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 11 Radan päällysrak-
 enne. (www-sivu) Saatavissa: [http://rhk-fi-
 bin.directo.fi/@Bin/7da00a97612a39b0da0017c3420be620/1304524723/a-
 plicati-
 on/pdf/1704873/RAMO%2011%20Radan%20p%C3%A4%C3%A4llysrakenne.pdf](http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/7da00a97612a39b0da0017c3420be620/1304524723/applycation/pdf/1704873/RAMO%2011%20Radan%20p%C3%A4%C3%A4llysrakenne.pdf)
- Ratahallintokeskus 2002, Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 14 Vaihteiden tarkastus
 ja kunnossapito. (www-sivu) Saatavissa: [http://rhk-fi-
 bin.directo.fi/@Bin/86609eb9cb5b72f80e7677ece65cb8c6/1304522983/ap-
 plicati-
 on/pdf/1704883/RAMO%2014%20Vaihteiden%20tarkastus%20ja%20kun-
 nossapito.pdf](http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/86609eb9cb5b72f80e7677ece65cb8c6/1304522983/applycation/pdf/1704883/RAMO%2014%20Vaihteiden%20tarkastus%20ja%20kunnossapito.pdf)
- Ratahallintokeskus 2000, Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 15 Radan kunnossapi-
 to. (www-sivu) Saatavissa:
[http://www.rhk.fi/@Bin/1704886/RAMO%2015%20Radan%20kunnossap-
 ito.pdf](http://www.rhk.fi/@Bin/1704886/RAMO%2015%20Radan%20kunnossapito.pdf)
- Ratahallintokeskus 2002, Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 19 Jatkuvakiskoraiteet
 ja vaihteet. (www-sivu) Saatavissa: [http://rhk-fi-
 bin.directo.fi/@Bin/ab049af59457801ccfba8dcab2125c89/1304523668/ap-
 plication/pdf/1704900/RAMO%2019%20Jatkuvakiskoraiteet%20ja%20-
 vaihteet.pdf](http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/ab049af59457801ccfba8dcab2125c89/1304523668/applycation/pdf/1704900/RAMO%2019%20Jatkuvakiskoraiteet%20ja%20vaihteet.pdf)
- Suomen rautatietilasto 2010. Liikenneviraston tilastoja 6/2010 (www-sivu) Saatavissa:
www.rhk.fi/@Bin/4026871/srt10.pdf