

---

# RAUTATIEN TUKIKERROKSEN PUHDISTUS

---

Teemu Tapaninen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto





Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Teemu Tapaninen	
Työn nimi Rautatien tukikerroksen puhdistus	
Päiväys	12.04.2011
Sivumäärä/Liitteet	53/2
Ohjaaja(t) Lehtori Raimo Lehtiniemi	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rakennusmestari Olavi Mäkäräinen / VR Track Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä rautateillä tapahtuvaan tukikerroksen sepelinpuhdistusprojektiin. Työn aiheen antoi Oy VR-Rata Ab:n rakennusmestari Olavi Mäkäräinen. Työn tekemiseen hankittiin käytännönkokemusta tukikerroksenpuhdistustyömaalla kesällä 2010. Työmaa sijaitsi Toivala-Siilinjärvi rataosuudella. Työn tavoitteena oli tutustua rautatien tukikerroksen puhdistusprojektiin sen alusta loppuun. Lisäksi työn tavoitteena oli etsiä mahdollisia parannuksia nykyiseen käytäntöön, sekä vaihtoehtoisia tukikerroksenpuhdistusmenetelmiä.</p> <p>Työssä jaoteltiin tukikerroksenpuhdistusprojektin työvaiheet pieniin osiin ja selvitettiin, mitä asioita eri työvaiheissa tulee ottaa huomioon. Lisäksi etsittiin puhdistustyötä koskevia laatuvaatimuksia ja määräyksiä. Suuri osa työstä perustui käytännön kokemukseen rautateillä tapahtuvista töistä. Lisäksi tietoa etsittiin Liikenneviraston julkaisuista ja erilaisten sepelinpuhdistustekniikoiden osalta internetistä.</p> <p>Suomessa tukikerroksen puhdistaminen tapahtuu alta leikkaavaa sepelinpuhdistuskonetta käyttäen. Kyseinen alta leikkaava kone puhdistaa tukikerroksen koko sen leveydeltä. Kone poistaa tukikerroksen, seuloo siitä hienoaineksen ja ylisuuret kivet pois ja palauttaa laatuvaatimukset täyttävän sepelin takaisin rataan. Suurin ongelma tukikerroksen kunnossapidossa Suomessa oli sen aktiivisen toteuttamisen puuttuminen. Rautatien tukikerroksen annettiin rappeutua yleensä siihen pisteeseen että radan kunnostus oli pakko aloittaa. Tällöin rataan syntyi geometrisiä muutoksia ja tukikerros alkoi routia, jolloin junaliikenteelle aiheutui nopeusrajoituksia, jonka seurauksena rataa oli pakko kiilata ja tukea, joka omalta osaltaan nopeutti tukikerroksen rapautumista. Lopulta koko tukikerros puhdistettiin. Työn tuloksena syntyi joukko ehdotuksia nykyisen käytännön tehostamiseen uusien tekniikoiden avulla. Lisäksi esiteltiin myös koko kunnossapitokäytännön uusiminen, jolloin tukikerroksen tilaa tarkkailtaisiin jatkuvasti maatukilla tai näytteitä ottamalla, jolloin oltaisiin tietoisia sen tilan kehittymisestä ja voitaisiin keskittää kunnossapitotoiminta oikeille alueille. Tukikerroksen jatkuva kunnossapito pidentäisi täydellisen uusimisen sykliä ja vähentäisi raideliikenteelle aiheutuvia haittoja. Lisäksi työssä esiteltiin uutena puhdistusmenetelmänä pölkkyjen päistä tapahtuva tukikerroksen puhdistus. Kyseinen menetelmä huoltaisi tukikerrosta nopeasti, parantaen tukikerroksen kuntoa ja pidentäisi uusimissykliä. Työn tulosten perusteella voitaisiin rautateiden tukikerroksen kunnossapitoa tehostaa, pitäen radat paremmin liikennöitävissä.</p>	
Avainsanat Raidesepeli, tukikerros, puhdistaminen, rautatie	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme: Construction Engineering			
Author(s) Teemu Tapaninen			
Title of Thesis Cleaning Railway Ballast on the Finnish Railroads			
Date	12.04.2011	Pages/Appendices	53/2
Supervisor(s) Mr Raimo Lehtiniemi, Lecturer			
Project/Partners Mr Olavi Mäkäräinen / VR Track Oy			
<p>Abstract</p> <p>This final year project was done for VR Track Oy and it focused on the cleaning of railway ballast on Finnish railways. The goal was to clarify how the cleaning project was done and how the existing methods could be improved. Also new kinds of techniques were searched for carrying out the cleaning of railway ballast.</p> <p>A big part of the knowledge for carrying out this project came from work experience on Finnish railways. Especially during the summer 2010 experience was gained by working on a ballast cleaning project that took place between Toivala and Siilinjärvi. Internet was also widely used for gathering more information considering different cleaning techniques. Finnish Transport Agency's quality demands and instructions were also studied from the part that regarding ballast cleaning.</p> <p>As a result of this project, the ballast cleaning operation was introduced from the beginning to the end. The cleaning project was separated into individual work phases in order to make it easier to control the big project. The quality demands of the Finnish Transport Agency were included in each work phase. Also some ideas were introduced to make the ballast cleaning project more efficient. Shoulder ballast cleaning was brought up as one possible future ballast maintenance technique. As a conclusion of the study, a totally new kind of maintenance policy to be used to improve the condition of railway ballast on Finnish railroads was introduced.</p>			
Keywords Railway, ballast, cleaning, screening			

## ALKUSANAT

Haluan kiittää VR Track Oy:n vastaavaa työnjohtajaa Olavi Mäkäräistä opinnäytetyön aiheesta ja avusta työn tekemisessä. Kiitän myös kesällä 2010 Toivala - Siilinjärvi rataosuudella tehdyssä tukikerroksen puhdistusprojektissa työskennelleitä henkilöitä.

Kuopiossa 12.4.2011

Teemu Tapaninen

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	8
2	JUNARADAN TUKIKERROS .....	9
3	TUKIKERROKSEN KORJAUSPROSESSI .....	11
3.1	Tukikerroksen korjaamistarpeen syntyminen .....	11
3.2	Tukikerroksen tutkiminen .....	13
3.3	Rahoituspäätös ja kilpailutus .....	13
3.4	Työnsuunnittelu .....	13
3.4.1	Aikataulut .....	14
3.4.2	Materiaalit.....	15
3.4.3	Henkilöresurssit.....	16
3.4.4	Koneresurssit .....	17
3.4.5	Koneiden paikat ja huolto .....	21
3.4.6	Nopeusrajoitukset.....	21
3.4.7	Työraot.....	24
3.4.8	Luvat .....	24
3.5	Alustavat työt.....	25
3.5.1	Kaapelinäyttö ja -kaivu .....	25
3.5.2	Tukikerroksen täydennys etukäteen .....	26
3.5.3	Ylikäytävät.....	26
3.5.4	Mittaaminen ja paalutus.....	26
3.5.5	Ratatyöilmoitus ja ennakoilmoitusjärjestelmä (ETJ) .....	27
3.5.6	Sähkökatkot .....	27
3.5.7	Sepelin lastauspaikat.....	28
3.5.8	Kaluston varaus.....	28
3.5.9	Materiaalien tilaus .....	28
3.6	Varsinainen työ.....	29
3.6.1	Turvallisuus .....	29
3.6.2	Jännitekatkot.....	31
3.6.3	Sepelöinti .....	31
3.6.4	Tukikerroksen muotoilu .....	32
3.6.5	JKV- ja turvalaitetyöt .....	33
3.6.6	Ylikäytävät.....	33
3.6.7	Sepelinpuhdistus .....	34
3.6.8	Mittaus .....	38
3.6.9	Raitteen tukeminen ja stabilointi .....	38
3.6.10	Liikenteelle luovutus .....	38

3.7	Jälkityöt .....	39
3.7.1	Kaapelien peittäminen .....	39
3.7.2	Ojien ja rumpujen puhdistaminen .....	39
3.7.3	Jälkien tasoittelu .....	40
3.7.4	Ylikäytävien viimeistely .....	40
3.7.5	VERSE-mittaus .....	40
3.7.6	Luovutus.....	40
3.8	Puhdistetun sepelin laatuvaatimukset.....	41
4	PARANNUSEHDOTUKSET NYKEISEEN KÄYTÄNTÖÖN.....	43
4.1	Näytteenotto koneellisesti.....	43
4.2	Tukikerrosskannerit .....	43
4.3	Ylikäytävät.....	45
4.4	Kaapelien sijoitus.....	45
4.5	Oheistöiden optimointi .....	46
4.6	Miehistön yhdistäminen .....	46
4.7	Uudet sepelinpuhdistuskoneet.....	47
5	VAIHTOEHTOISET MENETELMÄT TUKIKERROKSEN PUHDISTAMISEEN.....	48
5.1	Kaivinkoneella tapahtuva massanvaihto .....	48
5.2	Pölkkyjen päistä tapahtuva seulominen .....	49
6	UUSI KUNNOSSAPITOKÄYTÄNTÖ TUKIKERROKSEN KUNNOSSAPITOON..	52
	LÄHTEET.....	54

## LIITTEET

Liite 1 Sepelinpuhdistuskoneen rataan palauttaman kiviaineksen rakeisuus. Toivala – Siilinjärvi 2010.

## 1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimii VR Track Oy. Aiheen työhön sain VR Track Oy:n työnjohtaja Olavi Mäkäräiseltä, jonka alaisena työskentelin sepelinpuhdistustyömaalla kesällä 2010. Työn tavoitteena on tutustua tukikerroksenpuhdistusprojektin vaiheisiin sen alusta loppuun ja etsiä parannuksia nykyiseen käytäntöön, sekä mahdollisia uusia menetelmiä tukikerroksen puhdistamiseen. Työn tekeminen perustuu omaan henkilökohtaiseen kokemukseen rautateillä tapahtuvista töistä. Lisäksi käytetään Liikenneviraston julkaisuja ja internetiä.

Junaradan tukikerros kuuluu radan päällysrakenteeseen ja muodostuu raidesepelistä tai raidesorasta. Tukikerroksen tehtävänä on jakaa radalle tulevat kuormat alusrakenteelle, muodostaa kantava ja tasainen alusta raiteelle, sekä pitää raide geometrisesti oikeassa asemassa ja asennossa. Radan toimivuuden ja turvallisuuden kannalta tukikerroksen kunnon vaikutus on siis merkittävä. Jotta tukikerros toimisi toivotulla tavalla, täytyy tukikerroksen olla riittävän paksu ja leveä, sekä kiviaineksen oikean kokoista ja teräväkulmaista. Tukikerros ei saa myöskään sisältää liikaa hienoainesta. (RATO 3 Radan rakenne, 2008, 7.)

Ajan kuluessa raideliikenteen ja kunnossapitotoiminnan aiheuttamat dynaamiset kuormat, sekä ympäristön aiheuttama korroosio aiheuttavat sepelin kulumista, jolloin yksittäiset kivet alkavat halkeilla ja murskaantua, minkä seurauksena tukikerros menettää stabiilitaan. Myös routavaurioiden määrä kasvaa, kun hienoaineksen määrä tukikerroksessa nousee. Kun tukikerros ei enää täytä siltä edellytetyjä vaatimuksia, tulee eteen tukikerroksen korjaaminen. Korjaaminen voidaan tehdä joko vaihtamalla tukikerros osittain tai kokonaan, tai seulomalla tukikerroksesta siihen sopimaton materiaali pois.

Tässä työssä keskitytään tukikerroksen puhdistamisprojektiin, joka tapahtuu sepelinpuhdistuskoneella päällysrakenteessa jota käytetään päälinoilla. Eli tukikerros muodostuu raidesepelistä, pölköt ovat betonisia ja raide on jatkuvakiskoraidetta. Lisäksi työssä on pyritty etsimään parannusehdotuksia nykyiseen käytäntöön ja mahdollisia vaihtoehtoisia toimintamalleja.

## 2 JUNARADAN TUKIKERROS

Tukikerros kuuluu junaradan päällysrakenteeseen ja sen tehtävänä on jakaa radalle tulevat kuormat alusrakenteelle, muodostaa kantava ja tasainen alusta raiteelle, sekä pitää raide geometrisesti oikeassa asemassa ja asennossa. (RATO 3 Radan rakenne, 2008, 7.)

Nykyään tukikerros muodostuu yleensä raidesepeleistä. Tukikerroksen mitat määräytyvät rataluokan, suurimman sallitun nopeuden, kiskonpituuden sekä tukikerrosmateriaalin ja ratapölkkytyypin perusteella. (Päällysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 14.)

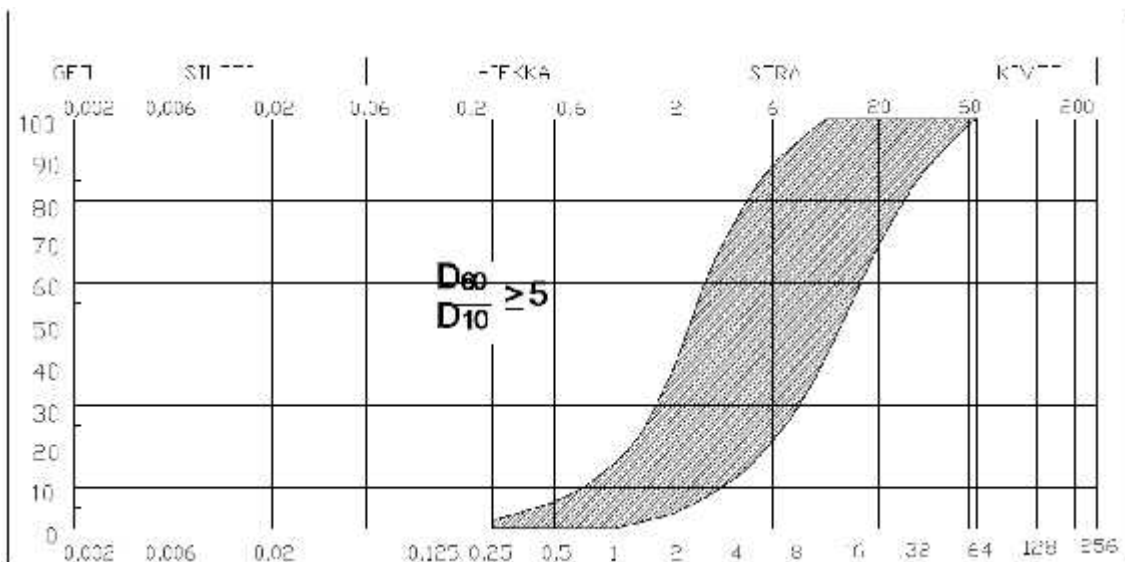
Betoniratapölkkyjä käytettäessä sepelitukikerroksen mitoituspaksuus on aina 550 millimetriä. Tukikerroksen paksuuden lisäksi tulee huomioida tukikerroksen leveys pölkyn päiden ulkopuolella, mikä vaihtelee linjanopeuden perusteella. Alle 160 km/h nopeudella liikennöitävissä raiteissa tukikerroksen leveys pölkkyjen päissä on 400 mm ja yli 160 km/h liikennöitävissä raiteissa 500 mm. Junaradan periaatteellinen rakenne on esitetty kuvassa 3. (RAMO 11 Radan päällysrakenne, 2002, 17.)

Jatkuvakiskoraiteissa pölkyn päissä käytetään myös palletta (korotus), jonka kaltevuus raiteeseen päin on noin 1:5 ja leveys pölkyn yläpinnan tasossa vähintään 400 mm kun sallittu nopeus  $V \leq 160$  km/h ja vähintään 500 mm kun  $V \geq 160$  km/h. Palletta ei käytetä suurimman sallitun nopeuden ollessa alle 120 km/h, tai jos tukikerros on yhtenäinen raiteiden välissä tai rajoittuu kiinteään tai jatkuvaan esteeseen, kuten asemalaituriin. (RAMO 11 Radan päällysrakenne, 2002, 16.)

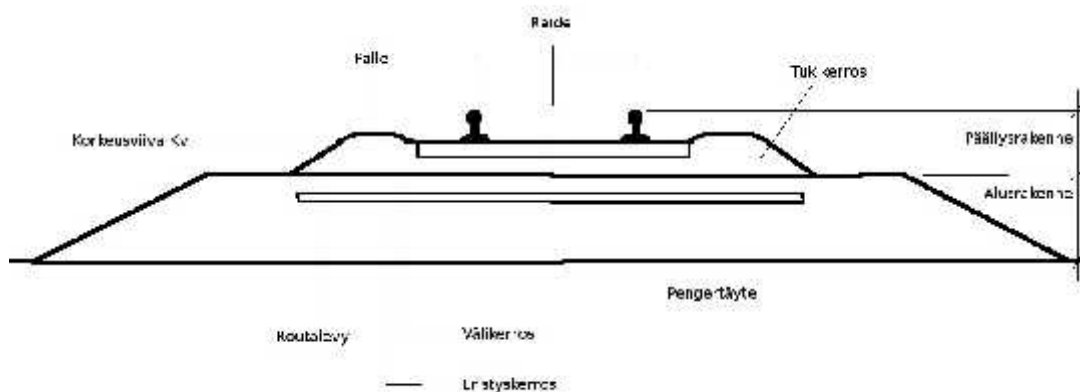
Radan tukikerrosmateriaalina toimii pääasiallisesti raidesepeleli. Raidesepeleli on kiviainesta, jonka rakeiden pinnat ovat 100 % murskaantuneita ja jonka raekoko  $d/D$  on 31,5/63 mm tai 31,5/50 mm. Raidesepelelin ominaisuuksien vaatimustasot on esitetty kuvassa 1 ja rakeisuuden ohjealue on esitetty kuvassa 2. (SFS-EN 13450, 2005, 2)

Olellaiset ominaisuudet	Vaatimusten kohdat standardissa SFS-EN 13450	Tuotetyyppi	Käyttökohte	Vaaditaanko Suomessa	Vaatimustaso Suomessa	
Raemuoto, raekoko ja kiintolihuus	0.2 Raidesepelin raekoko	Kaikki	Kaikki	K	31,5/03 tai 31,5/50	
	0.3 Raekisuus				K	Luokat C, E ja F
	0.4 Kiviaineksen raemuoto				K	Luokka S <sub>01</sub>
	7.4.2 Kiintolihuus				K	Ilmoitettu arvo
Iskunkestävyys	7.2 Iskunkestävyys	Kaikki	Kaikki	K	Luokat LA <sub>10</sub> 12, LA <sub>10</sub> 16, LA <sub>10</sub> 20	
Kulutuskestävyys Puhkaus	7.3 Kulutuskestävyys	Kaikki	Kaikki	K	Luokka M <sub>10</sub> /RB 11	
	0.5 Hienoaineksen määrä				K	Luokka B
Vaarallisten aineiden vapautuminen	1.3.3.1 edot raaka-aineesta 1.7 Tuotannon johtaminen	Kaikki	Kaikki	K	Ilmaa sisältävä haitallisessa määrin sähköä johtavia mineraaleja*)	
Jäädätyys sulatuskestävyys	7.4.1 Jäädätyys sulatuskestävyys	Kaikki	Kaikki	K	Vedenimeytyminen W <sub>500</sub> < 0,5 %. Jos W <sub>500</sub> > 0,5 %, tehdään jäädytys-sulatus testi SFS-EN 1367-1.	
Rapautumiskestävyys	7.5 Sonnenbrand	Kaikki	Kaikki	E		

Kuva 1. SFS-EN 13450 Raidesepelikiviaineksen olellaisien ominaisuuksien kansalliset vaatimustasot (SFS-EN 13450, 2005, 2.)



Kuva 2. Raidesoran rakeisuusohjealue (Raidesoran laatuvaatimukset, 1999)



Kuva 3. Radan periaatteellinen rakenne

### 3 TUKIKERROKSEN KORJAUSPROSESSI

#### 3.1 Tukikerroksen korjaamistarpeen syntyminen

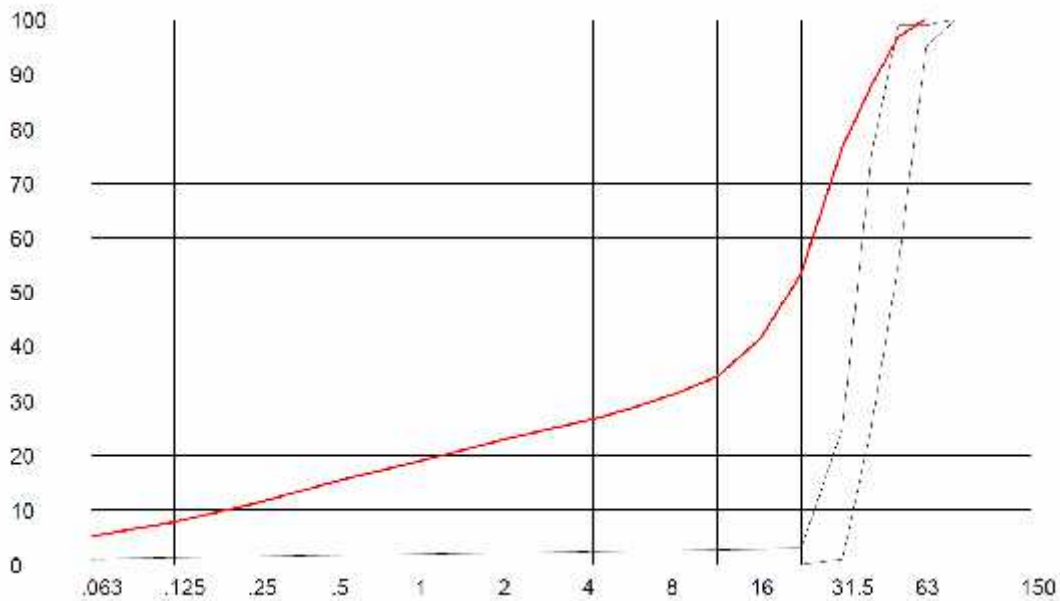
Ajan kuluessa raideliikenteen ja kunnossapitotoiminnan aiheuttamat dynaamiset kuormat, sekä ympäristön aiheuttama korrosio aiheuttavat sepelin kulumista, jolloin yksittäisen kivet alkavat halkeilla ja murskaantua, minkä seurauksena tukikerros menettää stabiliteettiaan. Tämän aiheuttaa pieneksi jauhautunut kiviaines. Kun hienoaineksen määrä sepelikerroksessa kasvaa niin suureksi, ettei se enää mahdu suurirakeisten kiviainesten väliin tyhjätiloihin, erottaa se suurirakeiset kiviainekset toisistaan, jolloin niiden välinen kontakti häviää ja stabiliteetti huonontuu. Kiviaineksen jauhautuessa, hienoaineksen määrä tukikerroksessa kasvaa, hidastaen tai estäen vedenvirtausta rakenteen läpi, jolloin kerroksesta voi tulla routiva. Rakenteeseen voi muodostua myös hienoainekkerrostumia, joihin muodostuu vesitaskuja.

Ratatöistä varsinkin raiteen tuenta aiheuttaa raidesepelin kulumista. Tukemiskone tukee raidetta hakkaamalla sepelikerrosta kovametallisilla ”sorkilla”, jotka täryttävät sepeliä tiukaksi kerrokseksi pölkkyjen alle. Tämä toiminta paitsi nostaa raiteen oikeaan asemaansa, murskaa myös tehokkaasti sepeliä.

Tukikerroksen laatuun voi vaikuttaa myös ulkopuolelta tuleva hienoaines. Radalla tapahtuvasta rahtiliikenteestä saattaa ajan myötä pudota hienoaineksiä radalle, jolloin ne jäävät tukikerrokseen. Varsinkin kaivosten mineraalikuljetukset voivat aiheuttaa tällaista likaantumista. Myös raiteilla tapahtuva sepelinlastaus ja varsinkin sepelin kastelu vaunuissa saattaa valuttaa kuorman hienoainekset radan rakenteeseen. Hienoainesta voi kulkeutua radalle myös tuulen kuljettamana lähiympäristöstä.

Tarve tukikerroksen korjauksen aloittamiselle tulee, kun tukikerroksen kuluminen on päässyt pisteeseen, jolloin raiteessa ilmenee geometrisia muutoksia, jotka häiritsevät junaliikennettä. Geometrinen muutosten takana on usein tukikerroksen hienoainespiitoisuuden kasvaminen, mikä tekee kerroksesta routivan, jolloin syksyllä veden jäätyessä kerros laajenee ja aiheuttaa pystysuoria muutoksia radan geometriassa. Tällöin joudutaan raidetta tukemaan tai kiilaamaan, jotta raide saadaan tarpeeksi tasaiseksi junaliikenteelle. Keväällä jääkerrosten sulaminen aiheuttaa jälleen samat ongelmat, kun raide jälleen painuu ja raidetta joudutaan taas tukemaan tai kiilaamaan. Jokainen

kunnossapidon merkeissä tehty tuenta murskaa lisää sepeliä ja huonontaa tukikerroksen laatua edelleen.



Kuva 4. Kuluneen tukikerroksen sepelin rakeisuuskäyrä. Sepelin murskautuminen ja hienoainesmäärän kasvu helposti huomattavissa. Rakeisuuskäyrä kaukana tavoitetasosta, joka on esitetty kuvassa.

Jos tukikerroksessa on paljon hienoainesta, on mahdollista että se pakkaantuu tiiviiksi kerrokseksi ja rakenteeseen muodostuu vesitaskuja, jotka jäätyessään vaikuttavat suuresti radan geometriaan.

Hienoaineksen huonontama kiviainesten välinen kontakti aiheuttaa tukikerroksen stabiliteetin menettämistä. Kesällä stabiliteettiaan menettänyt tukikerros saattaa pettää kovien helteiden aikaan ja raiteeseen saattaa muodostua hellekäyrä. Tällöin varsinkin mutkissa korkeissa lämpötiloissa suuret jännitykset omaava raide saattaa jännityksen vuoksi siirtyä pois paikoiltaan, kun tukikerroksen tukivoima antaa periksi. Varsinkin jatkuvakiskoraiteissa, joissa kiskot on hitsattu yhteen, tulee tukikerroksen olla hyvässä kunnossa, koska kiskojen lämpölaajeneminen ei pääse purkautumaan jatkoksiin. Tällöin tukikerroksen tulee kestää syntyvät voimat.

Tieto tukikerroksen ongelmista tulee radanpitäjälle usein kunnossapitäjän kautta, joka huomaa ongelmat ensimmäisenä ja joutuu niitä korjaamaan. Lisäksi Suomesta löytyy raiteiden tarkastamiseen kehitetty mittausvaunu Plasser & Theurer EM 120 (EMMA), jonka omistaa VR Track. Kyseinen vaunu tarkastaa raiteen asentovirheitä, geometriaa, sekä ajolangan asentoa maksimitarkastusnopeudella 120 km/h. (VR Track Oy:n www-sivut, 2010.)

Jotta kulunut rata saadaan pysymään liikennöitävässä kunnossa, täytyy rataa joko jatkuvasti huoltaa. Toinen vaihtoehto on investoida kerralla suurempi summa tukikerroksen korjaamista varten. Tukikerros korjataan tällä hetkellä sepelinpuhdistuskoneella seulomalla koko tukikerros. Tällöin tukikerrokseen sopimaton maa-aines poistetaan rakenteesta ja siihen kelpaava sepeli palautetaan takaisin.

### **3.2 Tukikerroksen tutkiminen**

Radan omistaja aloittaa radan tutkimisen ongelmien tultua ilmi. Tukikerroksesta otetaan ratahallintokeskuksen ohjeen mukaan näytteitä manuaalisesti, kilometrin välein tasolta kv – 0,30...0,40 m. Korkeusviivan (kv) taso näkyy kuvassa 2.

Raidesepelin uusimis- tai puhdistamistarve mitataan rakeisuusluvulla, joka on läpäisyprosenttien summa seuloilta, joiden koot ovat 1, 8 ja 25 mm. Kun rakeisuusluvun arvo ylittää luvun 90, raidesepelinvaihto- tai puhdistusmahdollisuus on selvitettävä. (RAMO 15 Radan kunnossapito, 2002, 14.)

### **3.3 Rahoituspäätös ja kilpailutus**

Rataverkon omistaa Suomessa valtion omistama liikennevirasto. Liikennevirasto tekee hankepäätöksen tukikerroksen puhdistamisesta pohjautuen radan yleiseen kuntoon ja omaan vuosittaiseen budjettiin. Radanpidon budjetti määräytyy poliittisin perustein. Varsinkin isojen hankkeiden suunnittelu tulee siis aloittaa ajoissa, jotta tarvittava rahamäärä osataan varata.

Valtion virastot joutuvat kilpailuttamaan lähes kaikki hankkeensa. Liikennevirasto kilpailuttaa tukikerroksenpuhdistushankkeensa, mutta suuremmassa mittakaavassa kyseisen työn tekemiseen löytyy kalustoa tällä hetkellä vain VR Track Oy:ltä.

### **3.4 Työsuunnittelu**

Junaradan tukikerroksen puhdistus on iso työmaa ja työn onnistuminen vaatii hyvät suunnitelmat. Seulonnassa on käynnissä monta eri työvaihetta yhtä aikaa ja näiden yhteensovittaminen on tärkeää. Radalla työskennellessä täytyy myös aina ottaa huomioon radalla kulkeva junaliikenne ja tämä tehdään suunnittelemalla liikenteenohjauksen kanssa työraot ja liikenteenohjaus. Tätä varten täytyy tietää miten pitkään työ kestää ja millaisia vaikutuksia sillä on radan liikennöitävyyteen. Nopeusrajoitukset ja

niihin liittyvät baliisit (junien automaattisen kuluvalvonnan lähetinyksikkö) on suunniteltava etukäteen ja työmaa suunniteltava sellaiseksi, että haitat junaliikenteelle ovat mahdollisimman pienet.

Jotta työmaa kulkisi jouhevasti, täytyy etukäteen varautua kaikkeen, mitä työmaan aikana tarvitaan ja mitä saattaa tulla vastaan. Aikataulujen täytyy olla kunnossa ja työmaalla tarvittavat materiaalit valmiiksi tilattu ja toimitettu ennen töiden alkamista. Myös henkilöstöä tulee olla tarpeeksi ja työntekijöiden hyvin tehtäviinsä perehdytetyä. Työkoneiden sijoituksen täytyy olla etukäteen suunniteltu, jotta ei ilmene ongelmia työn aikana.

Seulonta on projektina kallis ja vaatii paljon koneita ja miehistöä. Huonosti suunnitellulla työmaalla saattavat työt seisahtua, mikä käy nopeasti kalliiksi, jos yhden seulontatyömaan henkilöstö joutuu seisoskelemaan tyhjämpanttina.

### **3.4.1 Aikataulut**

Aikataulujen suunnittelun perusteena toimii käytettävän seulontakaluston teoreettinen työskentelynopeus, työraon pituus ja tukikerroksen kunto. Näistä jokainen tekijä vaikuttaa seulonnan etenemiseen.

Sepelinpuhdistuskaluston teoreettinen etenemisnopeus perustuu koneen kapasiteettiin. Tukikerroksenpuhdistuskoneita on erilaisia ja ne kykenevät prosessoimaan erilaisia materiaalmääriä. Suomessa VR Track Oy omistaa kaksi sepelinpuhdistuskonetta: Plasser & Theurer RM 80 ja RM 80-U. Etenemisnopeus ei kuitenkaan suoraan kerro, kuinka paljon puhdistuskone kykenee etenemään vuoron aikana. Tukikerroksen puhdistamisessa varsinaista puhdistuskoneen tehokasta työskentelyaikaa lyhentää koneen työkuuntoon saattaminen ja töiden lopettaminen. Lisäksi aikaa on varattava muiden työvaiheiden suorittamiseen ennen työraon loppumista. Teoreettista työskentelynopeutta ei siis voi käyttää suoraan aikataulun suunnitteluun, vaan muutkin tekijät on huomioitava.

Työraon pituus on suurin seulontaa rajoittava este yksiraiteisella junaradalla. Mitä lyhyempi työrajo on, sitä vähemmän on aikaa radalla työskentelyyn. Lisäksi sepelinpuhdistuskoneen työkuuntoon laitto ja työskentelyn päättäminen muiden työvaiheiden kanssa vievät oman aikansa, jolloin lyhyisiin työrajoihin ei kannata edes mennä, koska varsinaista puhdistustyötä ei päästä juurikaan tekemään. Pitkissä työvuoroissa päästään siis keskimääräisesti suurempiin työskentelynopeuksiin, kuin lyhyissä työ-

vuoroissa, kun aloitus- ja lopetustöiden vaikutus on pienempi. Paras tilanne on, että radalla on käytössä useita raiteita, jolloin puhdistuskoneen voi työvuoron päätteeksi jättää siihen, mihin seulonta on edennyt. Tällöin jää pois aikaa vievät puhdistuskoneen työkuuntoon saattaminen ja työn lopettaminen. Puhdistustyön jälkeen täytyy radalla tehdä vielä sepelöintiä, tukemista, stabilointia, tukikerroksen muotoilua, ylikäytävöitä ja erinäisiä sähkö- ja turvalaitteita. Näitä työvaiheita ei pääse tekemään loppuun asti ennen puhdistuskoneen työskentelyn päättymistä, joten työraosta täytyy varata aikaa kyseisten työvaiheiden suorittamiseen työraon ainaka. Työraon suunniteltu pituus saattaa myös vaihdella käytännössä junaliikenteen mukaan, kun myöhässä oleva juna saattaa siirtää töiden alkamista.

Tukikerroksen kunto vaikuttaa puhdistuskaluston etenemisnopeuteen. Seulottava kerros saattaa sisältää suuria kivenlohkareita, jotka saattavat tukkia puhdistuskoneen ketjun. Lisäksi vanhat routaeristeet saattavat tukkia seulan ritilät. Kaikki tällaiset ongelmat voivat hidastaa seulan etenemistä merkittävästi. Mikäli tukikerroksen alle asennetaan seulonnan yhteydessä routalevyjä, kasvavat myös käsiteltävät materiaalmäärät. Routalevyjä asennettaessa täytyy seulassa käyttää leveämpää puomia, jolloin seulan läpi kulkeva maa-ainesmäärä kasvaa. Tällöin etenemisnopeus pienenee.

Vuonna 2010 toteutetussa Toivala-Siilinjärvi rataosuuden tukikerroksen puhdistuksessa työskenteli kaksi sepelinpuhdistusyksikköä. Kyseisellä työmaalla päästiin keskimäärin noin 320 m/vuoro työskentelynopeuksiin. Työvuoro oli noin 6 tunnin mittainen, mistä päästään noin 53 m/h työskentelynopeuteen. Toteutuneet työsuoritteet vaihtelivat 230 ja 440 metrin välillä vuoroa kohden. Puhdistuskoneen etenemistä rajoitti aika ajoin raiteen rakenteesta löytyneet suuret kivet ja seulan tukkivat routaeristekankaat.

Aikataulutuksessa tulee ottaa huomioon myös puhdistustyön sijoittuminen vuodenaikoihin nähden. Aikaisin keväällä tai myöhään syksyllä maan jäätyminen voi estää puhdistustyön.

### **3.4.2 Materiaalit**

Tukikerroksen korjaamisessa käsitellään isoja määriä raidesepeliä. Töiden sujuvuuden kannalta onkin tärkeää, että varaudutaan tarpeeksi isoilla sepelivarastoilla. Kuluvan sepelin määrään vaikuttaa tukikerroksen kunto. Mitä kuluneempaa raidesepeli on, sitä suurempi osa siitä ei läpäise seulaa ja sitä ei palauteta takaisin raiteeseen.

Tällöin tarvittavan uuden sepelin määrä on suurempi kuin vähän kuluneella rai-  
desepelillä, josta suurin osa palautetaan takaisin radalle. Tarvittavan sepelin määrä  
on hyvä arvioida etukäteen radasta otetuiden näytteiden rakeisuusjakaumien perus-  
teella. Mikäli arvioitu poistuvan materiaalin määrä on yli 50 %, kannattaa osa tukiker-  
roksen täydennyksestä tehdä etukäteen.

Seulottaessa tukikerrosta on mahdollista myös asentaa routalevyt radan rakentee-  
seen torjumaan routimista, tällöin myös seulottavan sepelin määrä on suurempi, kun  
puhdistuskoneessa käytetään leveämpää puomia. Routalevyjen määrä määräytyy  
geoteknisten suunnitelmien perusteella. Routalevyille tarvitaan varastopaikka läheltä  
rataa.

### **3.4.3 Henkilöresurssit**

Projektin johdossa työskentelee projektipäällikkö, joka vastaa koko projektista. Lisäk-  
si työmaalla on vastaavatyönjohtaja, joka vastaa töiden käytännöntoteutuksesta rata-  
esimiesten kanssa.

Sepelinpuhdistuskoneella itsessään työskentelee yhdeksän miestä. Koneella on oma  
esimies ja kuski. Lisäksi koneella työskentelee seitsemän ratatyömiestä, jotka hoita-  
vat puhdistuskoneen työkuuntoon saattamisen (puomin ja ketjun asentaminen), seulan  
puhdistamisen, kivien poistamisen, routalevyjen asentamisen, sekä alustavan radan  
paikalleen mittauksen ja työn lopettamisen (puomin ja ketjun poistaminen, sekä lope-  
tuspölliä asennus ja poisto).

Mikäli seulottaessa ei laiteta routalevyjä, pystyy puhdistuskone toimimaan pienem-  
mällä henkilöstömäärällä. Tällöin seitsemän miestä riittää koneen miehistöksi.

Sepelinpuhdistuskoneen lisäksi miehistöä tarvitaan sepelöintiyksikköön, mikä vaatii  
kolme ratatyömiestä ja sepelöintityönjohtajan toimiakseen optimaalisesti. Lisäksi se-  
pelivaunuja vetävät työkoneet tarvitsevat kuskit.

Baliisien ja turvalaitteiden asentaminen ja purkaminen vaatii myös oman ryhmänsä  
johon kuuluu rataesimies, sekä pari, kolme ratatyömiestä.

Mittaustöitä suoritetaan ennen seulonnan alkamista, kun seulottava rataosuus täytyy  
mitata ja paaluttaa. Mittaustyötä tehdään myös koko seulonnan ajan, jotta rata saa-

daan täsmälleen samaan paikkaan, mitä se oli seulonnan alkaessa. Kyseinen työ vaatii pari mittamiestä tekemään nuotteja tukemiskoneelle.

Mikäli seulonta-alueella tulee vastaan tasoristeyksiä, täytyy ne purkaa ja asentaa uudelleen seulonnan mentyä alueen yli.

Seulottaessa sähköistetyllä radalla täytyy radalle tehdä sähkökatkoon liittyvät työmaadoitukset. Tämän katkon saa tehdä vain asiaan koulutettu sähkömies.. Lisäksi sähkömiehille löytyy seulottaessa töitä, kun seulan edestä täytyy purkaa maadoitukset ja ne täytyy asentaa uudelleen.

Junaturvallisuudesta huolehtii ratatöistä vastaava.

Miehistöä valittaessa tulee ottaa huomioon töissä tarvittavat pätevyudet. Työmiehiltä tulee löytyä ratatyöturvallisuuspätevyys ja laiturityöpätevyys. Turvalaiteasentajan pätevyys vaaditaan turvalaitteiden kanssa työskentelevältä. Päälysrakennepätevä henkilö tulee olla, jotta radan kunto voidaan todeta ja luovuttaa rata liikenteelle. Lisäksi sähkötöihin tulee olla sähkötyöpätevyys. Turvamiespätevyys vaaditaan tasoristeyksen turvaamistyössä.

#### **3.4.4 Koneresurssit**

Sepelinpuhdistustyömaalla lähes kaikki työvaiheet tehdään koneellisesti. Työmaalla työskenteleekin yhtä aikaa useita työkoneita. Seuraavana lista puhdistusprojektissa tarvittavista työkoneista:

- 2 kpl kiskopyöräkaivinkoneita
- sepelinpuhdistuskone
- sepelöintiyksikkö
  - o Tka7
  - o Tka8
  - o Bmo- tai UAD-vaunut tarpeen mukaan
- raiteentukemiskone
- stabilisaattori
- tukikerroksen muotoilukone



Kuva 5. Kiskopyöräkaivinkone (Antti Leppänen)



Kuva 6. Sepelinpuhdistuskone Plasser & Theurer RM-80 ([www.plassertheurer.com](http://www.plassertheurer.com))



Kuva 7. ratakuorma-auto Tka7 (<http://www.kolumbus.fi/sami.nordlund>)



Kuva 8. Ratakuorma-auto Tka8 (<http://www.kolumbus.fi/sami.nordlund>)



Kuva 9. UAD sepelivaunu (<http://www.kolumbus.fi/sami.nordlund>)



Kuva 10. Raiteentukemiskone 08-32C ([www.vrtrack.fi](http://www.vrtrack.fi))



Kuva 11. Stabilisaattori Plasser & Theurer DGS 62 N ([www.vrtrack.fi](http://www.vrtrack.fi))



Kuva 12. Tukikerroksen muotoilukone Plasser & Theurer USP 2000 SWS ([www.plassertheurer.com](http://www.plassertheurer.com))

#### **3.4.5 Koneiden paikat ja huolto**

Ennen töiden aloittamista on tärkeää selvittää, missä työkoneita voi pitää. Rautatiellä työskennellessä tila on varsin rajattu ja vapaita sivuraiteita ei välttämättä löydy aivan vierestä. Seulonnessa raiteilla liikkuvia työkoneita on paljon ja yhdessä ne vievät paljon raidetilaa. Koneiden sijoittaminen täytyy selvittää ajoissa ja sopia ratapihojen ja liikenteenohjauksen kanssa sijoitukseen käytettävät raiteet.

Ratakoneiden huoltomahdollisuuksien täytyy olla etukäteen selvitetty. Mikäli koneet menevät rikki täytyy ne saada mahdollisimman nopeasti toimintakuntoon, mikä tarkoittaa sitä, että konerikon tapahtuessa täytyy tietää, missä huolto voi tapahtua.

Ratakoneiden lisäksi työmaalta löytyy myös kiskopyöräkaivinkoneita. Näiden koneiden paikoitus on helpompaa kuin ratakoneiden. Mikäli koneita on kätevä pitää radan vieressä asuvan tontilla, kannattaa alustavasti kysyä lupaa koneiden pitämistä varten. Lisäksi on huomioitava kaivinkoneiden aiheuttamat vauriot teille ja pihuille.

#### **3.4.6 Nopeusrajoitukset**

Sepelinpuhdistustyössä kosketaan radan päällysrakenteeseen ja rata luovutetaan liikenteelle työvuorojen välissä. Työskentelyalueella rataa ei kuitenkaan saada siltä

vaadittavaan kuntoon, jotta liikenne voisi tapahtua normaalisti ja tämän takia tulee radan liikennöintiänopeutta rajoittaa työmaan alueella junaturvallisuuden takaamiseksi.

Työnaikainen liikenne- ja nopeusrajoitussuunnitelma on laadittava yhteistyössä alueellisen liikennesuunnittelun kanssa. Suunnitelma laaditaan ja hyväksytetään tilaajalla ennen töiden aloittamista. Nopeusrajoitukset varustetaan Junaturvallisuussäännön mukaisesti nopeusmerkein ja baliisein. (Päällysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 7)

Tilapäisen nopeusrajoituksen suunnitelma tulee tilata Rautatiesuunnittelusta kaksi viikkoa ennen nopeusrajoituksen voimaantuloa. Rautatiesuunnittelu suunnittelee tilapäiset nopeusrajoitukset, baliisien sijoitukset ja baliisisanomatiedostot viikon sisällä urakoitsijan yhteydenotosta, eikä suunnitelmista aiheudu urakoitsijalle lisäkustannuksia. (Nopeusmuutosten menettelyohje, 2007, 8)

Urakoitsijan on toimitettava tilauksen yhteydessä sähköpostilla tai kirjallisesti

- tieto suunnitellun nopeusrajoituksen nopeudesta
- tieto siitä, mitä raiteita nopeusrajoitus koskee
- nopeusrajoituksen suunniteltu kestoaika
- yhteystietoina yhteyshenkilö ja sähköpostiosoite, johon suunnitelma toimitetaan.

Nopeusrajoitusten valvontaan on kehitetty junien automaattinen kulunvalvonta (JKV). Radan rakenteessa junien kulun kontrolloinnista huolehtii baliisit. Baliisi on JKV-ratalaite, joka lähettää JKV-veturilaitteen antennilta saamallaan energialla muistiinsa ohjelmoidun tai tiedonsiirtokaapelin kautta lähetetyn baliisisanomien JKV-veturilaitteen antennille. Baliisisanomien perusteella JKV-veturilaitte informoi kuskaa nopeusrajoituksesta ja tarvittaessa hidastaa nopeutta automaattisesti, mikäli kuski ei rajoitukseen reagoi. (RATO 10 Junien kulunvalvonta JKV, 2009, 5.)

Työnaikaiset nopeusrajoitukset määritellään mm. käytettävissä olevan tukemis- ja oikomiskaluston, käsimitoituksella todetun raiteen asennon ja liikennekuormituksen aiheuttaman epätasaisen painumisen todennäköisyyden perusteella. (Päällysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 7.)

Tukikerroksen puhdistamisesta aiheutuvia nopeusrajoituksia:

$V$  = liikennöinti nopeus

$V \leq 30$  km/h Sepelinpuhdistuksen tilapäisessä lopetuskohdassa, kun tukikerros on täydennetty ja raide tuettu ja oiottu oikeaan asentoon. Mikäli lopetuskohdassa käytetään pölkkyperustusta ilman tukikerrosta, on nopeusrajoitus 10 km/h (Päälysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 8.)

$V = 30$  km/h Tukikerroksen vaihdon ja sepelinpuhdistuksen lopetuskohdassa, kun tukikerros on täydennetty ja raide on tuettu ja oiottu oikeaan asentoon. Nopeutta voidaan korottaa vasta sen jälkeen kun lopetuskohtaan ei koneellisen tukemisen ja oikomisen jälkeen synny nopeutta rajoittavia rakenteen tiivistymisestä johtuvia raiteen asennon virheitä. (Päälysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 8.)

$V \leq 60$  km/h kun raide on enintään 40 mm lopullisen asemansa alapuolella, ensimmäiseen stabilointiin saakka. (Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset, 2000, 18.)

$V \leq 80$  km/h kun raide on täydessä sepelissä, tuettuna ja enintään 15 mm alle tavoitekorkeuden, ennen toista stabilointia. (Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset, 2000, 18.)

$V \leq 140$  km/h kun raide on stabiloitu betonipölkkyraide 25 000 bruttotonnin ajan (Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset, 2000, 18.)

Jotta junaliikenteelle aiheutuisi mahdollisimman vähän haittaa, tulee raide tukea ja stabiloida. Tällöin voidaan liikennöinti nopeutta nostaa. Työn jälkeen nopeusrajoituksia nostetaan asteittain, riippuen siitä montako bruttotonnia junaliikennettä radan yli on kulkenut. Tällöin rata asettuu omalle paikalleen ja kun tarpeeksi liikennettä on rataa pitkin kulkenut, katsotaan että rataan ei enää aiheudu painumia ja tavoiteltu liikennöinti nopeus voidaan asettaa.

Nopeusrajoituksien paikkoja suunniteltaessa on huomioitava ratakilometrien vaihtelut. Radalla tarkka sijainti ilmoitetaan ratakilometrinä, joka on luku, joka kasvaa etelästä pohjoiseen. Paikkatiedossa ilmoitetaan kilometrit ja metrit. Tämä järjestelmä on vanha ja sen kehittämisen jälkeen on rataa aikojen kuluessa oiottu. Tästä johtuen ratakilometriluvut vaihtelevat tosiasiallisesta tilanteesta ja paperilla kilometrin mittainen rataosuus saattaa olla luonnossa parikin sataa metriä lyhyempi. Nopeusrajoituksia

suunniteltaessa on siis oltava todelliset ratakilometrit tiedossa. Muuten suunnitellut baliisien välit saattavat toteutua liian lyhyinä ja jarrutusmatkat ovat liian lyhyet.

### 3.4.7 Työraot

Suurin sepelinpuhdistusta rajoittava tekijä on työrako. Työrako tarkoittaa aikaa, jonka liikenteenohjaus pystyy antamaan junaliikenteen sallimissa rajoissa. Käytännössä työrako kahden radalla liikkuvan junan välinen aika varmuusaikoinen, jolloin rata on tyhjä ja työnteko turvallista. Tämän takia isommat ratatyöt ajoittuvat pääasiassa yöaikaan junaliikenteen ollessa hiljaisimmillaan. Sepelinpuhdistus on erittäin aikaa vievää toimintaa ja vaatii pitkän työraon jotta radalle kannattaa ylipäätänsä nousta. Alustavat työraot suunnitellaan etukäteen liikennetilanteen mukaan. Näitä työrakoja ei kuitenkaan aina pääse käyttämään, koska junaliikenteeseen voi tulla muutoksia. Voi tulla uusia junia ja junat voivat olla myöhässä, jolloin myös työrako voi lyhentyä erittäin paljon. Tähän vaihteluun tulee suunniteltaessa varautua, eikä aikataulua voi mitoittaa liian tiukaksi.

### 3.4.8 Luvat

Koska sepelinpuhdistus toteutetaan työrakojen vuoksi pääasiallisesti aina yöllä, täytyy projektille saada yötyölupa, jota voi hakea työsuojeluhallinnon aluevirastosta. Koska sepelinpuhdistustyömaalla syntyy paljon melua ja pölyä, niin seulonta-alueella kuin sepelinlastauksessakin, täytyy hankkeelle hankkia myös tarvittavat ympäristöluvut.

Sepelinpuhdistustyömaa aiheuttaa varsinkin melua ja pölyä ympäristöön. Jotta melun haitallisuutta voitaisiin vähentää, tulisi työvaihe kuten sepelinlastaus suorittaa päiväsaikaan, mikäli se on mahdollista. Työstä aiheutuvaa melua ei voida kuitenkaan rajoittaa radalla tapahtuvassa työskentelyssä. Työalueen lähellä asuvia tulee informoida häiriöstä.

Pääasiallisesti radalla tehtävistä töistä on tehtävä ympäristövaikutusten arviointi. Myös sepelinpuhdistustyössä täytyy noudattaa YVA-menettelyä. Päätöksen YVA-menettelyn soveltamisesta tekee paikallinen ELY-keskus. YVA-menettelyssä arvioidaan hankkeen ympäristövaikutuksia YVA-lain mukaisesti:

– ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen,

- maaperään, vesiin, ilmaan, ilmastoon, kasvillisuuteen, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen,
  - yhdyskuntarakenteeseen, rakennuksiin, maisemaan, kaupunkikuvaan ja kulttuuriperintöön,
  - luonnonvarojen hyödyntämiseen sekä
  - edellä mainittujen tekijöiden keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin.
- (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä, 1994)

Ratahankkeissa on oleellista arvioida myös vaikutukset liikenteeseen ja turvallisuuteen.

### **3.5 Alustavat työt**

Ennen varsinaisen sepelinpuhdistuksen aloitusta on puhdistusalueella tehtävä valmistelevia töitä. Valmistelevien töiden tarkoituksena on mahdollistaa itse sepelinpuhdistuksen nopea ja turvallinen eteneminen, ilman yllättäviä ongelmia.

#### **3.5.1 Kaapelinäyttö ja -kaivu**

Sepelinpuhdistusalueella saattaa kulkea paljonkin erilaisia kaapeleita. Varsinkin rata-piha-alueilla. Kaapelit eivät kaikki ole radan omistajan, vaan kolmansien osapuolten kaapeleita saattaa myös kulkea radan rakenteissa. Tukikerrosta puhdistuessa tunkeudutaan radan rakenteeseen hieman tukikerroksen alle ja pinnassa olevat kaapelit ovat näin ollen vaarassa joutua puhdistuskoneen ketjun repimiksi. Työn aikana rikotun kaapelin korjaus voi olla ongelmallista ja turvalaitekaapelin katkeaminen vaikuttaa suuresti junaliikenteeseen. Jotta tällaista tilannetta ei pääsisi syntymään, on alueella tehtävä kaapelinäyttö ammattitaitoisen henkilöstön toimesta. Tällöin päästään selville, missä johdot tarkalleen kulkevat ja liian pinnassa/lähellä kulkevat johdot voidaan kaivaa etukäteen ylös ja siirtää loitommalle työskentelyalueesta. Kyseiseen työhön tarvitaan kiskopyöräkaivinkone ja pari työmiestä, joista jollain on oltava luvanottopätevyys.

Kaapeleiden poistossa on noudatettava varovaisuutta. Kaivinkoneella kaivettaessa voidaan helposti naarmuttaa tai katkoa kaapeleita. Kaapelin tarkempi kaivaminen tulisikin suorittaa käsityönä.

Ratapenkkaan kaivettujen kaapelien poistaminen saattaa olla ongelmallista varsinkin mutkissa. Auraamalla asennetut kaapelit ovat erittäin kireällä ja mutkien ulkokaar-

teessa niiden siirtämiseen täytyy välillä kaivaa kaapelia pitkiäkin matkoja esiin jotta saadaan tarpeeksi löysää kaapelin siirtämistä varten. Lisäksi kireä kaapeli ei anna anteeksi kaivinkoneella tehtäviä virheitä, vaan katkeaa helposti.

### **3.5.2 Tukikerroksen täydennys etukäteen**

Mikäli tutkimustulosten perusteella on aiheellista päätellä että puhdistettavasta sepe- likerroksesta yli 50 % muodostuu hienoaineksesta, on asiallista täydentää tukikerros- ta ennen varsinaista puhdistustyötä. Tällöin raiteelle pudotetaan uutta raidesepeliä ennen töiden aloittamista. Tämä uusi sepele kulkee sepelinpuhdistuskoneen läpi ja palaa rakenteeseen. Näin rata jää enemmän raidesepeliä ja sepelinpuhdistuksen jälkeiset työt helpottuvat kun rata jää lähemmäksi tavoitetasoaan. Sepelöinti, tukiker- roksen muotoilu ja raiteen tukeminen helpottuvat ja työstökertoja tulee vähemmän.

Tukikerroksen täydentäminen etukäteen on hyvä menetelmä, vaikka puhdistettava sepele olisi hyvälaatuistakin ja poistuma pienempi kuin 50 %. Täydentäminen voidaan tehdä etukäteen ja vaikka liikenteen seassa. Tällöin nopeutetaan varsinaisen puhdis- tustyön aikaista sepelöintiä ja mahdollistetaan työraon tehokkaampi käyttö kun osa töistä voidaan jakaa työraon ulkopuolelle.

### **3.5.3 Ylikäytävät**

Ylikäytävien paikat määritetään työskentelyalueella, jotta tiedetään milloin niitä täytyy puhdistuskoneen edestä käydä purkamassa. Ylikäytävä on pois käytöstä kun se pu- retaan ja tästä saattaa aiheutua haittaa muulle liikenteelle. Ylikäytävän käyttökatkosta onkin ilmoitettava etukäteen kylteillä ylikäytävän vieressä vähintään 24 tuntia ennen katkoa.

### **3.5.4 Mittaaminen ja paalutus**

Ennen töiden aloittamista koko puhdistettava alue täytyy mitata ja paaluttaa ratapen- kalle 20 metrin välein. Paaluihin merkataan etäisyys keskilinjasta ja kiskonpinnan korkeus. Näin varmistetaan, että rata saadaan samalle paikalle mitä se oli lähtötilan- teessa myös seulonnan jälkeenkin.

### 3.5.5 Ratatyöilmoitus ja ennakoilmoitusjärjestelmä (ETJ)

Rautateillä työskenneltäessä junaturvallisuus on aina ensimmäisenä prioriteettina. Junaturvallisuudesta huolehtii liikenteenohjaus, jolla on alueellisia toimipisteitä ympäri Suomea. Radalla työskentelyyn on tehty omat säännöt, joita jokaisen urakoitsijan on noudatettava. Pääasiallisena tarkoituksena on, että radalle ei saa nousta ilman että siitä on etukäteen ilmoitettu paikalliselle liikenteenohjaukselle. Tällöin yllättäviä tilanteita ei pääse syntymään. Ennen ratatyön aloittamista on tehtävä ratatyöilmoitus ja ilmoitus myös ennakoilmoitusjärjestelmään.

Ennakoilmoitusjärjestelmä (ETJ) on järjestelmä, joka palvelee raideliikennettä. ETJ:stä käy selville radalla käynnissä olevat poikkeustilanteet, käytännössä mahdolliset ratatyöt, nopeusrajoitukset ja sähkökatkot. Ennakkosuunnitelma on toimitettava liikennesuunnittelijalle 14 vuorokautta ennen töiden alkamisajankohtaa. Liikennesuunnittelija laatii ennakkosuunnitelmasta ennakoilmoituksen. Ratatyöstä vastaavan tai ennakkosuunnitelman tekijän on tarkistettava ennakoilmoituksen tietojen oikeellisuus niin aikaisin, että tiedot eivät ole vielä lukittuneet järjestelmään ja virheelliset tiedot on korjattava. (Radanpidon turvallisuusohjeet, 2009, 36.)

Ratatyöstä vastaavalla tulee olla urakoitsijan- tai junasuorittajan reittilista ja hänen on tarkastettava ennakoilmoituksen sisältö ennen luvan pyytämistä ratatyöhön. (Radanpidon turvallisuusohjeet, 2009, 37.)

Ratatyöilmoitus (Rt-ilmoitus) tehdään paikalliselle liikenteenohjaajalle. Ratatyöilmoituksen perusteella liikenteenohjaus osaa varautua tuleviin ratatöihin. Ilmoitus tulee olla liikenteenohjauksella ennen töiden aloittamista, eikä lupaa radalle nousemiseen tule, mikäli ratatyöilmoitusta ei ole tehty, pois lukien hätätyöt. Ilmoitus saa olla voimassa enintään seitsemän vuorokautta ja sen saa antaa aikaisintaan viisi vuorokautta ennen voimaantuloa. Ratatyöstä vastaavan on aina tarkistettava Rt-ilmoituksen tiedot ennen työluvan pyytämistä. Tarvittaessa virheelliset tiedot on korjattava. (Radanpidon turvallisuusohjeet, 2009, 38.)

### 3.5.6 Sähkökatkot

Mikäli sepelinpuhdistus tapahtuu sähköistetyllä radalla, täytyy työn ajaksi ajolankojen sähkönsyöttö katkaista työturvallisuuden vuoksi. Itse sepelinpuhdistuskone pystyy työskentelemään sähköistetyinkin radan alla. Turvaetäisyys lankoihin riittää, mutta mikäli seulaa joudutaan puhdistamaan, tapahtuu se miesvoimin ja tällöin joutuvat

työmiehet kiipeämään puhdistuskoneen päälle ja turvaetäisyys ei enää täyty. Ongelmia saattaa muodostua myös sepelinlastauksessa. Mikäli sepeli lastataan sähköistetyllä radalla oleviin vaunuihin, on asiallista katkaista ajolankojen sähkö. Vaikka kuormaaja ei ylettäisikään johtoihin ja turvaetäisyyden täytyisivät, saattaa sepelikuormassa olla esimerkiksi rautalanganpätkiä, jotka saattavat ottaa kiinni lankoihin.

Sähkötäyttöä täytyy sopia sähkölaitteiston käytön johtajan tai käyttökeskuksen kanssa vähintään kaksi viikkoa ennen varsinaista katkoa.

### **3.5.7 Sepelin lastauspaikat**

Raidesepelin läjitysalueen tulee olla tasainen ja alueen pohjan riittävän kantava. Läjitysalueella sepeli tulee voida nostaa kasalle ja varastokasat tulee porrastaa yhden metrin kerrokseen vähintään puolen metrin levyisin tasantein, jotta lajittumista ei pääse tapahtumaan. Raidesepelin päällä ajaminen on kielletty. Sateen vaikutuksesta sepelin hienoaines kulkeutuu kasan alaosaan. Tästä syystä kasan alinta 0,2 metrin kerrosta ei saa käyttää tukikerros materiaalina. (Päällysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 14.)

Sepelin lastaus aiheuttaa paljon melua ja pölyä, joten asuttuja alueita on syytä välttää mikäli mahdollista. Lastauspaikalle tulee olla tieyhteys sepelin kuorma-auto kuljetuksia ja kasteluvien kuljetuksia varten. Lastauspaikan tulee sijaita junaradan välittömässä läheisyydessä ja mielellään lähellä tukikerroksen puhdistustyömaata. Lastausalueella tulee myös olla tilaa pyöräkoneen työskennellä.

### **3.5.8 Kaluston varaus**

Tukikerroksenpuhdistustyössä tarvitaan useita koneita, joiden saatavuus on taattava ennen töiden alkamista. Tarvittavalla kalustolla saattaa olla muutakin käyttöä, joten tarvittavan kaluston varaus tapahtuu hyvissä ajoin. Työmaanjohto varaa tarvittavan kaluston omaan käyttöönsä.

### **3.5.9 Materiaalien tilaus**

Puhdistustyömaalla tarvittavat materiaalit ovat lähinnä raidesepeli ja tarvittaessa rautalevyt ja ylikäytävät. Kaikille materiaaleille tulee olla varastoalueet tiedossa ja on ne syytä tilata hyvissä ajoin etukäteen, jotta materiaalit ovat valmiina työmaan alkaessa.

## 3.6 Varsinainen työ

### 3.6.1 Turvallisuus

Työmaalla täytyy olla ratatyöstä vastaava, jonka tehtävänä on huolehtia raiteella tapahtuvan liikenteen turvallisuudesta. Ratatyöstä vastaava on yhteydessä liikenteenohjaukseen ja mahdollisiin toisiin urakoitsijoihin, joita alueella tai sen läheisyydessä työskentelee. Ratatyöstä vastaava vastaa henkilökohtaisesti raideliikenteen turvallisuudesta ja työkoneiden kuskit saavat vain hänen luvallaan mennä radalle. Ratatyöstä vastaava luovuttaa myös työvuoron päätteeksi raiteen takaisin liikenteelle, kun on varmistanut että kaikki koneet ja miehet ovat pois radalta ja rata on liikennöitävässä kunnossa.

Radalle nousemiseen ja töiden aloittamiseen tarvitaan lupa liikenteenohjaukselta. Luvan pyytää ratatyöstä vastaava henkilö RAILI-yhteyttä (Rautateiden integroitu liikenneviestintäjärjestelmä) käyttäen. Työn päättymisestä ja radan kunnosta ilmoitetaan myös liikenteenohjaukselle.

Junaturvallisuuden kannalta on tärkeää, että sepelinpuhdistustyö tehdään aikataulujen puitteissa, jolloin kaikki miehet ja koneet ovat pois radalta ennen seuraavan junan saapumista alueelle. Radan on myös jäätävä varmasti liikennöitävään kuntoon, oikeaoppiseen nopeuteen rajoitettuna jokaisen työvuoron jälkeen, jotta vaaratilanteita ei pääse syntymään.

Työntekijöiden turvallisuuden takaamiseksi sepelinpuhdistustyömaalla tulee jokaisen työntekijän ja kuskin käydä rataturvallisuuskoulutus. Työmaalla täytyy pitää huomiovaatetusta, jotta raiteilla liikkuva kalusto näkee varmasti kaikki työntekijät. Lisäksi kypärä, turvakengät, kuulosuojaimet ja henkilökortti ovat pakolliset. Sepelinpuhdistuskoneella, sepelöintiyksiköllä ja tukikerroksen muotoilukoneella työskentelevien on syytä pitää hengityssuojaimia pölyämisen vuoksi. Silmäsuojat ovat tarpeelliset varsinkin puhdistuskoneen läheisyydessä, missä koneen ketju viskoo kiviä. Ensiaputarpeita tulee olla välittömässä läheisyydessä, eli käytännössä työkoneissa. Työntekijöiden tulee huolehtia kuulonsa suojaamisesta koneiden läheisyydessä. Varsinkin sepelin pudotuksessa Bmo-vaunut, tukikerroksen muotoilu ja sepelinpuhdistuskone pitävät kovaa ääntä.

Sepelinpuhdistuskoneella työskenneltäessä joutuvat työntekijät tekemään töitä puhdistuskoneen alla ahtaissa tiloissa, jolloin työskentelyasennot muodostuvat helposti

epäergonomisiksi. Puhdistuskoneen ketju aiheuttaa oman vaaransa. Ketju pyörii avoimesti koneen alla, joten sinne horjahtaminen on mahdollista. Lisäksi ylisuurten kivien poistaminen tapahtuu käsin, jolloin joudutaan työskentelemään ketjun välittömässä läheisyydessä. Tällöin tulee puhdistuskoneen ketju varmistaa irrottamalla laitteesta löytyvä varmuuskytkin. Tällöin kuski ei voi laittaa ketjua vahingossakaan päälle. Varmistamattoman ketjun lähelle ei saa mennä.

Työkoneiden tulee olla kunnossa. Ajo- ja merkkivalot, ensisammuttimet ja imeytysmateriaalit tulee olla asialliset, jotta vaaratilanteita ei pääse syntymään, eikä ympäristölle aiheudu vaaraa. Jokaiseen työmaalla työskentelevään koneeseen tulee ennen töiden aloittamista tehdä vastaanottotarkastus, jolla varmistutaan koneen soveltuminen työhön.

Radalla liikkuvat työkoneet muodostavat aina riskin työntekijöille. Ratatyökoneiden liikennöinnissä on omat turvallisuussääntönsä. Sepelinpuhdistuskoneen tulee soittaa merkkitorvea aina kun ketju ja kone lähtevät liikkeelle. Myös muiden työkoneiden tulee ilmoittaa merkkitorvella liikkeellelähdistä ja suunnanmuutoksista. Koneiden ajovalojen tulee olla päällä. Työmiesten tulee pitää kaivinkoneisiin etäisyyttä, koska niiden pyöriessä radalla ei kuski näe joka suuntaan ja puomi aiheuttaa helposti vaaratilanteita. Kaivinkoneen takana ei parane myöskään olla, koska kiskopyöräkaivinkone kiihtyy varsin nopeasti.

Oman riskinsä työmiesten työturvallisuudelle luo myös työskentelyalusta. Yleensä työskennellään pimeässä tai hämärässä ja radalla kävely voi olla ongelmallista. Puhdistuskoneen mylläämä rata on vielä huonompi kävellä. Irtosepeli aiheuttaa vaaraan kaatua tai taittaa nilkkansa.

Työmaan turvallisuus tarkastetaan viikoittain MVR-mittarin avulla. MVR-mittauksessa tarkastetaan työmiesten varustus ja työskentelyn laatu, käytettävä kalusto ja koneet, sekä työmaan yleinen siisteys ja turvallisuus, niin työmaan, kuin siihen liittyvän ulkopuolisen liikenteenkin kannalta. Lisäksi varmistutaan junaturvallisuudesta, eli että ETJ- ja RT-menettelyt ovat asianmukaista.

Ulkopuolisen liikenteen turvaamiseksi tulee työmaan näkyä selvästi. Ulkopuolisen liikenteen kanssa työmaa risteää lähinnä vain tasoristeyksissä. Näihin risteyksiin tulee asentaa työn ajaksi asianmukaiset varoitusmerkit ja -valot. Tasoristeystöistä on myös ilmoitettava vähintään 24 tuntia etukäteen tasoristeyksen viereisissä kylteissä, mieluummin kuitenkin aikaisemminkin.

Työmaalle voi harhailla sivullisia ihmisiä katselemaan työntekoa. Tällöin on huolehdittava, että työmaalle kuulumattomat henkilöt eivät pääse aiheuttamaan vaaratilannetta. Käytännössä ulkopuoliset on pidettävä riittävän etäällä työmaasta ja varsinkin koneista.

Sepelikerroksen puhdistaminen häiritsee raiteen tukikerroksen tukemiskykyä. Kesällä korkeiden lämpötilojen aikaan rataa aiheutuvat hellekäyrät ovat riskinä. Jotta hellekäyräriski minimoitaisiin, täytyy lämpötilaan, sepelöintiin, tuentaan ja stabilointiin kiinnittää huomiota.

Sepelinpuhdistusprojektista on hyvä ilmoittaa radan varressa asuville. Tällöin asukkaat ovat tietoisia tulevasta työmaasta ja mahdollisiin häiriöihin osataan varautua.

### **3.6.2 Jännitekatkot**

Sähköistetyllä radalla ajolangoissa on 25 kV jännite, joka aiheuttaa työturvallisuusrisikin. Jännitekatkon tekee työskentelyalueen sähköradan valvonnasta vastaava käyttökeskus. Lisäksi jännitekatko varmistetaan työmaalla työmaadoituksilla. Työmaadoitukset varmistavat työmaan molemmiin puoliin, että jännitettä ei pääse työalueelle. Työmaadoitukset tehdään ennakkosuunnitelman mukaisille paikoilleen ja maadoitukset saa tehdä vain asianomaiset sähkötyöluvut omaava sähköalanammattihenkilö. (Radanpidon turvallisuusohjeet, 2009, 56.)

### **3.6.3 Sepelöinti**

Tukikerroksen sepelinpuhdistamisessa poistuu rakenteesta raidesepeliä, joka joudutaan korvaamaan uudella laatuvaatimukset täyttävällä raidesepelillä. Sepeli varastoidaan sepelinlastauspaikalla, josta se lastataan radalla oleviin vaunuihin. Kuormaamiseen sopii hyvin pyöräkone.

Raidesepelin lastaus voidaan tehdä samaan aikaan, kun puhdistuskone aloittaa työnsä tai etukäteen. Mikäli sepelin menekki on suuri ja puhdistuskone työskentelee nopeasti, saatetaan sepeliä joutua lastaamaan useamman kerran työvuorossa.

Kun raidesepelin kuljettamiseen ja jakamiseen käytetään rautatievaunuja, on sepeli ennen työskentelyn aloittamista kasteltava vedellä pölyämisen ehkäisemiseksi. Raidesepelin kastelu voidaan aloittaa jo kasalla, mutta sitä voidaan tehdä vielä vaunus-

sa. Mikäli sepeli kastellaan vaunussa, täytyy se tehdä sellaisella raiteella, ettei sepeleistä veden mukana kulkeutuva hienoaines aiheuta vaurioita raiteen tukikerrokselle. Lisäksi hienoaines on jälkeensä poistettava. Päälysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 17.)

Raidesepelin pudottamiseen käy hyvin Bmo-vaunut, jotka ovat toimintavarmoja ja helposti kontrolloitavia. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää UAD-vaunuja, joilla sepeliä pystytään pudottamaan tarkemmin ja kauemmaksi. UAD-vaunut ovat kuitenkin häiriöherkempiä. Varsinkin kun vaunuissa olevaa sepeliä kastellaan tai on sateinen keli saattaa UAD-vaunujen sähköjärjestelmissä tulla ongelmia. Tarvittava vaunujen määrä riippuu materiaalimenekistä eli puhdistettavan sepelin määrästä ja laadusta. Vaunuja vetämään tarvitaan Tka ratakuorma-autoja, joiden määrä riippuu vaunujen määrästä. Ratakuorma-autot tuottavat myös sepelivaunujen tarvitseman sähkön.

Sepelöintityö tehdään vasta työvuoron lopulla, kun sepelöintiroikalle on tilaa työskennellä. Työvaiheena sepelin pudotus voi kestää ammattitaidottomalla miehistöllä hyvin pitkään, kun pudotuskertoja joudutaan tekemään useita. Ammattitaitoinen miehistö pystyy pudottamaan tarvittavan sepelin parilla yliajokerralla. Sepelöintiyksikössä kolme työmiestä pudottaa sepeliä. Vaunuista sepeliä voidaan pudottaa keskelle raideetta, sekä molemmille sivuille. Sepeliä lisätään tarvittaessa jokaisen tuennan jälkeen.

Sepelin pudottajien tulee kommunikoida tukikerroksen muotoilukoneen kanssa. Hyvällä yhteispelillä sepeliä pudotetaan oikeisiin paikkoihin ja oikea määrä. Tällöin muotoilutyö sujuu nopeammin. Huonosti toteutettua sepelöintiä voi korjata muotoilukoneella, joka pystyy levittelemään sepeliä tarvitsemiinsa paikkoihin, mikä pidentää muotoilutyöhön kuluva aikaa.

#### **3.6.4 Tukikerroksen muotoilu**

Tukikerroksen muotoilu on viimeinen työvaihe. Työ suoritetaan tehtävää varten valmistetulla tukikerroksen muotoilukoneella, joka auraa ja harjaa tukikerroksen sepeliä. Aluksi muotoilukone auraamalla levittelee sepeliä tarvittaviin paikkoihin ja muotoilee tukikerroksen oikeaan muotoonsa. Toinen työvaihe on harjaus. Tällöin muotoilukone harjaa tukikerroksen yläpinnan päälysrakenneluokan vaatimusten mukaiseen muotoon ja poistaa radalta ylimääräiset irtokivet. Muotoilukoneen työskentely aiheuttaa erittäin paljon pölyämistä ja melua.

Nopean liikenteen radoilla tukikerros tulee muotoilla välittömästi seulontatyön jälkeen. Mikäli nopeutta ei ole rajoitettu, pölkyn päällä ei saa olla irtokiviä ja tukikerroksen yläpinnan taso saa olla enintään pölkyn yläpinnan tasossa. (Päälysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 16.)

Muotoilutyön nopeuteen vaikuttaa sepelöinnin onnistuminen.

### **3.6.5 JKV- ja turvalaitetyöt**

Sepelinpuhdistustyön aikana joudutaan radan nopeusrajoituksia muuttamaan. Lisäksi radalla saattaa tulla vastaan turvalaitteita, jotka joudutaan purkamaan puhdistustyön edeltä.

Nopeusrajoituksia muuttaessa tulee eteen radan kiinteiden baliisien irrotus ja väliaikaisten baliisien asentaminen. Työalueen väliaikaiset baliisit ja niistä ilmoittavat liikennemerkit asennetaan liikenteenohjaussuunnitelman mukaisille paikoilleen. Linjan varsinaiset baliisit irrotetaan ja liikennemerkit peitetään. Tilapäisiä nopeusrajoituksia voidaan joutua liikuttamaan työmaan edetessä. Turvalaitteisiin kytketyn baliisin saa irrottaa ja kytkeä vain tehtävään pätevätyöntekijä. Nopeusrajoituksen poistumisesta on ilmoitettava Rautatiesuunnitteluun.

Baliisit asennetaan pareittain ja baliiseja asennettaessa on huomioitava, että baliisien tulee olla 2,3 – 3,5 m etäisyydellä toisistaan. Lisäksi baliisien tulee olla 10,5 m etäisyydellä lähimmistä muista baliiseista. Mikäli baliisiparia ei saa tarkalleen oikeaan paikkaan, siirretään se kauemmas rajoituksesta. Yli 20 metrin siirroille on kuitenkin pyydettävä lupa nopeusrajoituksen suunnittelijalta. (RATO 10 junien kulunvalvonta JKV, 2009, 91.)

Seulottavalla alueella saattaa olla junaradan turvalaitteita. Niitä saatetaan joutua purkamaan työn tieltä ja asentamaan jälleen puhdistustyön jälkeen. Turvalaitteiden purkamisen ja asentamisen saa tehdä vain tehtävään pätevätyöntekijä.

### **3.6.6 Ylikäytävät**

Pitkien rataosuuksien sepelinpuhdistustyössä tulee ylikäytäviä väistämättä vastaan. Ylikäytävien purkaminen vaatii ylikäytävätoihin perehtyneen työnjohtajan, työmiehen ja kiskopyöräkaivinkoneen.

Ylikäytäviä on erityyppisiä ja niiden purkaminen eroaa hieman toisistaan. Vilkkaimmilla teillä ylikäytävät tehdään nykyään pääsääntöisesti kumista ja vähemmän liikennöidyt ylikäytävät puusta. Erilaisten ylikäytävien purkaminen ja kasaaminen eroaa lähinnä kiinnitysten osalta. Erilaisia työvälineitä tarvitaan erilaisten ylikäytävien purkamiseen ja asentamiseen.

Aluksi ylikäytävän osat merkataan, jotta ne voidaan kasata täsmälleen samoille paikoilleen. Tämän jälkeen ylikäytävän kiinnikkeet puretaan miesvoimin ja kaivinkone nostelee ylikäytävän osat sivuun sepelinpuhdistuksen tieltä. Sepelinpuhdistuskoneen mentyä risteyksen yli voidaan ylikäytävä asentaa paikoilleen, kun sen paikka on sepelöity ja tuettu. Käytännössä tämä tapahtuu työvuoron loppupuolella, kun sepelöinti ja tukeminen ovat käynnissä. Asennettaessa ylikäytävää paikoilleen tulee se asentaa täsmälleen samaan paikkaan, kuin se alun perin olikin ja muotoiltava siihen liittyvän tien liittymäkohta sellaiseksi että autoliikenne pääsee vaivatta tasoristeyksen yli.

### 3.6.7 Sepelinpuhdistus



Kuva 13 Sepelinpuhdistuskone työssä ([www.plassertheurer.com](http://www.plassertheurer.com))

Tukikerroksen sepelinpuhdistus toteutetaan siihen varta vasten valmistettuja koneita käyttäen. Nämä sepelinpuhdistuskoneet ovat Suomessa niin sanottuja alta leikkaavia sepelinpuhdistuskoneita, jotka ottavat sepelin pois koko tukikerroksesta ja seulontakoneisto puhdistaa sepelistä niin ylisuuret, kuin liian pienetkin ainekset. Laatuvaatimukset täyttävät ainekset palautetaan rakenteeseen. Alta leikkaavat sepelinpuhdis-

tuskoneet pystyvät puhdistamaan kerralla koko tukikerroksen (uusimmat koneet hie-  
man yli metrin syvyyteen asti) ja tarvittaessa tukikerroksen alle voidaan asentaa puh-  
distustyön ohessa routalevyt. Rakenteeseen soveltumaton ja poistettava materiaali  
voidaan ohjata ratapenkereelle tai se voidaan kerätä sepelinpuhdistuskoneeseen  
liitettäviin kuljetusvaunuihin.

Mikäli radasta seulottavaa ainesta ei ohjata suoraan penkereeseen, on sen kuljetusta  
varten puhdistuskoneella omat vaunut. Nämä vaunut on varustettu kuljetushihnoilla,  
jotka kuljettavat etummaiseen vaunuun heitetyn maa-aineksen perimmäiseen vau-  
nuun asti. Näin voidaan helposti kuormata koko yksikkö. Pitkiä rataosuuksia puhdis-  
tettaessa ja materiaalmäärien ollessa suuria, joudutaan vaunuroikkaa tyhjentämään  
ajoittain. Tämä voi muodostaa ongelman puhdistustyölle, mikäli kaikki maa-aines  
kerätään pois. Radan liikennejärjestelyt vaikeutuvat ja tarvittavan hinaus- ja vaunuka-  
luston määrä kasvaa. Mikäli mahdollista, kannattaa siis rakenteesta pois seulottu  
maa-aines ohjata radan penkereeseen.



Kuva 14 Poistetun maa-aineksen kuljetusvaunut ([www.plassertheurer.com](http://www.plassertheurer.com))

Seulotun materiaalin poistaminen vaunujen avulla tulee kysymykseen lähinnä ratapi-  
ha-alueilla, joilla on useita raiteita vierekkäin, eikä puhdistuskoneen hihna pysty heit-  
tämään huonoa maa-ainesta tarpeeksi kauas.

Sepelinpuhdistus voidaan karkeasti jakaa kolmeen erilliseen työvaiheeseen. Näitä  
ovat työn aloitus, itse puhdistustyö ja työn lopetus.

Ennen kuin puhdistuskone pääsee suorittamaan sille tarkoitettua tehtävää, täytyy puhdistuskoneen ketjulle kaivaa aloitusmonttu. Aloituksen alueelle täytyy tehdä tilaa ketjun asentamiseen, joten tiellä olevat ratapölkkyt ja raidesepeli on poistettava. Tähän tarvitaan kiskopyöräkaivinkonetta ja työmiehiä. Kun aloitusmonttu on kaivettu, nostetaan sinne puhdistuskoneen ketjun puomi. Käytettävä puomi riippuu laitetaanko puhdistuksen yhteydessä routalevytys. Tämän jälkeen voidaan sepelinpuhdistuskone ajaa paikoilleen. Kun kone on aloituspaikassaan, asennetaan puomi koneeseen ja liitetään syöttöketju yhtenäiseksi. Tämä tapahtuu miesvoimin. Aloituksen tekeminen on yksinkertainen työvaihe, mutta voi viedä yllättävän paljon aikaa. Ketjun liittäminen tapahtuu käsityönä ja maassa pyöritelty ketjun liitoksen kohdat saattavat olla likaisia ja hankaloittaa ketjun yhteen liittämistä. Ketjun osat ovat myös painavia ja niitä joudutaan työstämään käsin.

Alustavien töiden jälkeen voi sepelinpuhdistuskone aloittaa puhdistustyön. Tällöin koneen ketju poistaa raidesepeliä halutusta syvyydestä ja leveydestä ja kuljettaa sen seulantakoneistoon.

Puhdistustyötä hidastavia ongelmia ovat puhdistuskoneen syöttöketjun tukkeutuminen ja seulaston tukkeutuminen. Sepelinpuhdistuskoneen ketju saattaa tukkeutua ylisuurten kivien ansiosta, joita radan rakenteessa voi olla paikoitellen runsaastikin. Näiden kivien poistaminen tapahtuu käsin ja vaatii puhdistuskoneen ketjun pysäyttämistä. Lisäksi seulaston tukkeutuessa, täytyy työmiesten kiivetä koneen päälle sitä puhdistamaan. Koneen liikkua eteenpäin tarkistetaan myös radan asemaa mittapaaluista. Raiteen pudotusta ohjataan mahdollisimman lähelle haluttua raiteen asemaa sivuttaissuunnassa. Lisäksi ohjataan palautuvan sepelin paikkaa, kuin myös poistettavan maa-aineksen sijoitusta.

Mikäli sepelinpuhdistuksen yhteydessä asennetaan routaeristys, tarvitsee puhdistuskoneeseen liittää vaunut, joissa routaeristelevyt kuljetetaan. Routaeristykseen laittaminen vaatii viisi työmiestä: Kaksi vaunuihin käsittelemään levyjä, yksi vastaanottamaan levyjä ja kaksi laittamaan levyjä paikoilleen. Routalevyjä asentaessa tulee tarkastaa kaivupohjan tasaisuus ja tarvittaessa poistaa levyn rikkoutumisvaaraa aiheuttavat sepelirakeet ja kivet. Sepelinpuhdistuskoneella levyjä asennettaessa alustasta tulee helposti tasainen ja oikeaan suuntaan viettävä.

Levyn asennuksessa huomioonotettavia asioita ovat:

- Levyn pontit tulevat oikein päin ja ovat kiinni toisissaan

- Routalevyt tulee asentaa vähintään 550 mm etäisyydelle korkeusviivasta
  - Levyt tulee asettaa tasaiselle alustalle
  - Raidetta tuettaessa raiteen tulee olla niin korkealla, että tuentahakkujen routalevyn yläpinnan väliin jää aina vähintään 10 cm.
  - Vastaava työnjohtaja huolehtii siitä, että työkoneen terillä tai muuten ei rikota eristyslevyjä
  - Lisäsepelöinti, tavallisesti 1,2 – 2 m<sup>3</sup>/raide-m
- (Tukikerroksen puhdistustyön yleiset laatuvaatimukset, 1998, 3.)

Varsinaisen sepelinpuhdistustyön päättäminen on oma työvaiheensa. Jotta puhdistuskoneen ketju ja puomi saadaan pois radan alta, täytyy radan alle asentaa ratapölkkyistä katkaistut lopetuspölkkyt jotka pitävät radan koholla. Tällöin voidaan ketju katkaista ja rata pudottaa paikoilleen. Lopuksi kaivinkone siirtää ketjun ja palkin pois radan alta, sepelöi lopetusmontun ja avustaa työmiehiä lopetuspölkkyjen poistamisessa.

Puhdistustyön aikana kontrolloidaan myös puhdistetun sepelin laatua. Liikennevirasto vaatii, että jokaiselta alkavalta kilometriltä tulee ottaa näytteet puhdistetusta sepelistä. Näytteen otto tapahtuu helpoiten suoraan sepeliä rataa palauttavalla hihnalla. Näytteiden rakeisuudet tutkitaan laboratorioissa. Liitteessä 1 on esitetty Toivala – Siilinjärvi sepelinpuhdistustyömaan rataa palautetun sepelin rakeisuudet kahdelta eri kohdalta. Näytteet on tutkittu kiviaineslaboratorioissa ja tuloksista näkyy, että tämän hetkinen sepelinpuhdistuskalusto toimii hyvin tehtävässään ja rataa palautuva sepeli on laatuvaatimusten mukaista.

Vaikka sepeli puhdistetaan, niin rataa palautuva sepeli ei ole koskaan uudenveroisista. Peruskunnostetusta radasta ei myöskään saada koskaan yhtä hyvää, mitä uudesta. Palautuva kiviaines läpäisee seulan ja kelpaa siltä osin radan rakenteeseen. Kiviaines on kuitenkin lohkeillutta ja pyöristynyttä, jolloin kiviainesten välinen kitka on pienempi. Uusi sepeli on kalliosta murskattua ja se on teräväkulmaista, joten se toimii paremmin.

Sepelinpuhdistuksessa on huomioitava myös liikenneviraston säännöt työskentelylämpötilojen suhteen. Liian kuumalla kelillä muodostuu kiskoihin niin suuret jännitykset, että tukikerrokseen kajoamista on syytä välttää. Sepelinpuhdistus saa tapahtua kiskon neutraalilämpötila-alueella +12 °C ... +22 °C, mutta mikäli kiskon neutraalilämpötila ei ole tiedossa voidaan työskennellä lämpötiloissa +5 °C ... +27 °C. Suorilla

ja yli 1000 m säteisissä kaarteissa voidaan alarajana käyttää + 0 °C. (Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset, 2000, 13.)

### **3.6.8 Mittaus**

Työn aikana radan asemaa mitataan jatkuvasti. Puhdistuskoneella pudotetaan rataa karkeasti oikealle paikalleen, jonka jälkeen mittamies mittaa radan tarkan paikan ja kirjoittaa nuotit tukemiskoneen kuljettajalle. Nuottien perusteella tukemiskoneen kuljettaja pystyy siirtämään raidetta oikeaan asemaan ja korkoon.

### **3.6.9 Raiteen tukeminen ja stabilointi**

Jotta raide saadaan samaan asemaan kuin se oli ennen sepelinpuhdistustyötä, täytyy se nostaa ja oikoa raiteentukemiskoneella. Raidetta voidaan tukea ennen sepelöintiä, mikäli rataa palautuvan sepelin määrä on tarpeeksi suuri radan nostamiseen. Kerralla tapahtuvan tukemiskoneen noston tulisi olla 20-50 mm. Tällöin päästään parhaaseen tulokseen. Mikäli nostoa on enemmän, vähennetään sitä tasaisesti koko työalueella. Työalue tuetaan niin monta kertaa, että tavoiteltu geometria saavutetaan. Tuentakertoja tulisi kuitenkin olla enintään 2-3, jotta vältetään turhalta sepelin murskaamiselta. (Päällysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset, 2000, 32.)

Jotta sepelinpuhdistuksen häiritsemän radan liikennöintiä voidaan nostaa, täytyy tuetun radan yli kulkea tietty bruttotonnimäärä liikennettä. Vaihtoehtoisesti voidaan rata ajaa läpi stabilisaattorilla, joka tärisyttää ja painaa rataa. Stabilisaattorin toimintaperiaate on samanlainen kuin maanrakennustöissä käytettävän tärlyn. Stabiloinnin jälkeen radan katsotaan asettuneen omalle sijalleen niin hyvin, että nopeusrajoituksia voidaan nostaa.

### **3.6.10 Liikenteelle luovutus**

Ratatyöstä vastaava ilmoittaa liikenteenohjaukselle työn päättymisestä jokaisen vuoron jälkeen. Ennen liikenteelle luovutusta on radan kunnan tarkastaa tehtävään pätevä henkilö. Tukikerroksen puhdistustyössä tarkastuksen tekijällä tulee olla päällysrakennepätevyudet.

Ratatyöstä vastaava ilmoittaa liikenteenohjaukseen täsmällisesti työalueelle jäävistä liikenteeseen vaikuttavista asioista, sekä raiteen liikennekelppoisuudesta. Sepelinpuhdistustyömaalla työskentelee useita työryhmiä yhtä aikaa. Tällöin ratatyöstä vastaava

täyttää liikenteelle luovutus-kaavakkeen ja kaavakkeeseen merkitään erikseen kaikkien työryhmien yhteyshenkilöt. Kun työryhmien yhteyshenkilöt ovat ilmoittaneet ratatyöstä vastaavalle omien osa-alueidensa valmistumisesta, voi ratatyöstä vastaava ilmoittaa ratatyön päättyneeksi. (Radanpidon turvallisuusohjeet, 2009, 40.)

### **3.7 Jälkityöt**

Varsinaisen tukikerroksen puhdistamisen jälkeen, jää työmaalle vielä joitakin työtehtäviä, jotka on tehtävä ennen kuin työmaa on valmis lopullisesti luovutettavaksi.

#### **3.7.1 Kaapelien peittäminen**

Ennen sepelikerroksen puhdistamista joudutaan liian lähellä työskentelytilaa olevat kaapelit kaivamaan ylös ja siirtämään pois puhdistustyön tieltä. Nämä samat kaapelit on töiden jälkeen jälleen peitettävä.

Kaapelin, jota ei ole sijoitettu kaapelikanavaan on oltava vähintään 3,0 m:n etäisyydellä raiteen keskilinjasta. Kaapelikanavia saattaa löytyä ratapiha-alueilta, mutta linjaosuuksilla niitä ei yleensä ole. Lisäksi kaapelin yläpinnan tulee olla vähintään 0,6 m:n syvyydessä. Kaapelikaivannon pohjan on oltava tasainen. Pohja tasoitetaan ennen kaapelin laittamista hienojakoisella maa-aineksella. Tähän sopii tukikerroksesta pois seulottu hienoaines, jota ratapenkereeltä löytyy runsaasti puhdistustyön jälkeen. Ennen kaapelin asettamista kaivantoon täytyy kaivanto puhdistaa sinne mahdollisesti pudonneista kivistä. Alkutäytössä maakaapelin päälle laitetaan noin 0,2 m hienojakoista maata ja tämän päälle asetetaan kaapelin varoitusnauha, jonka päälle voidaan tehdä lopputäyttö. Kaapelikaivannon täyttöön ei saa laittaa läpimitaltaan yli 150 mm:n kiviä.. (Maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeet, 2001, 7-8.)

Kaapelin peittotyöt voidaan tehdä lyhyissäkin työraoissa ja näkyvyyden takia työt kannattaa suorittaa päiväsaikaan, mikäli työraot sen sallivat. Työhön sopii kiskopyöräkaivinkone ja pari työmiestä.

#### **3.7.2 Ojien ja rumpujen puhdistaminen**

Sepelinpuhdistuksessa muodostuu paljon jätemaata, joka voidaan joko kerätä puhdistuskoneen vaunuihin tai ohjata ratapenkereeseen. Yleensä tämä hienoaines ohjataan ratapenkereeseen. Tällöin puhdistuskoneen kuljetushihna syöttää hienoainesta jatkuvasti penkereen sivuun ja voi tukkia oja ja rumpuja. Kunnollinen kuivatus on

oleellinen osa ratarakenteen toimivuutta ja sepelinpuhdistuksen jälkeen on ojat ja rummut käytävä läpi ja tarpeen tullen puhdistettava.

### **3.7.3 Jälkien tasoittelu**

Ratapenkereen esteettisyys tulee säilyttää myös puhdistustyön jälkeen. Penkereeseen ohjattu hienoaines täytyy tasoitella siistin näköiseksi. Tätä työtä voi puhdistuskoneen takakone tehdä jo puhdistustyön aikana, mutta mikäli jää paikkoja joita ei tasoitella, tulee nekin viimeistellä.

### **3.7.4 Ylikäytävien viimeistely**

Työn aikana puretut ja uudelleen asennetut ylikäytävät tulee viimeistellä niiltä edellytetyyn kuntoon. Asfalttiteillä tulee ylikäytävän purkamisen yhteydessä tuhottu asfalttipinta asfaltoida uudelleen. Sorateillä tien muotoilu voidaan tehdä työn ajanakin.

### **3.7.5 VERSE-mittaus**

Viimeisenä työvaiheena on tukikerroksen puhdistamisessa VERSE-mittaus. VERSE-mittauksella varmistetaan, onko raiteeseen syntynyt jännitystiloja. Ohjeiden mukaan VERSE-mittaus on suoritettava alueilla, joissa raidetta on siirretty enemmän kuin 30 mm, eikä kiskoja ole katkaistu. Tällöin raiteeseen saattaa muodostua jännityksiä. Sepelinpuhdistuksessa ei kiskoja katkaista, joten mittaus on suoritettava. Jännitykset saattavat aiheuttaa hellekäyriä ja kiskojen murtumisia lämpölaajenemisen takia. Mikäli VERSE-mittauksessa ilmenee liian suuria jännityksiä, täytyy alue neutraloida. (Tukiainen, 2010, 22.)

### **3.7.6 Luovutus**

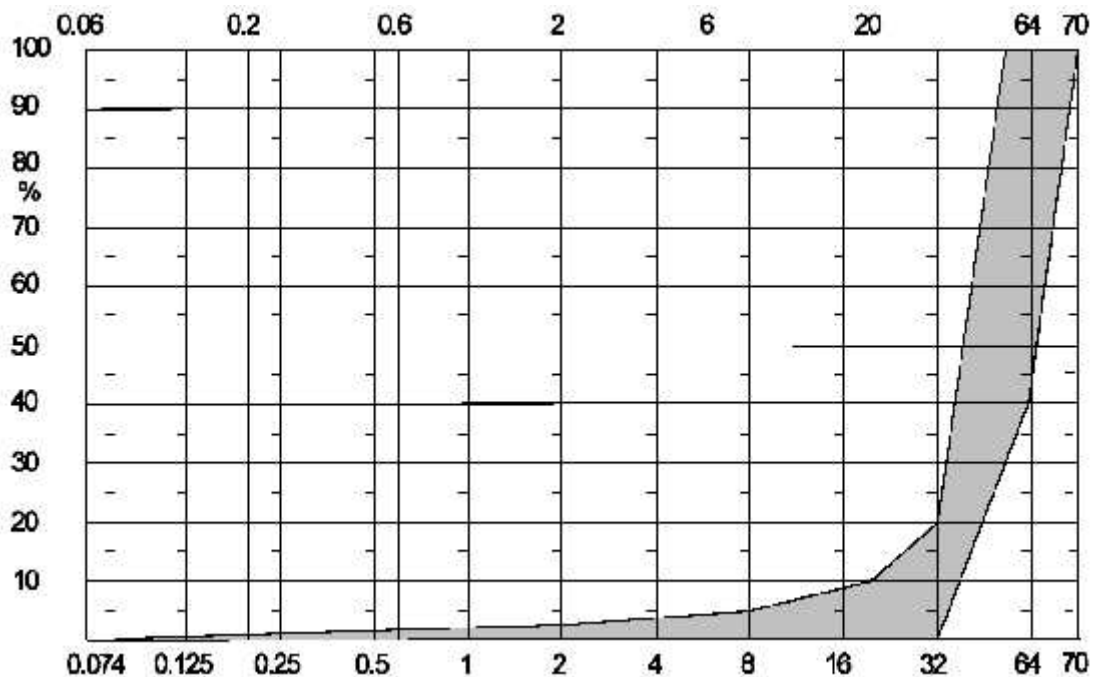
Kun kaikki työvaiheet on suoritettu ja rata on luovotuskunnossa, voidaan valmis työ luovuttaa tilaajalle. Valmiista sepelinpuhdistustyöstä on urakoitsija velvollinen keräämään laadunvalvonnasta syntyneet dokumentit kelpoisuuskirjaksi. Kelpoisuuskirja on esitettävä tilaajalle tilaajan sitä pyytäessä, kuitenkin viimeistään työn vastaanoton yhteydessä. (Tukikerroksen puhdistustyön yleiset laatuvaatimukset, 1998, 5.)

### 3.8 Puhdistetun sepelin laatuvaatimukset

Puhdistetussa materiaalissa saa olla korkeintaan 5 irtotilavuusprosenttia routalevy-materiaalia. Tarvittaessa routalevymateriaalin tilavuusprosenttia mitataan ja tulokset esitetään mittauspöytäkirjassa. (Tukikerroksen puhdistustyön yleiset laatuvaatimukset, 1998, 3.)

Puhdistettu sepeli saa sisältää sileäpintaisia murskautumattomia rakeita korkeintaan 10 painoprosenttia. Tarvittaessa sileäpintaisten murskautumattomien rakeiden painoprosentti mitataan ja tulokset esitetään mittauspöytäkirjassa. (Tukikerroksen puhdistustyön yleiset laatuvaatimukset, 1998, 3.)

Puhdistetusta tukikerroksesta tulee ottaa näyte ja varanäyte vähintään jokaiselta alkavalta puhdistuskilometritä. Näytteet on otettava ennen täydennyssepelöintiä. Näytteiden massan tulee olla 10 – 15 kg. Seulonnan tulokset piirretään rakeisuuskäyräksi ja esitetään kelpoisuuskirjassa. Näytteen tai varanäytteen rakeisuuskäyrän on pysyttävä kuvan 11 ohjealueella. (Tukikerroksen puhdistustyön yleiset laatuvaatimukset, 1998, 3.)



Kuva 15 Puhdistetun tukikerroksen rakeisuuden ohjealue (Tukikerroksen puhdistustyön yleiset laatuvaatimukset, 1998, 4.)

- rakeisuusalueen 0-1 mm osuus näytteestä tulee olla alle 1 painoprosenttia
- rakeisuusalueen 0-2 mm osuus näytteestä tulee olla alle 2,5 painoprosenttia

- rakeisuusalueen 0-8 mm osuus näytteestä tulee olla alle 5 painoprosenttia
  - rakeisuusalueen 0-20 mm osuus näytteestä tulee olla alle 10 painoprosenttia
  - rakeisuusalueen 0-32 mm osuus näytteestä tulee olla alle 20 painoprosenttia
- (Tukikerroksen puhdistustyön yleiset laatuvaatimukset, 1998, 4.)

## **4 PARANNUSEHDOTUKSET NYKEISEEN KÄYTÄNTÖÖN**

### **4.1 Näytteenotto koneellisesti**

Nykyään tukikerroksen näytteenotto tapahtuu manuaalisesti. Kilometrin välein tehtävät rakeisuustutkimukset antavat kuitenkin varsin karkean kuvan radan varsinaisesta kunnosta ja tuloksien keskiarvokin saattaa poiketa todellisesta tilanteesta varsin paljon, sillä radan sepeli kuluu epätasaisesti. Jotta tutkimuksissa saataisiin kattavampi ja tarkempi kuva tukikerroksen tilasta, täytyy näytteitä ottaa tiheämmin. Tämä tapahtuisi nopeasti, mikäli näytteenotto tehtäisiin koneellisesti. Kiskoilla liikkuvia näytteenottokoneita käytetään mm. Ruotsissa ja ne kykenevät tutkimaan radan rakennetta myös väli- ja eristyskerroksista. Näytteenottokoneet pystyvät ottamaan näytteitä nopeasti ja näin ollen rataosuudet voitaisiin tutkia tehokkaammin.

Tarkalla tukikerroksen tilan selvittämisellä voitaisiin suunnitella sepelipuhdistustarve paremmin ja mahdollisesti puhdistaa vain huonokuntoiset osat. Tarvittava sepelin määrä saataisiin myös tarkemmin selville, kun poistuvan aineksen määrästä olisi paremmat arviot.

### **4.2 Tukikerrosskannerit**

Nykyisellään tukikerroksen ongelmiin puututaan vasta silloin, kun alkaa ilmetä varsinaisia fyysisiä haittoja raiteen rakenteelle ja näin ollen myös raideliikenteelle. Tukikerroksen uusiminen on projektina kallis, eikä ongelmien synnyttyä töihin päästä kovinkaan nopeasti. Näin ollen raidetta joudutaan tukemaan ja kiilaamaan ennen kerroksen uusimista, mikä aiheuttaa jatkuvasti ylimääräisiä kustannuksia, kun tukikerros joudutaan kuitenkin jossain vaiheessa korjaamaan.

Ulkomailla on laajalti käytössä erilaisia rakennekerrosskannereita. Nämä skannerit tutkivat radan rakennetta maatutkan avulla ja pystyvät havaitsemaan tukikerroksen ongelmat ennen kuin niistä syntyy varsinaisia fyysisiä haittoja. Laitteet kykenevät tutkimaan tukikerroksen 100 km:n tuntivauhdissa joten niiden toiminnasta ei ole juurikaan haittaa raideliikenteelle. Tällaisten laitteiden käyttö vähentäisi turhia huoltokus-

tannuksia, kun ongelmiin osattaisiin varautua etukäteen. Tukikerroksen puhdistamisen suunnittelu ja toteutus voitaisiin aloittaa ennen varsinaisten ongelmien syntyä, jolloin turhat kunnossapitotoimenpiteet jäisivät pois. Tästä olisi etua myös raideliikenteelle, kun routavaurioiden aiheuttamat nopeusrajoituksen vähenisivät. Paremmassa kunnossa oleva rata on myös turvallisempi liikennöidä.



Kuva 16 Tukikerrosskannerin tekemä 3D-malli. Tieto helpottaa arvioimaan sepelinpuhdistustarvetta ja toimenpiteet voidaan kohdistaa alueille joissa se on tärkeintä ([www.groundprobe.com](http://www.groundprobe.com))

Tukikerroksen tutkiminen skannereiden avulla sallii myös pisteittäisen tukikerroksen korjauksen. Radan tukikerros on usein kulunut epätasaisesti, jolloin skannereiden avulla voidaan paikantaa huonoimmat kohdat ja keskittää korjaustoiminta lyhyille pätkille, mikäli pitkää rataosuutta ei haluta korjata kokonaan. Näin rata pysyy liikennöitävässä kunnossa pidempään ilman että koko rataosuus täytyy puhdistaa, kun korjaustoiminta voidaan keskittää huonoimmille kohdille ja jättää vähemmän kuluneet alueet koskematta. Voidaan luoda jatkuvasti rataa korjaavaa toimintamalli. Ratahankkeiden rahoituspäätös on poliittinen ja mikäli tukikerrosta korjattaisiin pienissä erissä, voisi rahoituskin järjestyä helpommin.

Varsinaisen sepelinpuhdistustyön suunnittelussa tukikerroksen tutkiminen maatumalla auttaa. Voidaan päätellä tarkasti missä kunnossa rata on ja paljonko sepeliä kuluu työn tekemiseen ja onko syytä lisätä sepeliä ennakoon. Säästyään myös manuaalisesti otettavilta näytteiltä, vaikka niiden ottamisella voidaankin varmistaa radan kunto.



Kuva 17 Groundprobe tukikerrosskanneri voidaan asentaa lähes mihin tahansa työkoneeseen. ([www.groundprobe.com](http://www.groundprobe.com))

### 4.3 Ylikäytävät

Ylikäytäviä joudutaan purkamaan seulontatyön edeltä ja kasaamaan jälleen seulan ohitettua ylikäytävän. Tästä syystä olisi hyvä tutkia seulonta-alueella sijaitsevat ylikäytävät hyvissä ajoin etukäteen, jolloin huonokuntoisten ylikäytävien tilalle voitaisiin tilata uudet ennen seulontatyön aloitusta. Tällöin uudet ylikäytävät voitaisiin asentaa työn ohella, eikä ylikäytäviä tarvitse vaihtaa erikseen, jolloin säästetään kustannuksia. Uusien ylikäytävien kasaaminen ei vie juurikaan enempää aikaa kuin vanhojen takaisin laittaminen, joten se ei vaikuta työraon käyttämiseen.

### 4.4 Kaapelien sijoitus

Ratapenkalla voi kulkea useita eri kaapeleita, varsinkin turvalaitekaapeleita kulkee raiteen pituussuunnassa. Nämä kaapelit tulisi alun perin sijoittaa tarpeeksi kauaksi raiteen keskilinjasta. Nykyisellään kaapelit jätetään usein liian lähelle, jolloin varsinkin routalevyjä asentaessa, kun käytetään leveää puomia, seulonta-alue risteää johtojen kanssa. Etukäteen tapahtuva johtojen ylöskaivaminen seulonnan alta on turhaa kustannusta, joka voitaisiin välttää johtojen paremmalla sijoittamisella. Myös auraamalla maahan laitettut kaapelit ovat mutkien kohdalla niin tiukalla, että niiden ylöskaivaminen on työlästä.

#### 4.5 Oheistöiden optimointi

Tiukoissa työraoissa työskentelyssä on tärkeää että varsinaista seulongtaa päästään tekemään mahdollisimman suuri osa ajasta. Seulongnan ohella projektissa kuitenkin tapahtuu yhtä aikaa ja myös seulongnan jälkeen useita muita eri työvaiheita, jotka vaativat oman aikansa. Näiden muiden töiden optimointi antaa seulongalle enemmän aikaa edetä. Raiteen tukeminen, stabilointi ja sepelöinti tulee siis optimoida mahdollisimman tehokkaiksi. Raiteen tukemiseen tulee käyttää nopeaa useampaa pölkkyä yhtä aikaa tukevaa konetta.

Varsinkin sepelin pudotus ja muotoilu voivat muodostaa ongelmakohdan. Ammattitaidoton miehistö sepelin pudotuksessa voi syödä erittäin paljon aikaa ja luoda epäluottamusta aikatauluihin. Tällöin seulan täytyy lopettaa liian aikaisin, jotta sepelöinti saadaan tehtyä varmasti ajoissa. Huonosti tehty sepelöinti vaikuttaa myös sepelikerroksen muotoiluun. Jotta sepelöinti saataisiin tehtyä hyvin, täytyy henkilöstön olla hyvin perehdytettyä ja sepelöintityön johtajan ammattitaitoinen. Kaluston täytyy myös olla tehtävään sopivaa. BMO-vaunut sopivat kyseiseen tehtävään luotettavuutensa puolesta paremmin kuin UAD-vaunut, jotka kärsivät helpommin teknisistä ongelmista. Sepelöinnissä on tärkeää yhteistyö sepelöinnin johtajan ja työmiesten välillä, kuin myös kommunikointi kuskien kanssa. Lisäksi täytyy olla yhteydessä muotoilukoneen kuskeihin, jotta sepeli saadaan jaettua oikein ja ennen kaikkea nopeasti.

#### 4.6 Miehistön yhdistäminen

Seulongtatyö on iso työmaa ja työvaiheet ovat pääosin prosessimaisia. Eli yhtä työvaihetta ei päästä aloittamaan ennen kuin toinen on saatu valmiiksi tai tarpeeksi pois seuraavan työvaiheen tieltä. Tästä on seurauksena se, että kun yksi työvaihe on käynnissä, muiden työvaiheiden miehistö pitää taukoa. Näitä limittäisyyksiä voisi käyttää hyväksi henkilöstömäärissä, kun samat miehet voisi perehdyttää useampaan tehtävään. Varsinkin sepelinpudotus on tällainen työvaihe, joka tapahtuu lastausta lukuun ottamatta pääosin silloin kun seula on työnsä saanut valmiiksi. Tällöin seulan apumiehistö voisi hyvinkin hoitaa myös sepelinpudotuksen.

Miehistön määrää voisi muutenkin kenties vähentää. Työmaasta riippuen ylikäytäväporukka, baliisityöryhmä ja turvalaiteryhmä voisivat mahdollisesti olla sama työryhmä. Ylikäytävien purkaminen voi tapahtua jo ennen varsinaista työrakoa, koska niiden purkaminen ei vaadi niin paljon aikaa. Haitat tieliikenteelle ovat tällöin suuremmat, mutta varsinkin pienillä teillä ne eivät olisi kovin merkittävät. Tällöin miehistöä voisi

vähentää, kun samat henkilöt tekisivät useita tehtäviä. Tällaisten työryhmien yhdistäminen on kuitenkin työmaakohtaista, koska saattaa olla mahdollista, että miehet eivät kerkeä kaikkea tekemään annetussa ajassa. Asiaa olisi kuitenkin syytä tarkastella ennen työmaan aloittamista. Pitäisi katsoa työryhmille tulevat tehtävät ja miettiä pystyykö yksi ryhmä toteuttamaan annetut työt annetussa ajassa.

#### 4.7 Uudet sepelinpuhdistuskoneet

Yksi puhdistustyötä nopeuttava tekijä on itse puhdistuskone. Nykyään käytettävät Plasser & Theurer RM 80 ja RM 80-U sepelinpuhdistuskoneet ovat jo vanhenemaan päin. Sepelinpuhdistuskoneiden kehitys on ajan kuluessa mennyt eteenpäin ja uudet koneet ovat kehittyneet joka osa-alueella.

Uudet sepelinpuhdistuskoneet mahdollistavat nopeamman käyttöön saattamisen ja töiden lopettamisen. Koneissa on lisätty hydraulikkaa nopeuttamaan kyseisiä työvaiheita. Lisäksi koneet pystyvät käsittelemään suurempia materiaalmääriä nopeammin. Koneiden työskentelysyvyudet ja -leveydet ovat myös kasvaneet. Myös seulat ovat parantuneet siten, että ne kykenevät tarkempaan seulontaan, jolloin rataan palautuvan materiaalin määrä kasvaa.

Uudemmissa puhdistuskoneissa on myös mahdollisuus lisätä uusi sepeli suoraan sepelinpuhdistuskoneella puhdistustyön aikana, mikä nopeuttaa koko työmaan toimintaa huomattavasti. Koneet ovat kehittyneet myös ohjauksen ja tiedonkeräyksen osalta. Nykyaikaisia koneita voi ohjata portaattomasti ja tarkasti. Koneiden tietokoneet keräävät myös tarkat tiedot tehdystä työstä: Työskentelysyvyyksistä, kallistuksista ja radan geometriasta ennen ja jälkeen puhdistuksen.



Kuva 18 Plasser & Theurer RMW 1500

([www.plasseramerican.com](http://www.plasseramerican.com))

## 5 VAIHTOEHTOISET MENETELMÄT TUKIKERROKSEN PUHDISTAMISEEN

### 5.1 Kaivinkoneella tapahtuva massanvaihto

Kaivamalla tapahtuvaa tukikerroksen vaihtoa käytetään kohteissa jossa tukikerroksen puhdistus ei ole mahdollista tai taloudellisesti kannattavaa. Näitä kohteita ovat mm. vaihteet, tasoristeykset, asemalaiturit ja siltojen päät. (Päällysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004, 19.)

Mikäli tukikerrosta ei seulota, vaan suoritetaan massanvaihto, voidaan kyseinen työ suorittaa kiskopyöräkaivinkoneen avulla. Menetelmä on hidas verrattuna sepelinpuhdistuskoneen työskentelyvauhtiin, eikä vanhaa sepeliä seulota, joten materiaalihukka on suurempi. Pidempien rataosuuksien tukikerroksen korjaamiseen menetelmä ei olekaan sovelias. Pisteittäiseen korjaustyöhön kaivinkone on kuitenkin halpa ja helppo vaihtoehto.

Kaivinkoneessa on hyvä olla työhön varta vasten suunniteltu kauha, missä kauhaan on leikattu lovet kiskoja kohdalle. Tällöin kaivinkone kykenee kaivamaan tukikerrosta kiskoja päältä. Ratapölkkyjä täytyy muutama irrottaa, jotta kaivinkoneelle tulee työskentelytilaa. Työhön tarvitaan pari ratatyömiestä. Kun muutama pölkky on poistettu voi loppujen pölkkyjen kiinnikkeitä miesvoimin höllentää, jolloin kaivinkone pystyy vetämään pölkkyjä niiden ollessa kiskoissa kiinni. Näin kaivinkone pystyy liikkumaan eteenpäin ja kaivamaan tukikerrosta melko nopeasti. Pölkkyjaosta on kuitenkin pidettävä huoli. Lisäksi betonisia ratapölkkyjä voi huolimaton kaivinkonekuski helposti rikkoa kaivinkoneen kauhalla.

Myös sepelöinti on hyvä tehdä kaivinkoneilla, koska sepelöinti on helppo suorittaa radan ollessa ilmassa. Tällöin rata jää lähemmäksi oikeaa alkuperäistä korkeuttaan ja tukemisen nostokerrat jäävät pienemmiksi, eikä sepeliä tarvitse turhaan murskata. Massanvaihdossa lähtee kaikki tukikerroksen sepeli pois, joten vaunuista sepelöinti on huono vaihtoehto. Rata on alusrakenteen päällä, eikä se välttämättä kestä sepelöityksen painoa. Lisäksi massanvaihdon aloitus- ja lopetuskohdissa voi kiskotkin vääntyä painon alla.

## 5.2 Pölkkyjen päistä tapahtuva seulominen

Tavanomainen tukikerroksen seulominen on kallista ja aikaa vievää toimintaa, jota varsinkin yksiraiteisilla radoilla rajoittaa junaliikenne, eikä lyhyisiin työrakoihin kannata edes mennä töitä tekemään. Vaihtoehtoisesti tukikerros voidaan vaihtaa tai seuloa pelkästään ratapölkkyjen päiden ulkopuolelta. Menetelmä tunnetaan nimellä ”shoulder ballast cleaning”. Kyseinen menetelmä on käytössä laajalti ulkomailla, varsinkin Pohjois-Amerikassa ja kasvattaa koko ajan suosiotaan tukikerroksen kunnossapitomenetelmänä. Menetelmässä jätetään pölkkyjen alla oleva tukikerros koskemattomaksi, joten se ei korvaa täysin koko tukikerroksen puhdistamista, vaan lähinnä pidentää uusimissykliä. Pölkkyjen päistä tapahtuva tukikerroksen sepelin puhdistamisen tulisivin olla enemmän radan jatkuvaa kunnossapitoa kuin koko sepelikerroksen puhdistus, joka on radan parantamista kertaluontoisesti.



Kuva 19 Pölkkyjen päistä seulova sepelinpuhdistuskone ([www.loram.com](http://www.loram.com))

Tukikerroksen ongelmat muodostuvat isolta osin hienorakeisen maa-aineksen aiheuttamasta routivuudesta ja vettä läpäisemättömistä taskuista. Menetelmässä puhdistetaan tai vaihdetaan tukikerros pölkkyjen päistä, näin rikkoen rakenteeseen hienoaineksista muodostuneet kerrokset, jotka estävät veden virtausta ja tekevät rakenteesta routivan. Kun nämä taskut rikotaan, pääsee vesi virtaamaan vapaasti ja radan routiminen vähenee. Reunojen puhdistaminen vapauttaa veden virtaamaan kerrosten läpi, jolloin myös radan keskellä olevat hienoainesrakeet pääsevät veden mukana siirtymään kohti tukikerroksen reunoja ja poistuvat näin rakenteesta. Tukikerroksen laatu paranee siis koko tukikerroksen alueella vaikka puhdistus tapahtuukin vain tukikerroksen reunoilla.



Kuva 20 Plasser & Theurer FRM 76 pölkkyjen päistä seulova sepelinpuhdistuskone (<http://www.plasserindia.com>)

Menetelmän toteuttamiseen on kehitetty erikseen laitteita joiden toimintaperiaate on samanlainen kuin Suomessa käytettävissä alta leikkaavissa sepelinpuhdistuskoneissa. Sepelinpuhdistuskone kaivaa sepelikerrosta pölkkyjen päistä joko ketjumaisella tai kuokkamaisella kaivuterällä ja kuljettaa maa-aineksen seulaan. Verrattuna alta leikkaavaan sepelinpuhdistuskoneeseen on työskentelyn nopeudessa kuitenkin huomattava ero. Pölkyn päistä sepeliä puhdistava kone pääsee jopa yli 3 km/h työskentelynopeuksiin, mikä puhuu vahvasti kyseisen menetelmän puolesta. Pystytään seuloimaan pitkiä matkoja tai käyttämään hyödyksi myös lyhyet työraot. Töiden aloittaminen ja lopettaminen ovat myös nopeita. Alta leikkaavassa seuloonnassa täytyy kaivinkoneella kaivaa aloitusmonttu puhdistuskonetta varten ja myös lopetukseen täytyy varata aikaa. Nämä työvaiheet jäävät pölkkyjen päistä seuloessa pois, joten koko työrajo voidaan käyttää tehokkaasti itse puhdistustyöhön.

Mikäli käytössä ei ole kyseiseen puhdistustyöhön käytettävää konetta, eikä siihen haluta investoida, voidaan tukikerros pölkkyjen päistä vaihtaa kokonaan. Tähän työhön kykenee kiskopyöräkaivinkone, joka onkin halpa vaihtoehto, mutta silloin täytyy sepeli vaihtaa kokonaan, jolloin uuden sepelin menekki on suurempi kuin seuloessa. Lisäksi on huomioitava, että tukikerrosta poistettaessa ei kaiveta ojaa, vaan kerros poistetaan yhtenäisesti viettäen ulospäin jotta kuivatus toimii, eikä rakenteeseen jää hienoainesseinämiä, eikä niitä pääse myöskään muodostumaan uudestaan.

Alta leikkaavassa seulonnessa seulottavaa matkaa saattaa rajoittaa raideliikenteen lisäksi käsiteltävät materiaalmäärät. Pitkiä matkoja seulottaessa saattaa sepelöintikalusto ylikuormittua, varsinkin jos tukikerros on pahasti kulunut ja suuri osa sepelistä ei läpäise laatuvaatimuksia. Tällöin sepeliä kuluu niin paljon, että sepelöintikalusto ei välttämättä kykene kuljettamaan tarpeeksi uutta sepeliä tilalle. Pölliin päistä seulottaessa käsiteltävät materiaalmäärät ovat huomattavasti pienemmät kuin koko tukikerrosta seulottaessa, mikä osaltaan mahdollistaa pitkienkin rataosuuksien puhdistamisen ilman sepelöintikaluston ylikuormittumista.

Kun radan tukikerrokseen kosketaan vain pölliin päistä, pysyy rata vaaka ja pystygeometrisesti samalla paikallaan. Rataa häiritään siis erittäin vähän ja tämä mahdollistaa välittömän liikenteelle luovuttamisen. Alta leikkaavassa sepelin puhdistuksessa aikaa menee sepelöintiin, sepelin muotoiluun, tukemiseen ja stabilointiin. Pölliin päistä puhdistettaessa nämä työvaiheet voidaan jättää osittain pois, jolloin työrako voidaan käyttää lähes kokonaan itse puhdistustyöhön.

Pölkkyjen päistä tapahtuvaa sepelin puhdistamista ei tule kuitenkaan tehdä yksittäisenä parannuskeinona, vaan se tulee toteuttaa sykleissä useita kertoja. Ensimmäisen työkerran jälkeen vedenläpäisevyys palautuu rakenteeseen, jolloin routivuus pienenee tai poistuu ja hienoainesrakeet alkavat vaeltamaan tukikerroksen keskeltä rakenteen reunoja päin. Puhdistus onkin syytä tehdä uudestaan, jotta koko rakenteen puhdistuminen voi jatkua, eikä uusia tukoksia pääse syntymään hienoaineksen vaeltaessa rakenteen sisällä.

Yhdysvalloissa tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että tukikerroksen reunojen puhdistaminen on noin 90 % halvempaa kilometriä kohden, kuin perinteinen alta leikkaava sepelinpuhdistus. Vaikka tukikerroksen puhdistus joudutaankin tekemään useampia kertoja, tulee se silti huomattavasti halvemmaksi.

(International Railway Journal, Elokuu 2008, Joe Ashley.)

## 6 UUSI KUNNOSSAPITOKÄYTÄNTÖ TUKIKERROKSEN KUNNOSSAPITOON

Opinnäytetyön tavoitteena oli keksiä nykyiseen käytäntöön parempia vaihtoehtoja. Seuraavana selostetaan täydellisesti uudenlainen kunnossapitokäytäntö Suomen rautateille.

Suurin ongelma Suomen rautateillä on tukikerroksen jatkuvan kunnossapidon puuttuminen. Tukikerros rakennetaan ja sen jälkeen sen kunnossapito rajoittuu sille tehtävään puhdistamiseen kun tukikerroksen sepeli on kulunut tarpeeksi huonoksi. Yleensä niin huonoksi, että se aiheuttaa jo ongelmia raideliikenteelle. Keväisin ja syksyisin tämä on nähtävissä rataverkolla roudan aiheuttamina nopeusrajoituksina. Ennen sepelin puhdistamista joudutaan raidetta vielä tukemaan ja kiilaamaan raiteen liikennöintikyvyn ylläpitämiseksi, jolloin syntyy ylimääräisiä kuluja radanpitäjälle. Tukeminen itsessään edistää vielä sepelin murskautumista. Tämä käytäntö ei ole tukikerroksen käyttöiän kannalta optimaalinen. Mikäli tukikerrosta huollettaisiin jatkuvasti, voitaisiin sen käyttöikä nostaa ja näin ollen täydellisen sepelinpuhdistuksen uusi-  
missykliä pidentää.

Kun yhdistää aikaisemmin mainitun tukikerroksen jatkuvan ja tarkan tutkimisen, joko maatutkien tai tiheän näytteenoton avulla ja nopeasti tehtävän pöllien päistä tapahtuvan sepelikerroksen huoltopuhdistuksen, voidaan luoda uudenlainen kunnossapitokäytäntö, missä sepelikerroksen täydellisen uusimisen sykliä pyritään venyttämään. Tämän voisi tehdä turvallisesti ja tehokkaasti huonontamatta radan liikennöitävyyttä.

Jatkuva tukikerroksen tarkkailu tuo tarkan kuvan radan kunnosta, jolloin radikaalit korjaustoimenpiteet (koko tukikerroksen puhdistaminen) voidaan kohdentaa pahiten kuluneille alueille, näin mahdollistaen pienemmillä rahavaroilla tehtävät perusparannukset. Pöllien päistä seulova kone puolestaan kykenee nopeaan työskentelyyn ja pystyy käyttämään lyhyetkin työraot hyväkseen. Näin vähän kulunutta rataosuutta voidaan korjata jatkuvasti ja tehokkaasti, estäen tukikerroksen nopea huononeminen. Koko tukikerroksen uusiminen on tiedossa kaikille alueille, mutta tämän tarvetta voidaan kunnollisella huoltamisella pitkittää.

Kun radan tukikerrosta huolletaan jatkuvasti, pysyy se hyvässä kunnossa ja kunnossapidon kustannuksetkin jakautuvat tasaisemmin, kun yksittäisiä suuria urakoita tulee vähemmän ja ne korvautuvat jatkuvalla huoltamisella, mikä saattaisi helpottaa myös viranomaisten varainkäyttöä, koska suuriin yksittäisiin hankkeisiin, kuten tukikerrok-

sen puhdistamiseen, täytyy varat anoa erikseen. Tukikerroksen huolto voitaisiin toteuttaa vuosibudjetin muodossa.

## LÄHTEET

Giving dirty ballast the cold shoulder, International Railway Journal, Elokuu 2008, Joe Ashley [viitattu 24.3.2011]. Saatavissa:

[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0BQQ/is\\_8\\_48/ai\\_n28011261/](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0BQQ/is_8_48/ai_n28011261/)

Groundprobe rail asset management [viitattu 24.3.2011]. Saatavissa:

[www.Groundprobe.com](http://www.Groundprobe.com)

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 10.6.1994/468. Finlex [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940468>

Loram shoulder ballast cleaning [viitattu 20.3.2011]. Saatavissa: [www.loram.com](http://www.loram.com)

Maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeet, 2001. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

Nopeusmuutosten menettelyohje, 2007. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

Plasser & Theurer www-sivut [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.plassertheurer.com/>

Päälysrakennetöiden yleinen työselitys, 2004. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

Päälysrakennetöiden yleiset laatuvaatimukset, 2000. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

Radanpidon turvallisuusohjeet, 2009. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

RAMO 11 Radan päälysrakenne, 2002. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

RAMO 15 Radan kunnossapito, 2002. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

RATO 3 Radan rakenne, 2008. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

RATO 10 Junien kulunvalvonta. 2009. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

SFS-EN 13450 Raideseplikiviainekset. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 12.4.2011] saatavissa:

<http://www.rhk.fi/@Bin/33742/CEmerkint%C3%A4vaatimus.pdf>

Tukikerroksen puhdistustyön yleiset laatuvaatimukset, 1998. [verkkajulkaisu]. Liikennevirasto [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.rhk.fi/tietopalvelu/julkaisut/>

Tuomo Tukiainen. Työsuunnitelma ratatyömaalle [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa:

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13821/Tuomo%20Tukiainen.pdf?sequence=1>

VR Track Oy:n www-sivut [viitattu 28.3.2011]. Saatavissa: [www.vrtrack.fi](http://www.vrtrack.fi)

Zetica Rail www-sivut [viitattu 24.3.2011]. Saatavissa: [www.zetica.com](http://www.zetica.com)

## Liite 1

## RATAAN PALAUTUVAN SEPELIN KIVIAINESTUTKIMUS

**Savonia-amm**

Tekniikka Yhteiskuntateknikan laboratorio  
 PL 88 (Ojastele 2)  
 70101 KLOPIO  
 puh. 044 765 6255

**KIVIAINESTUTKIMUS**

SFS-EN 933-1  
 pesuseulonta

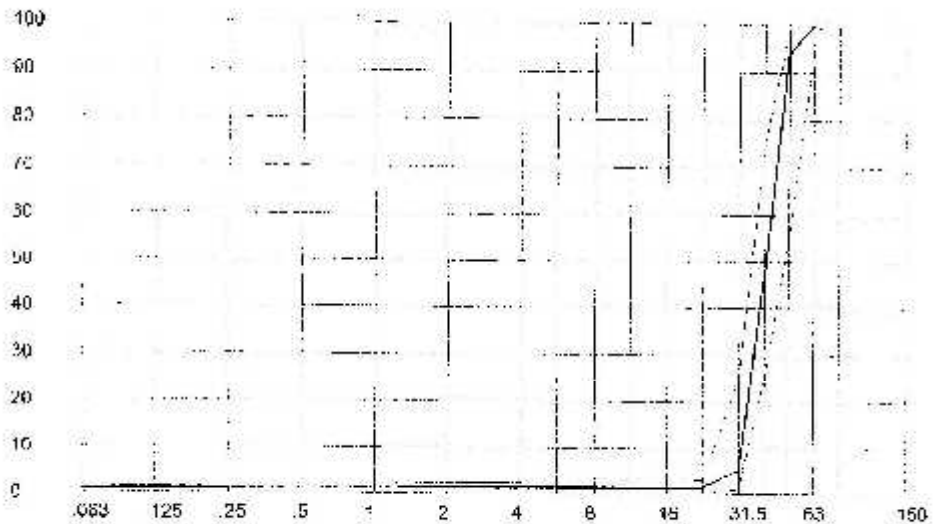
Työnmaa KM491-350 Toivala-Sillan,ärv  
 Lajite Raidesepeli 31.5...63

Näyte no Y10038  
 Päiväys 16.6.2010

Ohjealuu: SFS-EN 13450 rak. luokka E

Näytteen ostaja Tiliteija

# mm	seulalle jää g	seulalle jää %	siipäisy %
150			100
80			100
63			100
50	1126	6.1	94
40	6526	46.4	48
31.5	7782	42.5	5
22.4	686	3.7	1
16	24	0.1	1
11.2			1
8			1
5.6			1
4			1
2	3	0.0	1
1	3	0.0	1
0.5	16	0.1	1
0.25	33	0.2	1
0.125	44	0.2	0.7
0.063	34	0.2	0.5
Pohja	101	0.6	



Pvm 16.6.2010

Tutki Jukka Tiitonen

Savonia-amm mattikorkeakoulun yhteiskuntateknikan laboratorio on PANK-hyväksytty laboratorio  
 Savonia-amm - Tekniikka- ja ympäristöala - Yhteiskuntateknikan laboratorio  
 PL 88 (Ojastele 2) 70101 KLOPIO - Puh. 044 765 6256 / 044 765 6272 - Faksi (017) 230 6337



**Savonia-amm**  
Tekniikka Yhdyskuntatekniikan laboratorio  
PL 88 (Opistatie 2)  
70101 KUOPIO  
puh. 044 785 6296

### KIVIAINESTUTKIMUS

SFS-EN 933-1  
peruseulonta

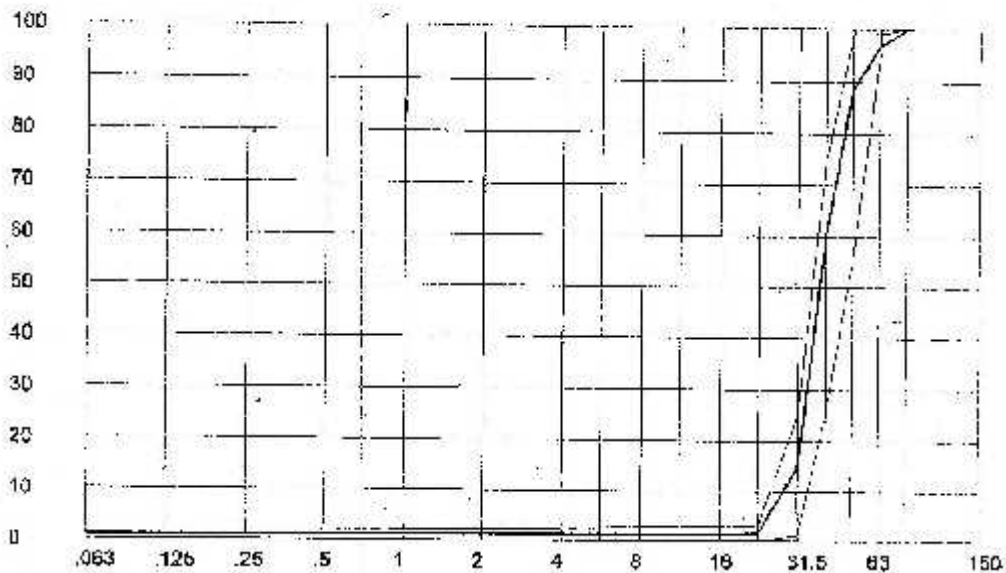
Työmaa KM 478-180 Toivala-Siinijärvi  
Lajite Raidesepeä 31.5...63

Näyte no Y10034B  
Päiväys 10.6.2010

Ohjealue: SFS-EN 13460 rak.luokka E

Näytteen ottaja Tilaaja

# mm	seulalle jäi g	seulalle jää %	läpäisy %
150			100
80			100
63	434	9.3	87
50	1067	8.1	89
40	3706	28.1	61
31.5	6027	45.8	15
22.4	1767	13.4	1
18	35	0.3	1
11.2			
8			
5.6			
4	1	0.0	1
2	1	0.0	1
1	1	0.0	1
.5	11	0.1	0.9
.25	21	0.2	0.8
.125	25	0.2	0.6
.063	18	0.1	0.4
Pohja	58	0.4	



Pvm 11. 6. 2010

Tuuri Jukka Tiitonen