

Sami Katajamäki

Sillan liikuntasaumalaitteen muuttaminen mas- sasaumaksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

23.4.2018

Tekijä Otsikko	Sami Katajamäki Sillan liikuntasaumalaitteen muuttaminen massasaumaksi
Sivumäärä Aika	43 sivua 23.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Lehtori Mika Räsänen Työmaapäällikkö Otto Suominen
<p>Tässä insinööriyössä tutkittiin sillan liikuntasaumalaitteen muuttamista massaliikuntasaumaksi. Tavoitteena oli selvittää, millaisiin siltoihin massaliikuntasauha sopii ja mitkä asiat ovat sen toiminnan kannalta tärkeitä. Lisäksi selvitettiin, kuinka massaliikuntasauha täyttää liikuntasauhoille asetetut laatuvaatimukset.</p> <p>Massaliikuntasauhan merkittävin käyttöä rajoittava tekijä on liikemäärä. Thorma-joint-saamalla suurin liikemäärä on 35 millimetriä ja Silent-jointin suurin liikemäärä vaihtelee saumaleveydestä riippuen 50 millimetristä 100 millimetriin. Toiminnan kannalta on tärkeää sauman pohjien tasaisuus ja vaaditun saumapaksuuden täytyminen.</p> <p>Liikuntasaumalaitteen korvaamista massaliikuntasaumalla puoltavat sen asennuksen nopeus, helppo korjattavuus ja huoltovapaus. Näiden ominaisuuksien ansiosta asennus- ja korjaustyöt aiheuttavat suhteellisen lyhyitä liikennehaittoja. Toinen tienkäyttäjien näkökulmasta hyvä ominaisuus on massaliikuntasauhan hiljaisuus yliajassa.</p>	
Avainsanat	Siltarakentaminen, liikuntasauha, massaliikuntasauha

Author Title	Sami Katajamäki Replacing Traditional Expansion Joint with Plug Joint
Number of Pages Date	43 pages 23 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Infrastructural Engineering
Instructors	Mika Räsänen, Senior Lecturer Otto Suominen, Project Manager
<p>This thesis studies replacing a traditional expansion joint with a plug joint. The aim was to study what kind of an expansion joint can be replaced with a plug joint and what are the main factors to be considered. In addition, the thesis studies how well plug joints meet the general requirements of expansion joints.</p> <p>The main factor which limits the use of plug joints is its overall dilatation. Thorma-joint is a joint system for a gap width up to 35 millimeters and Silent-joint has an overall dilatation from 50 millimeters to 100 millimeters. A plug joint requires a straight base and ensuring the minimum thickness to work properly.</p> <p>A plug joint is quite easy and quick to build and repair. Thanks to these qualities building and repairing plug joints causes only small impacts on transport. Another good quality feature for motorist is the silence of a plug joint.</p>	
Keywords	bridge building, expansion joint, plug joint

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Sillankorjaus Suomessa	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus	2
1.3	Työn rajaus	2
1.4	Tutkimusmenetelmät	2
1.5	Työn tilaaja	2
2	Sillan liikuntasauma	4
2.1	Lämpölaajeneminen	4
2.2	Elastisuus ja kimmokerroin	4
2.3	Viruma	4
2.4	Betonin kuivumiskutistuminen	5
2.5	Liikuntasauma	5
2.6	Kutistumissauma	5
2.7	Siltojen liikuntasaumat	6
2.7.1	Liikuntasaumalaite	6
2.7.2	Tukikaista	7
2.7.3	Massaliikuntasauma	8
2.7.4	Liikuntasaumanauha	8
2.8	Liikuntasauman laatuvaatimukset	9
2.8.1	Kuormat ja Liikkeet	9
2.8.2	Vesitiiviys ja pintavesien johtaminen	11
2.8.3	Pitkäaikaiskestävyys	12
2.8.4	Asentaminen	13
2.8.5	Sovitus päällysteeseen	13
2.8.6	Korjaaminen ja tarkistaminen	13
3	Siltojen hoito ja ylläpito	15
3.1	Siltojen hoito	15
3.1.1	Kevätpuhdistus	15
3.1.2	Liikuntasaumalaitteen puhdistaminen kevätpuhdistuksessa	15
3.1.3	Vuositarkastus	17

3.2	Ylläpito ja vauriokorjaus	17
3.2.1	Peruskorjaus	18
3.3	Liikuntasaumalaitteiden vaurioita	18
3.3.1	Liikuntasaumalaitteiden tyypillisiä vaurioita	19
3.3.2	Korroosio	19
3.3.3	Tukikaistojen vaurioita	20
3.4	Liikuntasaumalaitteiden korjaaminen ja vaihtaminen	21
4	Massaliikuntasauma	23
4.1	Käytössä olevat massaliikuntasaumatyypit	23
4.2	Millaisiin siltoihin sopii?	24
4.3	Toiminnan edellytykset	25
5	Muutostyö ja korjaaminen	26
5.1	Liikuntasaumalaitteen korvaaminen	26
5.1.1	Liikennejärjestelyt	26
5.1.2	Vanhan liikuntasaumalaitteen purkaminen	26
5.1.3	Massaliikuntasauman pohjien tekeminen	27
5.1.4	Jyrsintä ja päällystys	28
5.1.5	Massaliikuntasauman rakentaminen	29
5.2	Massaliikuntasaumojen vaurioita	31
5.2.1	Massaliikuntasauman korjaaminen päällystyksen yhteydessä	32
6	Tulokset	33
7	Yhteenveto	35
7.1	Jatkotutkimukset	35
	Lähteet	36

Lyhenteet

kN Kilonewton

1 Johdanto

1.1 Sillankorjaus Suomessa

Suomessa on Liikenneviraston hallinnassa noin 15200 tiesiltaa ja 2400 rautatiesiltaa. Siltojen rakentaminen kiihtyi 1960-luvulla, jolloin rakennettiin pinta-alan perusteella kolme kertaa enemmän siltoja kuin edellisellä vuosikymmenellä ja tahti jatkui vilkkaana aina 1990-luvun loppuun asti. Kokemusten perusteella voidaan todeta, että silta on peruskorjauksen tarpeessa 30-40 vuotta rakentamisen jälkeen.

Siltojen kuntoa ja kantavuutta tarkkaillaan säännöllisesti ja huonokuntoisimmat sillat korjataan vuosittain laadittavan kunnostusohjelman mukaisesti. Siltojen hoidon tavoitteena on varmistaa siltojen liikennöitävyys, pitää silta toimintakunnossa ja siltapaikka siistinä. Hoidolla pyritään myös ennaltaehkäisemään ylläpitokorjauksia vaativien vaurioiden syntymistä. Oikein kohdennetuilla ja ajoitetuilla ylläpitokorjauksilla voidaan pidentää siltojen käyttöikää, varmistaa liikenneturvallisuus ja kantavuus.

Sillat voidaan jakaa niiden kunnan perusteella neljään luokkaan. Hyväkuntoinen silta on uudenveroinen tai normaalisti vanhentunut. Tyydyttävällä sillalla on havaittavissa puutteita ja vaurioita, mutta peruskorjaukselle ei ole tarvetta. Huonokuntoinen silta on peruskorjauksen tarpeessa ja erittäin huonolla sillalla puutteet ja vauriot aiheuttavat jo liikenneturvallisuusriskin ja ne tulisi peruskorjata välittömästi.

Peruskorjauksessa silta korjataan siten, että sen rakenteellinen ja toiminnallinen kunto palautetaan alkuperäiselle tasolle. Peruskorjauksen tekeminen vaatii kiinteitä liikennejärjestelyjä ja siitä aiheutuvaa liikennetilän rajoittamista. Korjaustyöt eivät kuitenkaan saa aiheuttaa tienkäyttäjälle kohtuutonta ja tarpeettoman pitkäaikaista liikennehaittaa. Korjausprosessin tehostamisella esimerkiksi uusia työmenetelmiä käyttämällä pyritään nopeuttamaan sen läpivientiä ja vähentämään liikennehaittoja.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän insinööriyön aiheena on liikuntasaumalaitteen muuttaminen massaliikuntasaumaksi. Tavoitteena on tutkia massaliikuntasauaman sopivuutta käytettäväksi liikuntasaumatyypiksi liikuntasaumalaitteen tilalle. Lisäksi tutkitaan muutosprosessin kulkua ja massaliikuntasauaman laatuvaatimuksien täyttymisen edellyttäviä toimia ja asioita. Tässä insinööriyössä haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Millaisiin siltoihin massaliikuntasauama sopii?
- Mitkä ovat massaliikuntasauaman toiminnan edellytykset?
- Miten muutostyö etenee?

1.3 Työn rajaus

Tässä insinööriyössä keskitytään liikuntasaumalaitteen muuttamiseen massaliikuntasaumaksi ylläpitokorjauksena, jossa työt kohdistuvat vain liikuntasaumaan ja massaliikuntasauaman vaatimiin muutostöihin. Liikuntasaumalaitte voidaan korvata massaliikuntasaumalla myös peruskorjauksen yhteydessä, jolloin pintarakenteet puretaan kokonaan. Tämä insinööriyö ei käsittele liikuntasauaman suunnittelua tai varsinaisen massaliikuntasauaman rakentamiseen liittyviä tuotantoteknisiä asioita.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Insinööriyötä varten kerätään tietoa eri kirjallisuuslähteistä ja haastatteluista. Haastattelulla pyritään keräämään tietoa eri osapuolilta, jotka ovat mukana prosessissa liikuntasaumalaitteen muuttamiseksi massaliikuntasaumaksi, tilaajasta sauman tekevään urakoitsijaan.

1.5 Työn tilaaja

Tämä insinööriyö tehdään Destia Oy:n sillankorjausyksikölle. Destia Oy on Suomen suurimpia infra-alan toimijoita. Destia suunnittelee, rakentaa ja ylläpitää liikenneväyliä ja ratoja sekä teollisuus- ja elinympäristöjä. Palvelut ulottuvat maanalaisesta rakentami-

sesta maanpäälliseen toimintaan ja vaativasta pohjarakentamisesta energia- ja insinöörirakentamiseen. Destian ydinliiketoimintaa ovat suuret väyläprojektit ja infrastruktuurin kunnossapito.

2 Sillan liikuntasauama

Tässä luvussa käsitellään siltaan kohdistuvia fysikaalisia ilmiöitä ja niiden hallitsemista siltarakenteissa. Tämän lisäksi esitellään käytössä olevat liikuntasauamatyypit ja liikuntasauamalaitteiden yleisiä ja toiminnallisia laatuvaatimuksia.

2.1 Lämpölaajeneminen

Lämpölaajenemisella tarkoitetaan ilmiötä, jossa aineen tilavuus kasvaa sen lämmitessä. Laajeneminen johtuu sen rakenneosien lämpöliikkeen kasvusta. Kun lämpötila nousee, aineen atomien etäisyys muista atomeista kasvaa. Lämpötilan laskiessa atomien välinen etäisyys pienenee, joka aiheuttaa kappaleen tilavuuden pienenemisen. Lämmön aiheuttamaan pituuden muutokseen vaikuttavat kappaleen materiaali, pituus ja lämpötilamuutos. [10.]

2.2 Elastisuus ja kimmokerroin

Kimmo kertomella tarkoitetaan kuormituksessa olevan kappaleen suhteellisen muodonmuutoksen ja kuormituksesta aiheutuvan jännityksen suhdetta. Se kertoo, kuinka voimakkaasti aine pyrkii vastustamaan muodonmuutosta. Kimmoisessa muodonmuutoksessa kappale palaa ennalleen kuormituksen poistuessa, tällöin kyseisen kappaleen materiaali on elastinen. Plastisessa muodonmuutoksessa kappale ei palaa alkuperäiseen muotoonsa. [9 s.87.]

2.3 Viruma

Betonirakenteiden ajasta riippuvaa muodonmuutosta kutsutaan virumaksi. Viruminen johtuu betoniin kohdistuvan kuorman tuottamasta paineesta, joka aiheuttaa veden virtaamista pois geelihuokosista ja sementtigeelin tiivistymisen. Tiivistyneen sementtigeelin takia tapahtunut muodonmuutos ei koskaan palaudu, vaikka vesi imeytyy takaisin geelihuokosiin. Viruman vaikutus betonirakenteiden muodonmuutokseen on huomattava ja sitä esiintyy kaikissa jännitystapauksissa. [9 s.88.]

2.4 Betonin kuivumiskutistuminen

Kuivumiskutistumisella tarkoitetaan kovettuneen betonin kutistumista sen kuivuessa. Toisaalta betoni laajenee kostuessaan. Ilmiö johtuu kuivumisen aiheuttamasta jännityksestä betonissa olevaan veteen. Jännitys imee vettä pois geelihuokosista, jolloin niiden välit pienenevät ja geeli kutistuu. Tämän seurauksena betoni kutistuu. Kutistumiseen vaikuttavat betonin koostumus ja ympäristön kuivuus. Mitä enemmän betonimassassa on vettä ja sementtiliimaa, sitä suurempi on myös kutistuma. Kuivissa sisätiloissa oleva 10 metrin betonilaatta kutistuu noin 4-6 millimetriä ja sateelle altis ulkotiloissa oleva laatta noin 50% vähemmän. [9.]

2.5 Liikuntasäura

Liikuntasäuran tehtävänä on mahdollistaa rakenteessa lämpötilamuutosten, rakenteiden muutosten, kuten viruman ja materiaalin elastisuuden aiheuttamat liikkeet. Jos nämä liikkeet eivät pääse tapahtumaan vapaasti, syntyy rakenteita hajottavia pakkovoimia. Liikuntasäuralla tarkoitetaan siis säuraa, joka sallii kahden eri materiaalin tai rakennesosan liikkeet. [1 s.4.]

2.6 Kutistumissauma

Kutistumissauman tarkoitus on estää ja hallita betonin kuivumisesta johtuvan kutistumisen aiheuttamia vaurioita, kuten betonin halkeilua laattamaisissa rakenteissa. Kutistumissauman ansiosta betoni pääsee kutistumaan vapaasti ja rakenteissa oleva säura heikentää paikallisesti laatan vetojännitystä, jonka vuoksi kutistumishalkeilu kohdistuu näihin kohtiin. [1 s.4.]

2.7 Siltojen liikuntasaumat

Silloilla liikuntasauma tehdään päällys- ja alusrakenteen rajakohtaan tai päällysrakenteen rajakohtien väliin liikuntasaumalaitteella, massaliikuntasaumalla tai liikuntasaumanauhalla. Siltojen liikuntasaumot erotellaan niiden mahdollistavan kokonaisliikemäärän mukaan pieniin-, keskisuuriin- ja suuriin liikuntasaumatyyppeihin. Kokonaisliikemäärä saa olla moottori- ja moottoriliikennetien silloilla enintään 60 millimetriä yhtä kumielementtiä kohti. Vilkasliikenteisten teiden silloilla, joissa keskimääräinen vuorokausiliikenne on yli 3000 ajoneuvoa, suurin sallittu liikemäärä yhtä kumielementtiä kohti on 80 millimetriä ja muilla teillä sekä kevyen liikenteen silloilla 100 millimetriä. Rakenteiden liikuminen otetaan huomioon myös muissa sillan osissa, kuten reunapalkissa ja kaiteissa. [3 s.9.]

Silloissa teoreettinen ja todellinen kokonaisliikemäärä eroaa toisistaan siltatyypeittäin ja korjauskohteissa se voidaan selvittää seuraamalla sauman liikkeitä ja lämpötiloja talven yli. Kokonaisliikemäärä voidaan laskea kaavalla:

$$TxLx0,000012 \quad (1)$$

T=Lämpötilaero, 70°C

L=Liikuntapituus millimetreissä

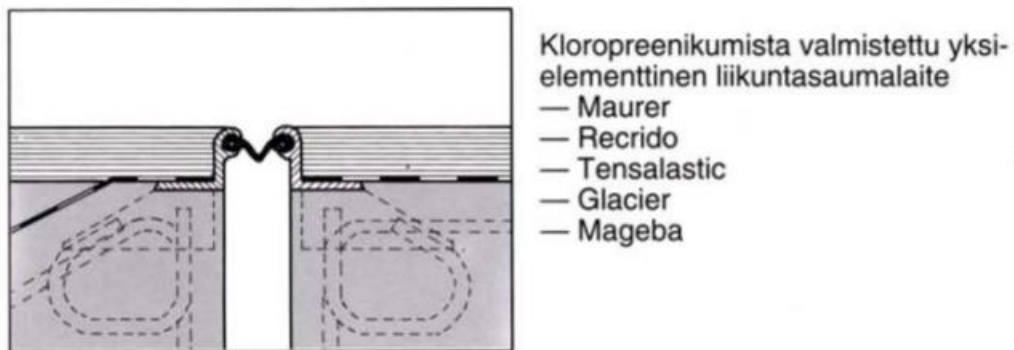
0,000012= Lämpölaajenemiskerroin betonille ja teräkselle

Lämpötilamuutoksista johtuvat liikemäärät riippuvat lämpötilaeron suuruudesta, sillan pituudesta ja materiaalista. Kylmällä ilmalla silta on lyhyimmillään ja lämpötilan noustessa se kasvaa käytetyn materiaalin lämpölaajenemiskertoimen mukaisesti. Pitkä silta kasvaa lyhyttä siltaa enemmän ja tämän vuoksi kaikki sillat eivät vaadi välttämättä liikuntasaumalaitetta, vaan ne voidaan tehdä päällysteeseen tehtävällä päätysaumalla. [1 s.10.]

2.7.1 Liikuntasaumalaitte

Liikuntasaumalaitteella tarkoitetaan sillan rakenneosaa, joka mahdollistaa rakenteiden liikkeitä ja estää voimien siirtymisen rakenneosasta toiseen. Liikuntasaumalaitteet voidaan jakaa käytetyn rakenteen mukaan yksi- tai monikumisiin laitteisiin, sormiliikuntasaumoihin, mattoliikuntasaumoihin ja peitelevyysaumoihin. Niiden peruseräperiaatteena on maatukeen ja sillankanteen valamalla tai ruuvi kiinnityksellä kiinnitetyt teräsprofiilit, joiden

välissä oleva kumi tai muu materiaali sulkee liikuntasaumaraon tehden siitä vesitiiviin, mahdollistaen kuitenkin liikkeen tapahtumisen. [1 s.4, 4 s.14.]



Kuva 1. Yksielementtisen liikuntasaumalaitteen periaatepiirros. (1.)

2.7.2 Tukikaista

Tukikaista on liikuntasaumalaitteen molemmilla puolella oleva, joko valu- tai kumibitumiasfaltista, betonimuovista, juotosbetonista tai massaliikuntasaumamassasta tehty rakenne, jonka tehtävänä on suojata liikuntasaumalaitetta teiden kunnossapitotoimenpiteiden ja päällysteen kulumisen aiheuttavilta vaurioilta. Bitumipohjaisen tukikaistan vähimmäisleveys on 500 millimetriä ja betonimuovisen vähintään 200 millimetriä. Kevyenliikenteenväylällä päällysteen ja liikuntasaumalaitteen liitos voidaan tehdä ilman tukikais-toja. [6 s.2, 3 s.8.]



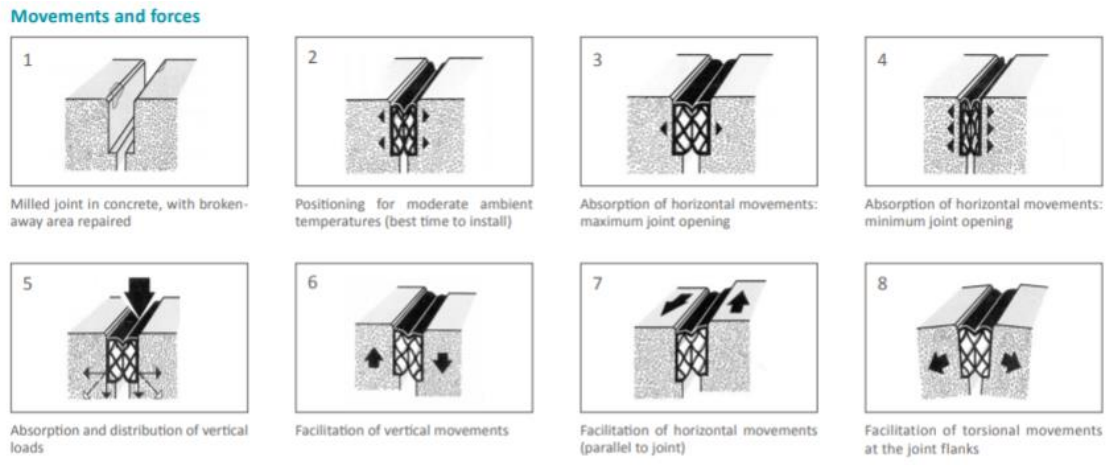
Kuva 2. Liikuntasaumalaite tukikaistoineen ja valuasfalttipaikkauksineen. (Sami Katajamäki)

2.7.3 Massaliikuntasauama

Massaliikuntasaumalla tarkoitetaan erikoismassoista ja muista tuotekohtaisista materiaaleista tehtyä liikuntasaumaa, jossa elastinen sideaine sekoitetaan kiviainekseen. Massaliikuntasauaman liikemäärää voidaan kasvattaa jousijärjestelmällä, joka toimii massan seassa. [1 s.4, 3 s.8.]

2.7.4 Liikuntasaumanauha

Saumanauhalla tarkoitetaan solukumi- tai PVC-pohjaista liikuntasaumaa, jota voidaan käyttää liikemäärältään pieniin, kokonaisliikemäärältään alle 30 millimetrin saumoihin. [3 s.8, 1 s.2.]



Kuva 3. Liikuntasaumanauhan toimintaperiaate. (Mageba)

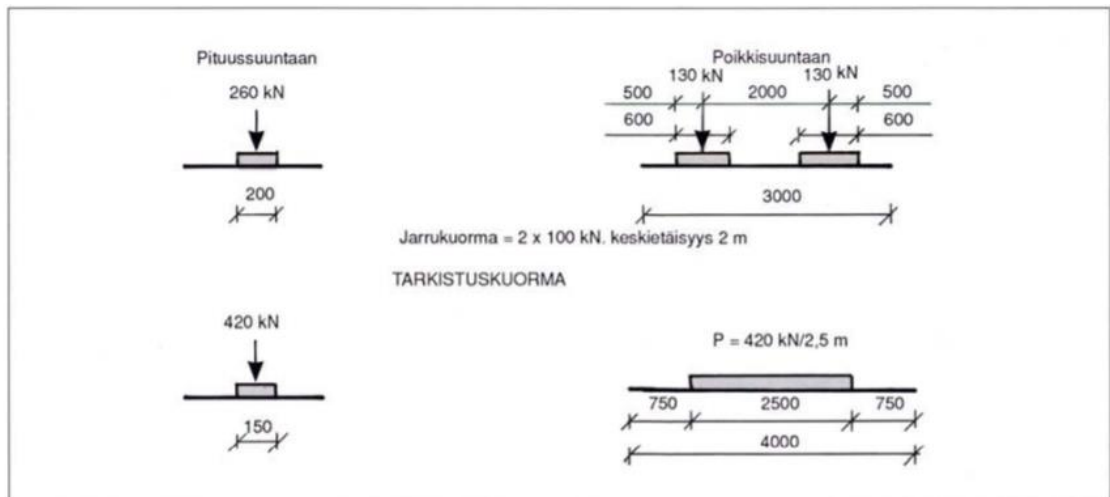
2.8 Liikuntasauman laatuvaatimukset

Sillan liikuntasauma tehdään käyttämällä liikuntasaumanauhaa, massaliikuntasaumaa, liikuntasaumalaitetta tai puu- ja rautatiesilloille tarkoitettua suunnitelmakohtaista saumaa. Liikuntasaumatyypin on oltava Liikenneviraston hyväksymä ja lisäksi sen valmistajalla on oltava EN ISO 9001 mukainen laadunhallintajärjestelmä. Tämän lisäksi liikuntasaumoilla on muita edellä esiteltyjä toiminnallisia ja rakenteellisia laatuvaatimuksia. [3 s.9.]

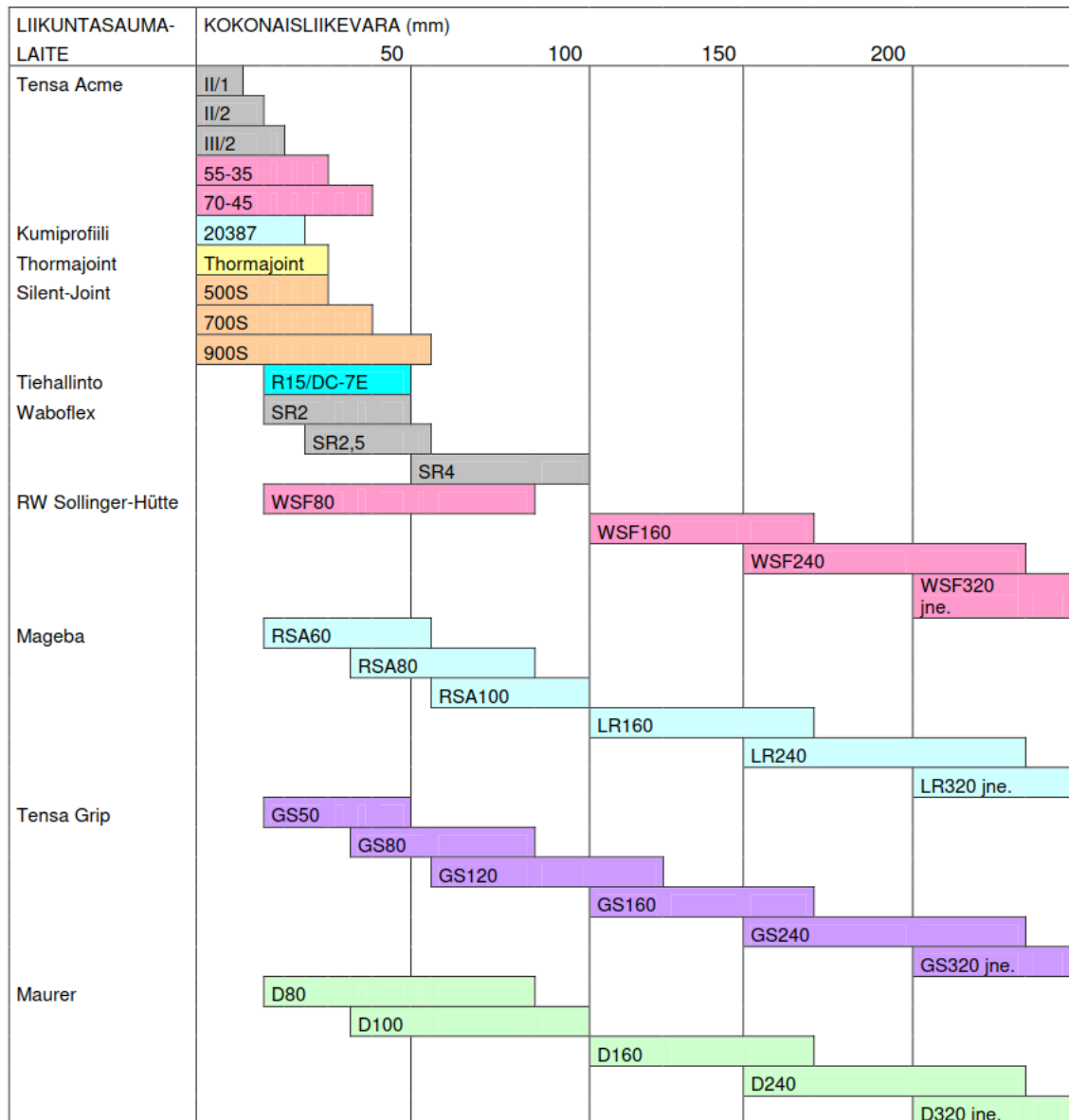
2.8.1 Kuormat ja Liikkeet

Liikuntasaumarakenteen ja siihen kuuluvien osien ja kiinnitysten on kestävä sillalle mitoitetut kuormat ja lämpötilaeroista aiheutuvat lisäkuormat. Liikuntasaumaan kohdistuvat voimat ovat ajoneuvojen akselikuormia sekä jarru- ja keskipakoisvoimia. [3 s.9.]

Liikuntasaumarakenteen tulee kestää varmuusmarginaalin mukaiset sillassa tapahtuvat liikkeet sauman kohdalla. Silloilla liikkeet voivat olla pituussuuntaisia, poikkisuuntaisia tai kiertymisen aiheuttamia kulmanmuutoksia. [3 s.9.]



Kuva 4. Liikuntasamaan kohdistuvia kuormia. (1.)



Kuva 5. Liikuntasaumalaitteiden käyttöaluekaavio. (1.)

2.8.2 Vesitiiviyys ja pintavesien johtaminen

Liikuntasaumarakenteen on oltava täysin vesitiivis ja sen tulee suojata alapuolisia rakenteita vedeltä. Vesitiivis sauma kestää vuotamatta sään ja vuodenaikojen vaihteluiden, vedenpaineen ja liikenteen aiheuttamat rasitukset lämpötila-alueella $-40\dots+60^{\circ}\text{C}$. Tämän lisäksi vesi ei saa jäädä seisomaan siltakannelle sauman kohdalle. Sillan pituuskaltevuuden ollessa yli 2%, pintavedet voidaan johtaa pituussuunnassa sauman yli. Muussa tapauksessa pintavedet ohjataan sillan ulkopuolelle reunapalkin läpi. Teräsrunkoisissa

liikuntasaumalaitteessa teräsprofiilinen uuma ulotetaan 100 millimetriä reunapalkin ulkopuolelle ja kumiprofiili siitä vielä 50 millimetriä pidemmälle. Teräsprofiilien alalaipat päätetään aina reunapalkin valun sisäpuolelle. Massaliikuntasaumana toteutetussa saumassa reunapalkkiin asennetaan haponkestävä päätylevy, joka kiinnitetään kiinteästi maatukeen ja päällysrakenteen puolelle liikkeen sallivasti.

Korotetun jalkakäytävän kohdalla liikuntasauma pyritään ensisijaisesti nostamaan jalkakäytävän tasolle. Vaihtoehtoisesti saumaa jatketaan ajoradan tasossa, jolloin se on varustettava sillan suunnitelmien hyväksyjän kanssa sovitulla peitelevyllä, joka ei aiheuta liukastumisriskiä sillalla. Jos vesien johtaminen reunapalkin ulkopuolelle on rakenteellisesta syystä tai alapuolelle aiheutuvien ongelmien vuoksi mahdotonta, taitetaan sauma reunapalkin kohdalla ylöspäin, jotta voidaan estää veden valuminen sitä pitkin. Mikäli vesien johtaminen reunapalkin ulkopuolelle voi aiheuttaa siltarakenteissa ongelmia, kuten eroosiovaurioita, niin liikuntasauman päähän asennetaan syöksytorvi, jonka avulla vedet ohjataan hallitusti haluttuun paikkaan. [3 s.10, 4 s.16.]

2.8.3 Pitkäaikaiskestävyys

Liikuntasaumarakenteen tulee säilyttää ominaisuutensa koko saumalle suunnitellun käyttöiän ajan. Suunnittelukäyttöikä on liikuntasaumalaitteen teräsosille 50 vuotta ja sen muiden osien osilta 25 vuotta. Massaliikuntasaumojen suunnittelukäyttöikä on puolestaan lyhyempi, 15 vuotta. Liikuntasaumalaitteen betonista tehtyjen tukikaistojen suunnittelukäyttöikä on 25 vuotta, muista materiaaleista valmistetuille tukikaistoille suunniteltu käyttöikä määräytyy vastaamaan käytetyn päällysteen käyttöikä. [4 s.14.]

Liikuntasaumarakenteelta vaaditaan kestävyyttä mekaanista kulutusta ja väsymismurtumia vastaan. Lisäksi sen tulee kestää erilaisten kemikaalien, happojen, emästen, otsoinin, UV-säteilyn ja liukkauden torjunnassa käytettävän suolan aiheuttamia rasituksia. Käytössä olevien materiaalien tulee olla siltojen yleisten laatuvaatimusten standardien mukaisia, saumalaitteen teräsprofiilit ja tartunnat on oltava hitsattavaa materiaalia ja käytettyjen luonnonkumin ja kloropreenikumin on täytettävä niille asetetut laatuvaatimukset. Jos käytettävä liikuntasaumatyyppi kuuluu tarkastetun valmistuksen piiriin, materiaalien vaatimustenmukaisuuden todistamiseksi ei tarvita erillisiä ainetodistuksia. Saumalaitteelle on myönnettävä viiden vuoden takuu. [3 s.10.]

2.8.4 Asentaminen

Asennustyö on tehtävä laitekohtaisia ohjeita noudattaen ja siihen on suositeltavaa käyttää urakoitsijaa, joka on laitteen valmistajan tai maahantuojan hyväksymä. Asennustyötä tehdessä asennusennakon on oltava päällysrakenteen lämpötilan mukainen. Jos liikuntasaumalaite asennetaan kokonaisena paikalleen, tulee sen kumiprofiilin olla paikallaan ennen laitteen asennusta. Liikuntasaumalaitteen tartuntojen on ulotuttava ajoradan kohdalla 200 millimetrin syvyyteen betonirakenteen yläpinnasta mitattuna ja jalkakäytävällä vähintään 120 millimetrin syvyyteen. [1 s.1, 3 s.11.]

2.8.5 Sovitus päällysteeseen

Liikuntasaumalaite asennetaan siten, että sen yläpinnan taso on 5-10 millimetriä ajoradan pintaa alempana. Kevyenliikenteenväylällä yläpinnan pitää olla noin 5 millimetriä ajoradan pinnan alapuolella. Korotetun jalkakäytävän tai muun reunuksen yhteydessä, liikuntasaumalaitteen pystypinnan on oltava vähintään 20 millimetriä reunan pintaa syvemmällä. Päällyste uusitaan siten, että sauman korkeusasemaan ei tarvitse muuttaa. Saumarakenteen pitää olla ajoneuvon ylittäessä sen mahdollisimman hiljainen. [6 s.2.]

2.8.6 Korjaaminen ja tarkistaminen

Liikuntasaumalaitteen kuluvien osien on oltava vaihdettavissa ja varaosien saatavuus hyvä. Liikuntasaumalaitteen korjaaminen on pystyttävä tekemään ajokaista kerrallaan, aiheuttamatta kohtuuttomia haittoja liikenteelle. [3 s.11.]

Liikuntasaumalaitteen kunto on oltava helposti tarkistettavissa. Vuotava sauma on helppointa havaita sateella tai sateen jälkeen alusrakenteissa näkyvissä vuotojäljissä. Sillan maatuella on tehtävä tarkastus- ja huoltotila, jos liikepituus liikuntasamaan ylittää 100 metriä, jos sillan pääkannatin on jännitetty tai, jos maatuella on monikuminen liikuntasaumalaite. [4 s.18.]



Kuva 6. Liikuntasauman vesitiiviys voidaan tarkastaa sillan alta vuotojälkien perusteella. (Sami Katajamäki)

3 Siltojen hoito ja ylläpito

3.1 Siltojen hoito

Siltojen hoidon tehtävänä on varmistaa siltojen liikennöitävyys, sen varusteiden toimintakunto ja siltapaikan siisteydestä huolehtiminen. Toimenpiteillä pyritään estämään ylläpitotoimia vaativien vaurioiden syntymistä ja ennenaikaisen peruskorjauksen tarvetta. Siltojen hoidossa tehtävät toimenpiteet ovat vaikutuksiltaan suhteellisen lyhytikäisiä, toistuvia peruskunnossapitotoimia, mutta niiden merkitys sillan elinkaassa on huomattava. Siltojen hoidosta vastaa pääsääntöisesti maanteiden hoidon alueurakka ja sen tärkeimpiin tehtäviin kuuluu siltojen kevätpuhdistus ja vuositarkastukset. [8 s.8.]

3.1.1 Kevätpuhdistus

Keväällä talvihoitokauden päätyttyä sillat puhdistetaan korkeapainepesulla viimeistään 1.6. mennessä, sorateillä kevätpuhdistus suoritetaan tien kevätmuokkauksen jälkeen, mutta kuitenkin viimeistään 15.6. mennessä. Tämän jälkeen päällysteet, reunapalkit, liikuntasaumalaitteet, kuivatuslaitteet, kivetyt pinnat ja siltapaikan portaat pidetään puhtaana hiekasta ja muusta irtoaineksesta aina seuraavan talvihoitokautteen asti. [8 s.19.]

3.1.2 Liikuntasaumalaitteen puhdistaminen kevätpuhdistuksessa

Sillan liikuntasaumalaitteet puhdistetaan korkeapainepesulla ja harjaamalla. Liikuntasaumalaitteen kumiprofiilin välissä olevat kivenkappaleet ja muu sinne kuulumaton materiaali poistetaan rikkomatta tai irrottamatta kumia. Puhdistustoimenpiteiden jälkeen liikuntasaumalaitteen on oltava puhdas kaikesta hiekasta ja muusta irtoaineksesta. Puhdistus tehdään myös rikkinäiselle saumalle, mutta sen korjaaminen ei kuulu hoitourakoitsijan vastuulle. Viallisesta liikuntasaumalaitteesta ilmoitetaan tilaajalle. Puhdistus tehdään uudelleen syyskuun aikana sekä joidenkin siltojen osalta urakan työkohtaisen tarkennuksen mukaisesti. [8 s.19.]



Kuva 7. Kumiprofiilin väliin kerääntyneitä epäpuhtauksia. (Sami Katajamäki)

3.1.3 Vuositarkastus

Siltojen vuositarkastus on silmämääräisesti kevätpuhdistuksen jälkeen tehtävä tarkastus. Sen tekeminen edellyttää hyväksytyt sillantarkastajan tutkinnon tai siltojen vuositarkastuskoulutuksen suorittamista. Tarkastus sisältää vuositarkastuslomakkeen mukaiset 24 kohdetta. Tarkastuskohteet on jaettu alusrakenteeseen, päällysrakenteeseen, varusteisiin ja laitteisiin ja siltapaikan rakenteisiin. Korjaustoimenpiteet raportoidaan vuositarkastuksen yhteenvedoon, joka toimitetaan tilaajalle 31.7. mennessä. Vuositarkastuksen yhteydessä havaituista kiireellisistä liikenneturvallisuutta heikentävistä vaurioista ilmoitetaan tilaajalle välittömästi. [8 s.9.]

3.2 Ylläpito ja vauriokorjaus

Ylläpitokorjauksilla tarkoitetaan sillan yksittäisten vaurioiden korjaamista ja sitä tehdään sillan kuntoluokasta riippumatta. Korjaustöiden ajoittaminen ja kiireellisyys riippuvat ylläpitokorjauksissa vaurion aiheuttaman liikenneturvallisuusriskin mukaan tai siitä, kuinka vakavasti vaurio heikentää sillan käyttöikä. Liikenneturvallisuutta vaarantavat vauriot, kuten päällysteiden vakavat vauriot sekä liikuntasaumalaitteiden irtoaminen ovat korjattava välittömästi. Sillan säilyvyyttä ja seurausvaikutuksia aiheuttavat vauriot korjataan mahdollisimman nopeasti ja muut korjaukset ohjelmoidaan. Ylläpitokorjauksia joudutaan yleensä tekemään siltojen hoidossa tehtyjen laiminlyöntien takia. Oikein ajoitetuilla ja kohdennetuilla korjaustoimilla voidaan parantaa sillan pitkäaikaiskestävyyttä ja siirtää peruskorjauksen tarvetta kauemmas tulevaisuuteen. [5 s.24.]



Kuva 8. Välitöntä korjausta vaatinut vaurio liikuntasaumalaitteessa. (Sami Katajamäki)

3.2.1 Peruskorjaus

Siltojen peruskorjauksella tarkoitetaan korjausta, jossa sillan kaikki vaurioituneet ja kuluneet rakenteet korjataan tai uusitaan uuden veroisiksi. Kuntoluokaltaan huonot sillat tulevat peruskorjausohjelmaan ja kuntoluokaltaan erittäin huonot korjataan kiireellisinä. Peruskorjausta edeltää sillan erikoistarkastus ja sen pohjalta laadittava korjaussuunnitelma, jonka yhteydessä selvitetään toiminnallisia puutteita ja niiden korjausmahdollisuuksia. Vedeneristyksen kunto tai toisin sanoen siinä olevat vauriot ovat usein sillan peruskorjauksen tärkein ajoitukseen vaikuttava tekijä. [5 s.24.]

3.3 Liikuntasaumalaitteiden vaurioita

Tässä kappaleessa käsitellään eri liikuntasaumalaitteiden ja tukikaistojen vaurioita ja niiden aiheuttamia ongelmia sekä näiden korjaamista yleispiirteisesti. Liikuntasaumavauriotietojen lähteenä on vuonna 2002 ilmestynyt Siltojen rakentamisen ja korjaamisen seuranta, seurantaraportti, osa 2. Seurantaraporttia varten on tarkastettu 214 liikuntasaumalaitetta ja 143 tukikaistaa. Tarkastuksissa todettiin, että eri liikuntasaumalaitteiden kestävyys välillä on selkeitä eroja. [11 s.26.]

3.3.1 Liikuntasaumalaitteiden tyypillisiä vaurioita

Liikuntasaumalaitteiden pahimpia ongelmia ovat laitteen kiinnitysten irtoaminen ja vesitiivyyden menettäneiden saumojen vuotamisesta johtuvat alapuolisten rakenteiden korroosiovauriot. Laitteen kiinnityksen löystyminen tai ajoradasta poikkeava korkeusasema aiheuttaa yliajassa häiritsevän kovan äänen. Laitteen kiinnityksen irtoaminen kokonaan tai siitä irtoavat osat muodostavat liikenneturvallisuusriskin, tällaiset ongelmat ovat tyypillisiä peitelevymallisille liikuntasaumalaitteille. Moduulisaumojen ja R15/DC-tyyppin liikuntasaumalaitteiden parhaita puolia on tukevat kiinnitykset verrattuna Waboflex-mattoliikunta saumaan, jota suositellaan käytettäväksi vain kevyenliikenteenväylillä. Kumiprofiilin hajoaminen sen väliin kiilautuneiden kivien ja muun sinne kuulumattomien materiaalien takia on usein seurausta hoitotoimenpiteiden laiminlyönneistä. [11 s.29-32.]

Saumatyyppe	Hyvää	Huonoa	Huomiot
Moduulisauama - Maurer - Mageba	Tukeva valukiinnitys	V-muotoinen kumiprofiili kerää epäpuhtauksia	Yksi varimmista mekaanisista laitteista Altis hoidon laiminlyönneille
Mattoliikuntasauama -Waboflex		Heikon kiinnityksen vuoksi vesitiiviyys usein puutteellinen ja pitää kovaa ääntä	Ei suositella käytettäväksi
R15/DC-7	Vahva kiinnitys Kumiprofiili ei ole herkkä irtoamiselle kiinnitystavan takia	Kumiprofiili altis hoidon laiminlyönneille	Voidaan suositella käytettäväksi Altis hoidon laiminlyönneille
Peitelevy		Ei ole suunniteltu vesitiiviksi Pitää kovaa ääntä Kiinnitykset usein irronneita	Tulisi korvata välittömästi vesitiivillä liikuntasaumatyypillä

Kuva 9. Liikuntasaumalaitteiden seurantaloksia. (11, Sami Katajamäki)

3.3.2 Korroosio

Korroosio on sähkökemiallinen tapahtuma, jolla tarkoitetaan ympäristöolosuhteista johtuvaa metallien syöpymistä. Syöpyvää eli hapettuvaa pintaa kutsutaan anodiksi ja kato-

diksi pintaa, jolla pelkistyminen tapahtuu. Yksi ja sama pinta voi toimia anodina ja kato-dina sen eri kohdissa. Teräsrakenteissa korroosio näkyy käytännössä ruostumisena, kun rauta pyrkii muuttumaan takaisin yhdisteiksi, joita sitä luonnossa esiintyy. [9 s.97.]

Teräsbetonirakenteissa betoni antaa raudoitukselle suojan, joka estää sen ruostumisen. Tämä perustuu sen emäksisyyteen ja terästen kykyyn muodostaa emäksisissä olosuh-teissa sitä suojaava oksidikalvo. Tätä ilmiötä kutsutaan passivoitumiseksi. Betoni antaa raudoitukselle myös suojakerroksen, joka hidastaa korroosiolle välttämättömien aineiden pääsyn raudoitukseen. Korroosion alkaminen vaatii muutoksia betonissa, jotka poistavat raudoituksen fysikaalisen ja kemiallisen suojan. [9 s.97.]

Vuotavan liikuntasauaman läpi kulkeutuu suolattavilla tieosuuksilla kloridipitoista vettä, joka aiheuttaa teräsosien ja betonin raudoituksen ruostumista. Kloridit kulkeutuvat beto-nin vesihuokosiin kloridien pitoisuuserojen vaikutuksesta. Tunkeutumismnopeus riippuu ensisijaisesti betonin tiiviyydestä, mutta korroosiolta suojautumisen kannalta merkittävin tekijä on betonipeitteen paksuus. Kriittinen kloridipitoisuus betonirakenteissa on noin 0,05...0,12% betonin painosta. Tietyn kynnyksarvon ylittyessä betonin raudoitusta suo-jaava ominaisuus poistuu ja korroosio alkaa. [9 s.99.]

Ruostuneen raudoituksen korroosiotuotteet vaativat noin nelikertaisen tilavuuden sen al-kuperäiseen tilavuuteen verrattuna. Lisääntynyt tilantarve aiheuttaa betoniin halkeamia, sisäisiä säröjä ja lohkeilua. Raudoitustankojen suuntaiset halkeamat voivat johtaa ank-kuroinnin pettämiseen. Korroosion seurauksena raudoitustankojen poikkipinta-ala pie-nenenee ja halkeaman kohdalla tästä voi seurata rakenteen vaurioitumista, vaikka beto-nipeitteessä ei havaita lohkeilua. Korroosion ja vetojännityksen yhteisvaikutus voi no-peuttaa syöpymistä. [9 s.103.]

3.3.3 Tukikaistojen vaurioita

Tukikaistojen tyypillisiä vaurioita ovat kulumisen ajourien kohdalta, halkeilu ja lohkeilu. Tukikaistan antama suoja auruskalustoa vastaan menetetään, kun tukikaista kuluu lii-kuntasauimalaitteen yläpintaa matalammalle. Juotosbetoni on yleisin tukikaistoissa käy-tetty materiaali. Seurantatutkimuksen perusteella niissä oli melko paljon pahoja vaurioita, halkeilua ja lohkeilua. Myös epoksibetonista tehdyissä saumoissa havaittiin halkeilua ja lohkeilua, mutta niiden kulumiskestävyys on juotosbetonia parempi. Valuasfalttitukikais-

tojen otanta tutkimusta varten oli pieni, mutta raportin mukaan niiden käyttämistä tukikaistamateriaalina puoltavat helppo korjaaminen ja kestävyys seuranta. Valuasfaltti soveltuu myös paikkausmateriaaliksi, kuluneiden tukikaistojen korjaamiseksi. Juotos- ja epoksibetonisten tukikaistojen korjaaminen injektoimalla on puolestaan kalliimpaa ja hankalampaa, joka saattaa johtaa korjaustöiden lykkäämiseen. Seurantatutkimuksessa ei ollut yhtään massaliikuntasaumasta tehtyä tukikaistaa. [11 s.28, 16 s.22.]



Kuva 10. Tukikaistan pinnassa olevia raudoituksia ja epäpuhtauksia liikuntasaumaprofiilissa. (Sami Katajamäki)

3.4 Liikuntasaumalaitteiden korjaaminen ja vaihtaminen

Korjaustoimenpiteet voidaan jakaa suhteellisen lyhytkestoiisiin ja pitempiaikaisiin korjaustöihin. Yhtenä liikuntasaumalaitteen rakenteellisena laatuvaatimuksena voidaan pitää sen korjattavuutta ja sen vaatimien varaosien saatavuutta. Rikkoutunut kumiprofiili voidaan vaihtaa uuteen, ruuvikiinnitteisten saumalaitteiden löystyneet ruuvit voidaan kiristää ja laitteesta irronneet teräsosat hitsata paikalleen. Pidempiaikaisia korjaustöitä

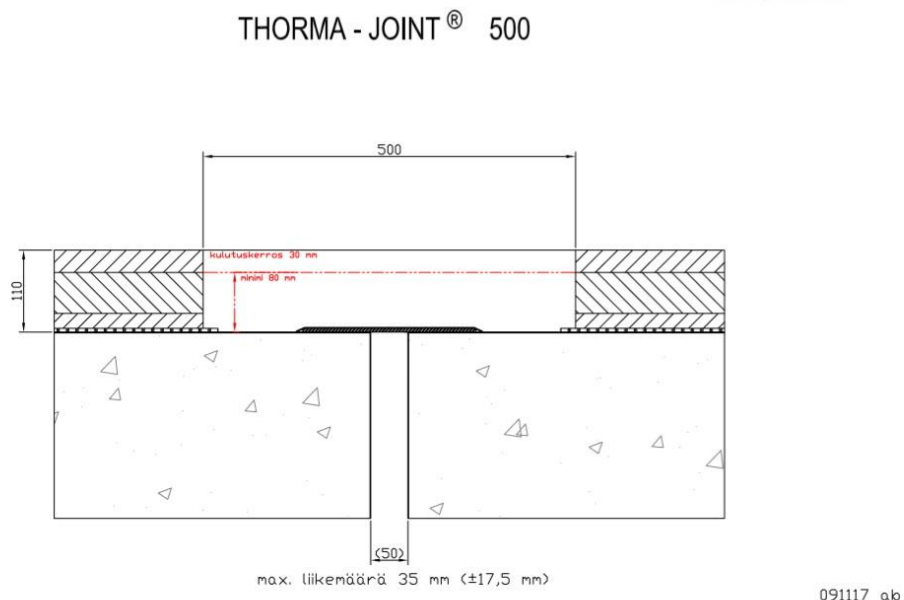
ovat valukiinnitteisten liikuntasaumalaitteiden kiinnityksen kunnostaminen tai liikuntasaumalaitteen vaihtaminen uuteen laitteeseen tai massaliikuntasumaan. [16 s.20.]

Saumalaitteen korvaamista massaliikuntasaumalla puoltavat muun muassa sen huoltovapaus ja liikuntasaumalaitteeseen verrattuna nopeampi asennettavuus ja korjattavuus. Tämän lisäksi massaliikuntasauvan tekeminen useammassa osassa on liikuntasaumalaitetta helpompaa ja valutyöt ovat pienempiä. Näiden ominaisuuksien ansiosta sauman asentamisen ja korjaamisen aiheuttamat liikennehaitat ovat liikuntasaumalaitetta pienemmät. Toinen tienkäyttäjien kannalta hyvä ominaisuus on massaliikuntasaumalaitteen hiljaisuus. [15.]

4 Massaliikuntasauva

4.1 Käytössä olevat massaliikuntasaumatyypit

Thorma-Joint on Liikenneviraston hyväksymä polymeerimodifioidusta erikoisbitumista ja kulutuskestävästä kiviaineksesta valmistettava 500 millimetriä leveä massaliikuntasauva, jonka suurin sallittu liikemäärä on 35 millimetriä. Sauman minimipaksuus on 80 millimetriä ja 30 millimetrin kulutuskerros. Thorma-Joint-sauman toiminta perustuu liikkeiden ja jännitysten vastaanottamiseen sauman ja pohjan, sekä sauman ja päällysteen rajapintojen tartunnalla. Sauman pohjalle liikuntasauvaraon päälle kiinnitetään bitumilla alumiininen 250 millimetriä leveä pohjalevy, jolla estetään saumamassan valuminen rakkoon. [14.]

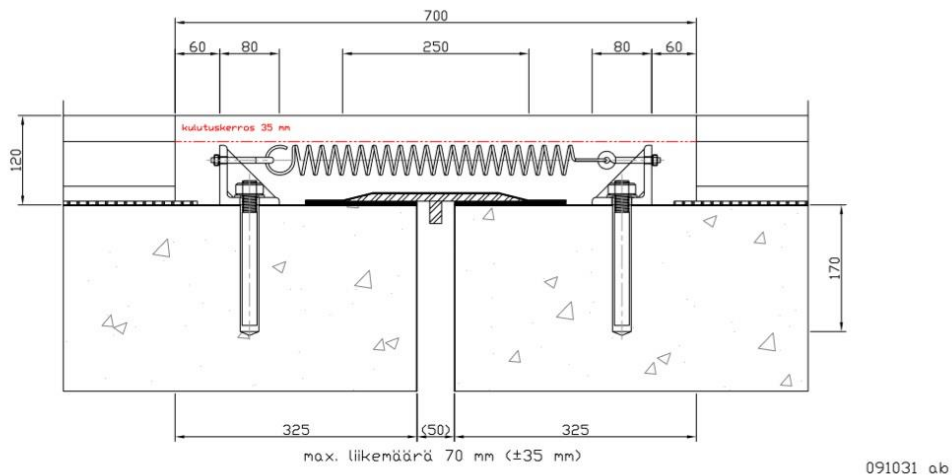


Kuva 11. Thorma-jointin tyyppikuva (Lujitustekniikka)

Silent-Joint on Thorma-jointin tavoin polymeerimodifioidusta erikoisbitumista ja kulutuskestävästä kiviaineksesta valmistettava massaliikuntasauva, jonka suurin sallittu liikemäärä on saumanleveydestä riippuen 50-100 millimetriä. Leveydeltään 500 millimetrisen suurin liikemäärä on 50 millimetriä, 700 millimetriä leveän sauman 70 millimetriä ja 900 millimetrisen liikemäärä on 100 millimetriä. Suurempi liikemäärä verrattuna Thorma-joint-saumaan saavutetaan massasauman sisään asennettavalla jousijärjestelmällä. Alus-

taan ankkuroitavien kulmarautojen välissä toimivat jouset lisäävät liikekapasiteettia ottamalla liikettä vastaan ja ne auttavat massaa palautumaan takaisin liikuntasaumaraon pientyessä. Silent-jointin nimellisminimipaksuus on 120 millimetriä ja leveimmällä saumatyypillä 140 millimetriä, koskien myös kevyenliikenteen siltoja. Käytännössä joissain kohteissa riittämättömästä päällystyspaksuudesta johtuen minimipaksuutena on 110 millimetriä. [14.]

SILENT - JOINT^{RESA} 700 S (250-80)



Kuva 12. Silent-jointin tyyppikuva (Lujitustekniikka)

4.2 Millaisiin siltoihin sopii?

Merkittävin massaliikuntasauvan käyttöön vaikuttava tekijä on liikemäärä. Massaliikuntasaumalla päästään 100 millimetrin liikemääriin ja käytännössä kaikki liikuntasaumalaitetyypit ovat sen puitteissa korvattavissa ajoneuvo- ja kevyenliikenteen betoni- ja teräsilloilla. Teräspalkkisilloilla on kuitenkin pienennettävä massaliikuntasauvan sallittua liikemäärää, johtuen teräsiltojen nopeammista lämpöliikkeistä. [13, 14.]

Massasauma ei ole parhaimmillaan risteysalueiden silloilla, joissa ajoneuvot saattavat olla pitkiäkin aikoja sauman päällä. Sauman tekeminen tämänlaisiin paikkoihin ei ole mahdotonta, mutta silloin on tiedostettava sauman mahdollinen painuminen, kuorman

ollessa pitkään sauman päällä. Kevyenliikenteenväylällä sauman painuminen erityisesti lämpimällä säällä otetaan huomioon pinnoittamalla sauma jäykistävällä pinnoitteella. Tällä pyritään estämään mahdolliset vaaratilanteet, esimerkiksi rullaluistimien tökkääminen siirryttäessä asfaltilta massaliikuntasaumalle. Helsingin kaupungin alueella saumalle vaaditaan pinnoituksen lisäksi punainen huomioväri, joka voidaan tehdä maalaamalla. Ajouradalle elastisen sauman päälle tehtävä jäykistävä pinnoite ei sovellu, sillä se ei kestä ajoneuvoliikennettä. Ajouradalla risteysalueille ja kaarteisiin voidaan kuitenkin tehdä liukautta vähentävä pinnan karhennus ripottelemalla sulaan bitumikerroksen päälle kivirouhetta. [13, 14.]

4.3 Toiminnan edellytykset

Pohjien tasaisuus ja sauman minimipaksuuden täytyminen ovat massaliikuntasauvan toiminnan kannalta tärkeimmät tekijät. Pohjat tehdään sillankorjaukseen sopivasta betonista. Myös epoksipohjaisen massan käyttäminen tasaukseen on mahdollista ja sillä voidaan lämpimissä olosuhteissa saada aikasäästöjä sen nopean kovettumisen takia. Pohjien tasaisuuden ja suoruuden lisäksi on kiinnitettävä huomiota korjausvalun tarttumiseen alustaansa. Massasauman tartunnan kannalta pohjat voivat olla sileitä tai karheita, kunhan tasaisuusvaatimus +/- 2 millimetriä täyttyy ja liikuntasauvaraon peittävä pohjalevy ja jousia pitävät kulmaraudat asettuvat heilumatta paikoilleen. Sauman vesitiiviöiden varmistamiseksi kannen ja maatuen vesieristysten on ulotuttava riittävästi massaliikuntasauvan alle. Saumapaksuuden määrittää käytettävä saumatyyppi ja pintarakenteiden paksuus. Jotta sauma saadaan päällysteen tasoon, Thorma-jointin paksuutta voidaan lisätä vapaasti, mutta Silent-jointissa vain 20-40 millimetriä, jotta jouset pääsevät vaikuttamaan koko sauman paksuuteen. Minimipaksuuden pienentäminen johtaa viiden vuoden takuun peruuntumiseen ja siitä voi seurata ennen aikaisten vaurioiden syntyminen. Saumaraon tulee olla puhdas, tyhjä ja leveys suunnitelman mukainen. [14.]

5 Muutostyö ja korjaaminen

5.1 Liikuntasaumalaitteen korvaaminen

Liikuntasaumalaite voidaan korvata massaliikuntasaumana ylläpitokorjauksena tai peruskorjauksen yhteydessä. Merkittävin ero näiden välillä on purkutöiden laajuus. Peruskorjauksessa uusittavan vesieristyksen vuoksi päällysteet puretaan kauttaaltaan ja sillan päät kaivetaan auki. Ylläpitokorjauksena tehtävässä työssä pintarakenteita puretaan vain niin paljon kuin on tarpeellista pohjien tekemiseksi ja vesieristeen katkottomuuden kannalta. Ennen muutostyön aloittamista urakoitsija laatii kohteesta työ- ja laatusuunnitelman, jossa esitetään hankkeen yleiset tiedot, työsuunnitelma, työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset sekä vaatimustenmukaisuuden osoittaminen. [12 s.3, 14.]

5.1.1 Liikennejärjestelyt

Työt aloitetaan tekemällä kohdekohtaisesti suunnitellut kiinteät liikennejärjestelyt niin, että yhden tai useamman kaistan molempien päiden saumat voidaan purkaa samanaikaisesti. Työturvallisuuden varmistamiseksi molempien päiden työalueet rajataan betonielementeillä. Työalueen läheisyyteen jätetään riittävästi tilaa tarvikkeiden varastoinnille ja purkujätteille, työ- ja laatusuunnitelman mukaisen jätehuollon järjestämiseksi. Kiinteiden liikennejärjestelyjen lisäksi voidaan käyttää törmäysautoa massasauman rakentamisen aikana. Esimerkiksi peruskorjauksen yhteydessä silta päällystetään ensin koko leveydeltään ja massasauma rakennetaan ilman kiinteitä liikennejärjestelyjä, törmäysauton kanssa. [17.]

5.1.2 Vanhan liikuntasaumalaitteen purkaminen

Varsinainen muutostyö aloitetaan purkamalla vanha liikuntasaumalaite. Purkualue rajataan timanttisahalla ja betonirakenteet puretaan paineilma- ja sähkökäyttöisellä piikkauskalustolla. Teräslaite puretaan polttoleikkaamalla laite pienempiin osiin ja katkaisemalla laitteen kiinnitykset purkurajaan asti. Purkusyvyys riippuu kannen ja maatuen betonin kunnosta ja vaadittavasta saumanpaksuudesta. Vanhan saumalaitteen kiinnityksiä ei tarvitse poistaa kauttaaltaan, kunhan varmistetaan riittävän suojabetonikerroksen muodostuminen. Esiin tulleet raudoitukset suojataan korroosionsuojalaastilla. [20.]



Kuva 13. Purettu liikuntasaumalaite ja kannenpuoleisen osan tasausvalu. (Otto Suominen)

5.1.3 Massaliikuntasauaman pohjien tekeminen

Oikeanlainen alusta on massaliikuntasauaman toiminnan ja vesitiiviiden kannalta ehdottoman tärkeää. Pohjat tehdään oikeaan korkoon sillankorjaukseen soveltuvasta betonista tai mahdollisesti epoksipohjaisesta massasta. Liikuntasauaman raon peittämiseen työn ajaksi voidaan käyttää suulakepuristetusta polystyreenistä valmistettua rakennuseristelevyä, joka toimii samalla muottina. Pohjien tasaisuus varmistetaan kauttaaltaan sauman suuntaisesti kahden metrin oikolaudalla. [14.]

Alustan vesieristämässä on tärkeää saada käytettävä vesieristys ulottumaan katkottomana ja riittävästi massaliikuntasauaman alle. Eristystapa riippuu olemassa olevan rakenteen vesieristystavasta. Esimerkiksi mastiksilla eristetyssä sillassa kansirakenteen osa voidaan eristää kaksinkertaisella kermieristyksellä, joka ulotetaan mastiksieristykseen päälle ja massaliikuntasauaman alle. Ennen vesieristämistä tasausvalun riittävä kuivuus, 5 m-%, varmistetaan esimerkiksi pintakosteusmittarilla. [14, 20.]

Valmiin massaliikuntasauaman tulee kulkea reunapalkkien läpi samalla leveydellä kuin ajoradan kohdalla. Tämän vuoksi on mahdollista, että reunapalkkeja joudutaan muokkaamaan. Sauaman ulottuessa reunaan, reunapalkkeihin asennetaan liikkeet sallivasti haponkestävä teräslevy, johon taitetaan 50 millimetriä paksu tippunokka. [12 s.4.]



Kuva 14. Vesieristys. (Otto Suominen)

5.1.4 Jyrsintä ja päällystys

Pohjien tekemisen jälkeen saumaväli täytetään suunnitelman mukaisella asfalttimassalla ja saumaväliä ympäröivä päällyste jyrsitään ja päällystetään uudelleen tilaajan kanssa sovitussa laajuudessa. Ennen täyttöä pohjien päälle tehdään irrotuskaista vanerilla, jonka päälle levitetään hiekkaa. Tällä varmistetaan päällysteiden purettavuus massasauman tekemiseksi. Vaneri ei saa olla suunniteltua saumaleveyttä leveämpi ja se olisi hyvä kiinnittää, jotta päällystyskalusto ei siirrä sitä pois paikoiltaan. [14, 20.]



Kuva 15. Irrotuskaista ja muokatut reunapalkit. (Otto Suominen)

5.1.5 Massaliikuntasauaman rakentaminen

Massaliikuntasauaman tekee laitteen valmistajan tai maahantuojan hyväksymä urakoitsija, valmistajan lisenssin mukaisesti työalue kerrallaan. Käytettävät massaliikuntasauamat ovat kokonaisuudessaan Liikenneviraston hyväksymiä, joten eri osista ei tarvita erillistä CE-merkintää. [14.]

Työ aloitetaan sahaamalla timanttisahalla sauman leveyden mukaisesti liikuntasauaman molemmilta reunoilta. Pintarakenteet puretaan piikkaamalla rajatulta alueelta niin, että purkupinta liittyy vesieristeeseen. Irrotuskaistana käytetty vaneri poistetaan ja työalue suihkupuhdistetaan ja kuivataan. Viimeistään tässä vaiheessa varmistetaan pohjien soveltuvuus, mutta mahdollisten muutostöiden helpottamiseksi pohjat kannattaa hyväksyttää ennen pohjien täyttämistä päällysteellä. [14, 19.]

Tämän jälkeen massaliikuntasauama rakennetaan valmistajan lisenssin mukaisesti. Laatuvaatimusten mukaisesti asennettavan sideaineen lämpötila on $+170^{\circ}\text{C} \dots 190^{\circ}\text{C}$ ja kiviaineksen $120^{\circ}\text{C} \dots 180^{\circ}\text{C}$, sideaineen lämpötila ei saa ylittyä eikä keittoaika saa olla yli 7 tuntia. Työtä ei voida tehdä sateella, paras asennuslämpötila massaliikuntasauimalaitteelle on $0^{\circ}\text{C} \dots +10^{\circ}\text{C}$. Viileä ilma edesauttaa massakerrosten jäähtymistä. Massaliikuntasauamaan tekemiseen kuluva aika on riippuvainen sauman paksuudesta. Viimeinen

kerros on tehtävä täysin jäähtyneelle pinnalle, jotta vältetään sauman painumiselta, bitumin kutistuessa jäähtyessään. Työteknisesti tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi siten, että sauma rakennetaan pintaa vaille valmiiksi illalla ja viimeinen kerros tehdään aamulla, jolloin voidaan olla varmoja jäähtymisestä. Pintakerroksen tekemisen jälkeen massaliikuntasauva voidaan ottaa käyttöön ja avata kaista liikenteelle noin kahden tunnin kuluessa. Valmiin sauman pinta tulee ajoradan tasoon, jolloin se on mahdollisimman hiljainen. [14, 18.]



Kuva 16. Liikuntasaumavälin päällystys. (Otto Suominen)



Kuva 17. Valmis massaliikuntasauva. (Otto Suominen)

5.2 Massaliikuntasauvojen vaurioita

Massaliikuntasauvoissa esiintyviä vaurioita ovat saumamassan kuluminen ajourien kohdalta, saumamassan deformaatio, sauman halkeaminen pituussuunnassa ja saumamassan irtoaminen päällysteen reunasta. Syy sauman irtoamiselle päällysteestä on yleensä työvirheestä johtuva huono tartunta. Pituussuuntainen halkeama sauman keskellä voi olla seurausta alimitoitetusta saumatyypistä tai sen virheellisestä rakenteesta. Deformaation syynä on yleensä työvirhe tai vääränlainen sideaine. [12 s.1.]

Tämän lisäksi saumat vaurioituvat päällystystöiden yhteydessä, jos sauma on jyrstetty päällystejyrstinnässä. Myös massaliikuntasauvat ovat alttiita talvihoidon aiheuttamille vaurioille aurojen tökätessä päällystettä pehmeämpään ja mahdollisesti korkeammalla olevaan saumaan. Tämä on etenkin leveämpien saumatyyppien ongelma, joiden tekeminen täysin tasaiseksi on vaikeaa. [14.]

Korjaustarve on riippuvainen vauriosta. Kulumia voidaan korjata ylläpitokorjauksena tai peruskorjauksen yhteydessä. Massaliikuntasauvan irtoaminen päällysteestä ja jyrstävauriot on korjattava kiireellisesti. Sauman deformaation, pituushalkeilun ja vesivuodon syy selvitetään ensin erikoistarkastuksessa, jonka perusteella päätetään korjaustapa ja

kiireellisyys. Sauma voidaan usein korjata vain vaurioituneilta osiltaan, eli sen korjaaminen ei automaattisesti tarkoita uusimista koko kerrospaksuudeltaan, mikä tekee siitä helpposti ja nopeasti korjattavan. Toisin kuin kumiprofiilisia laitteita, massaliikuntasaumaa ei tarvitse erikseen huoltaa siltojenkevätpuhdistuksen yhteydessä. [12 s.1, 15.]

5.2.1 Massaliikuntasauaman korjaaminen päällystyksen yhteydessä

Massaliikuntasauma voidaan jyrsiä päällystejyrsinän yhteydessä kulutuskerroksen puitteissa asfalttijyrsimellä, mutta ei remikserillä. Jousijärjestelmällisen Silent-joint-massasauman tapauksessa on kuitenkin riskinä jousien hajottaminen niissä tapauksissa, joissa järjestelmä on normaalia lähempänä pintaa päällystyspaksuuden ollessa puutteellinen saumaa tehdessä. [14.]

Sauma voidaan jättää jyrsimättä, jolloin jyrshintä lopetetaan juuri ennen saumaa ja päällystys tehdään molemmilta puolilta saumaa vasten. Tämä tapa toimii kuitenkin vain silloin, kun sauman taso on uuden päällysteen tasossa ja sauman korkeusasemaa ei tarvitse muuttaa. Toinen tapa on tehdä massaliikuntasauaman korotus päällystyksen yhteydessä. Siinä massasauma jyrsitään ja päällystetään yli. Päällystysurakoitsija tekee saumalle irrotuskaistan vanerista ja hiekasta ennen päällystystä. Uusi päällyste poistetaan irrotuskaistaan asti, kuten muuttaessa liikuntasauimalaite massasaumaksi. Tämän jälkeen massasauma valetaan oikeaan korkoon. [14.]

6 Tulokset

Massaliikuntasaumalla päästään aina 100 millimetrin liikemääriin asti ja näin ollen tarvittavat pohjatyöt tekemällä se soveltuu muun muassa peitelevy- ja R15/DC7-tyypin liikuntasaumalaitteen, Waboflex-mattoliikuntasauvan ja ainakin yksielementtisen liikuntasaumalaitteen korvaamiseen ajoneuvo- ja kevyenliikenteen silloilla. Risteysalueilla tulee ottaa huomioon massaliikuntasauvan painuminen pitkäkestoisen kuorman alla. Kevyenliikenteenväylällä massaliikuntasauva vaatii jäykistävän pinnoitteen ja Helsingin kaupungin alueella myös huomiovärin. Näillä toimenpiteillä pyritään välttämään mahdollisia vaaratilanteita siirryttäessä kovaa asfalttipintaa pehmeämmän sauman päälle.

Massaliikuntasauvan toiminnan kannalta tärkeimpinä asioina voidaan insinööriyön perusteella pitää pohjien suoruutta, tasaisuutta, riittävää lujuutta sekä vaaditun saumapaksuuden täyttymistä. Massaliikuntasauva tehdään aina päällysteen tasoon ja saumapaksuutta voidaan tietyissä määrin lisätä, mutta minimipaksuudesta tinkiminen johtaa viiden vuoden takuun mitätöitymiseen ja mahdolliseen ennenaikaiseen vaurioitumiseen.

Yhtenä massaliikuntasauvan etuna verrattaessa saumalaitteen korvaamisella uudella saumalaitteella on yksinkertaiset muotti- ja valutyöt. Pienillä valutöillä voidaan saada kustannustehokkuutta jo pohjatöiden nopeuden vuoksi. Massaliikuntasauva on liikuntasaumalaittelementtiä helpompi tehdä useassa osassa, joka voi helpottaa liikennejärjestelyjen ja työalueiden tekemistä työnaikaisten liikennehaittojen pienentämiseksi. Vastuu oikeaoppisten pohjien tekemisessä on muutostyön pääurakoitsijalla. Pohjien hyväksyttäminen massasauman tekevällä urakoitsijalla ennen ylipäällystystä on yksi tapa välttyä yllätyksiltä siinä vaiheessa, kun päällysteet puretaan sauman tekemiseksi ja tarvittavien muutosten tekeminen on helpompaa.

Toinen massasauman selkeistä eduista on sen huoltovapaus kevätpuhdistuksen yhteydessä. Kumiprofiilillisten saumojen puhdistusten laiminlyönnit ovat yleinen syy niiden vesitiiviyyden pettämiseen. Massasaumoille tyypillisiä vaurioita ovat kuluminen ajourien kohdalta ja erilaiset deformaatiot. Nämä eivät välttämättä johda vesitiiviyyden menettämiseen ja teräslaitteille mahdolliset liikenneturvallisuutta vaarantavat kiinnitysten pettämiset ja osien irtoamiset ovat epätodennäköisiä. Tämä parantaa siltojen hoidon ja ylläpidon ennustettavuutta, kun todennäköisyys kiireellisenä tehtäviin korjaustoimiin pienenee. Mas-

sasauman korjaaminen ei automaattisesti tarkoita koko sauman uusimista, vaan sitä voidaan paikata ja korjata vaurioituneen kerroksen osalta, joka tekee sen korjaamisesta suhteellisen nopeaa ja yön aikana tehtävät korjaukset pienentävät liikennehaittoja.

Seurantareportissa tarkastettujen massaliikuntasaumojen otanta on pieni, mutta se antoi rohkaisevia tuloksia. Raportin ilmestymisen jälkeen massaliikuntasaumojen määrä on lisääntynyt ja olisi tärkeää saada seuraavaan raporttiin lisää massasaumoja vilkkailta väyliltä, risteysalueilta ja kevyenliikenteenväyliltä, jotta voidaan varmistua, minkälaisiin kohteisiin massasauma sopii ja saataisiin lisää tietoa vaurioiden syistä.

Päällysteen uusimisen yhteydessä massaliikuntasauoman korkeusasemaa täytyy korottaa uuden päällysteen tasoon. Vilkkaiden väylien siltojen saumat ovat alttiimpia kulumisurien syntymiselle, mutta toisaalta myös päällyste vaatii oletetusti näillä teillä uusimista useimmin. Päällysteen uusimisen yhteydessä tehtävällä korotuksella saadaan samalla korjattua kulumisesta aiheutuvia vaurioita. Päällystysurakoitsijan tulee tuntee massaliikuntasauoman oikeaoppinen jyrsiminen ja irrotuskaistan tekeminen, jotta korotus voidaan tehdä mahdollisimman sujuvasti. Suurin riski massasauman jyrsimisessä on Silent-joint-saumojen jousitusjärjestelmän vaurioituminen. 500 millimetrin saumasta ei voi ylhäältä päin nähdä, onko se jouseton Thorma-joint vai jousellinen Silent-joint. Mahdollisilta jyrshintävahingoilta voitaisiin välttyä käyttämällä huomioväriä myös ajoradoilla. Jyrshintävyydestä on etua kulkusuuntaan vasten vinoissa liikuntasaumoissa, joissa jyrsin ja levittäjä eivät pääse aivan liikuntasauomalaitteen viereen ja osa päällystystöistä on tehtävä käsin.

Talvihoito vaurioittaa massasaumoja auruskaluston tökätessä helposti koholla oleviin saumoihin. Tämä on ongelma etenkin leveimmillä saumatyypeillä, joiden tekeminen täysin tasaiseksi on haastavaa. Vaurioiden välttämistä pyritään estämään muuttamalla asennustoleranssia siten, että sauman yläpinnan tason on oltava päällysten tasolla tai toleranssin rajoissa alapuolella. Näin ollen koholla oleva massasauma ei täytä laatuvaatimuksia. Liikuntasauomalaitteissa talvihoidon aiheuttamia vaurioita estetään saumaa suojaavilla tukikaistoilla, mutta nekään eivät ongelmattomia ja niiden kulumisen ja vaurioituminen johtavat toimenpiteisiin, vaikka itse liikuntasaumalaitte olisi kunnossa. Madaltuneen tukikaistan korjaaminen valuasfalttipaikalla on hyvä tapa suojata saumalaitetta liikenteen aiheuttamilta vaurioilta. Yleisesti ajoneuvoliikenteelle massaliikuntasauma ei käytännössä muodosta huomattavaa epäjatkuvuuskohtaa, mikä tekee siitä hiljaisen ja mukavan tienkäyttäjälle.

7 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin liikuntasaumalaitteen korvaamista massaliikuntasaumalla. Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää minkälaisiin siltoihin massaliikuntasumat sopivat, mitkä ovat niiden toimintaedellytykset ja miten muutostyö etenee. Tämän insinööriyön pohjalta voidaan todeta, että massaliikuntasauma sopii hyvin liikuntasaumalaitteen korvaamiseen. Merkittävin käyttöä rajoittava tekijä on liikemäärä. Massaliikuntasauma sopii myös kevyenliikenteenväylälle, kunhan siihen tehdään jäykistävä pinnoite. Muutostyössä on tärkeää ottaa huomioon massaliikuntasauman pohjien tasaisuus- ja suoruusvaatimukset ja vähimmäissaumapaksuuden täyttyminen päällysteen tasoon. Muutostyön etuna verrattaessa liikuntasaumalaitteeseen on pienet valutyöt, joiden ansiosta voidaan vähentää työnaikaisia liikennehaittoja. Kaiken kaikkiaan liikuntasaumalaitteen muuttaminen massasaumassa ei vaadi sillassa merkittäviä muutostöitä ja sen huoltovapaus tekee siitä lähes immuunin huoltojen laiminlyönneille, joka on merkittävä syy liikuntasaumalaitteiden vesitiiviyden menettämiselle. Massaliikuntasauma ei aiheuta tiessä yhtä selvää epäjatkuvuuskohtaa kuin liikuntasaumalaitte, jonka ansiosta se on hiltainen.

7.1 Jatkotutkimukset

Tulevaisuudessa hyväksyttävien polymeerimassaliikuntasaumojen yleistyessä tulee tutkia, kuinka hyvin ne toimivat ja sopivat tiestöllemme verrattuna bitumimassaliikuntasamaan. Tutkimuksen arvoista on myös, saadaanko kylmämassasta tehtävällä saumalla merkittäviä nopeutuksia sauman asentamiseen tai korjaamiseen, joilla liikennehaittoja voitaisiin entisestään pienentää.

Kaupunkialueilla ja kevyenliikenteenväylillä tutkimusta voitaisiin kohdistaa käytettävien pinnoitteiden kestävyyteen ja toimivuuteen. Huomiovärin ja jäykistävän pinnoitteen tekemistä tullaan kokeilemaan sauman päälle sulatettavalla värillisellä tiemerkintälevyllä, joka jäähtyessään kovettuu takaisin levymäiseksi. Näin saadaan samalla tehtyä huomioväri ja jäykistävä pinnoite ja voidaan mahdollisesti parantaa huomiovärin säilyvyyttä verrattuna maalattaviin saumoihin, joiden kesto on todettu rajalliseksi.

Lähteet

- 1 <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio1/s1701.pdf>, SILKO 1.701, saumarakenteet, luettu 23.2.2018
- 2 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio3/s3711_09.pdf, SILKO 3.711, liikuntasaumalaitteet, luettu 23.2.2018
- 3 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl7_2005v.pdf, SYL7, Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset, luettu 23.2.2018
- 4 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-25_taydentavia_ohjeita_web.pdf, Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun, luettu 23.2.2018
- 5 <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/siltojenyllapito2009.pdf>, Siltojen ylläpito, luettu 23.2.2018
- 6 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio2/s2713_10.pdf, SILKO 2.713, liikuntasaumalaitteen asennus, luettu 23.2.2018
- 7 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/siltojen_vt_ohje_2009.pdf, Siltojen vuositarkastus ohje, luettu 28.2.2018
- 8 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2014-29_siltojen_hoito_web.pdf, Siltojen hoito, luettu 28.2.2018
- 9 Suomen betoniyhdistys ry, BY 201 Betonitekniikan oppikirja, 2012, By-koulutus Oy
- 10 <https://opetus.tv/fysiikka/fy2/lampolaajeneminen/>, Opetus-TV, teoriaa lämpölaajenemisesta, 23.2.2018
- 11 <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/seurantaraportti2.pdf>, Siltojen rakentamisen ja korjaamisen seuranta, luettu 28.2.2018,
- 12 <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio2/s2712.pdf>, SILKO 2.712, massaliikuntasauman korjaaminen, luettu 1.3.2018
- 13 Ilkka Redman, 15.2.2018, WSP Finland Oy, haastattelu, Lahti
- 14 Hannu Tikka, 7.3.2018, työpäällikkö, Lujitustekniikka Oy, haastattelu, Espoo
- 15 Henry Niemi ja Timo Turunen, 25.3.2018, Siltainsinöörit TH Oy, sähköpostikysely

- 16 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/.../sillan_peruskorjauksen_nopeuttaminen_2008.pdf, Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen, Tiehallinnon selvitys, luettu 28.2.2018
- 17 Liikenteenohjaussuunnitelma, Kujalan RS U-2647, Destia Oy, Luettu 9.3.2018
- 18 Laaturaportti, Kujalan RS U-2647, Lujitustekniikka Oy, Luettu 9.3.2018
- 19 Työ- ja laatusuunnitelma, Lommilan RS U-1692, Lujitustekniikka Oy, Luettu 27.3.2018
- 20 Työ- ja laatusuunnitelma, Lommilan RS U-1692, Destia Oy, Luettu 27.3.2018

