

Raylı Sistemlerde Gürültü ve Vibrasyon Sorunları, Çözüm Seçenekleri ve Fayda Analizleri

Özet

Özellikle demiryolu ve kentiçi raylı sistemlerin dizaynında gürültü, titreşim ve vibrasyon konularının kötü etkilerinden kurtulmak için yeni ve pratik mühendislik çözümleri vardır. Bu makale kapsamında raylı sistemlerde akustik saha çalışmaları kapsamında son 4 yılda yapılmış - gerçekleşen ve uygulaması yapılan- son çalışmalardan bahsedilecektir.

Bu çalışmayla, lisans üstü mühendislik çalışmaları yürüten meslektaşlarımızın konuyla ilgili genel fikir sahibi olmalarına yardımcı olabilmek hedeflenmektedir.

Gelişme kısmında her biri detaylı bir şekilde açıklanacak kupon çalışma başlıkları şöyle: Ray taşıma bakımı; gürültü ve vibrasyonsuz tramvay hattı imalatı, gömülü ray veya ray kapsülasyonu, kent içinden geçen hafif raylı sistem ve metro hatlarına çevre ile uyumlu-kentsel mimariyi bozmayan şeffaf gürültü perdesi.

Anahtar kelimeler: Gürültü ve vibrasyon, ray taşıma, gömülü ray sistemleri, ray kapsülasyonu; ses perdeleri.

Kent İçi Raylı Sistemlerde Güncel Durum - 2010

Bugün, belediyelerimizin sahibi olduğu kent içi raylı sistemlerin tek hat uzunluğu, beş yüz km'nin biraz üstündedir. Beş yüz km tek hat, günümüz kent yaşamı koşullarında yeterli değildir. Herhangi bir Avrupa kentinde; tramvay, hafif raylı sistem, metro ve banliyö gibi farklı raylı sistem modlarının uygulanması sonucu çok daha uzun mesafelere ulaşılabilir. Avustralya'da da benzer şekilde herhangi bir kentte dahi dört yüz km raylı sisteminin olması, ülkemizde bu konuda kat edilmesi gereken mesafenin çok olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de 2000 yılında sadece 4 şehirde raylı sistem varken bugün 11 kentte kent içi raylı sistem bulunmaktadır. Yaptığımız çalışmalar, 2020 yılında Türkiye'de 17-18 kentte raylı sistem olacağını ve mevcut tekhat yol uzunluğunun 1100 km'yi aşacağını göstermektedir.

Bu çalışma, gürültü ve vibrasyon problemleri olan raylı sistemlerin hangi yöntemlerle iyileştirilebileceği ve bu yöntemlerin raylı sisteme sağladığı faydaları değerlendirecektir.

1. Periyodik Ray Taşlama

Ray taşlama bakımları günümüzde gelişmiş raylı sistemlerde periyodik olarak yapılan hat bakımıdır. Ray yüzeyinde oluşan ondülasyonların; RCF olarak tanımlanan özürlerin mekanik olarak temizlenip raya tekrar profilini kazandıran bir uygulamadır. Amaç, rayın ekonomik ömrünün mümkün olduğunca uzatmak ve konforu artırmaktır. Konforun artırılması mevcut gürültü ve vibrasyonun yok edilmesi veya minimize edilmesinden geçer. Yoğun trafik altında işletme sırasında oluşan ray özürleri ve hatalarının minimize edilmesi koruyucu-dönemsel veya periyodik olarak yapılacak ray taşlamaları ile olacaktır. Bu da istenen bir ray-teker ilişkisini beraberinde getirerek gürültü ve vibrasyon maruziyetini insan algısının altındaki bir seviyeye indirecektir.

1.1. Rayın Profilinin Korunması

Rayların ekonomik faydalı ömürlerinin uzaması ve gürültü ve vibrasyonu minimize etmek (uluslararası standartlara indirmek) için taşlama 3 farklı yerde yapılır:

Boyuna taşlama: Ondülasyon dediğimiz hata grubunu yok etmek için uygulanır. Kendi içinde 4 sınıfa ayrılan ondülasyonlar ortalama $R < 600m$ kurplarda rijit bogiye bağlı dış tekerin iç tekerden daha fazla yol kat etmesinden kaynaklanır. Dış teker iç tekere ayak uydurmak zorunda kalacağından iç tekere göre kayma sürtünmesi yapar ve bu durum da kısa dalgalı ondülasyonları (100-300 mm) doğurur. Aynı hat üzerinde birden farklı tren setleri kullanılıyorsa buda rayın ondülasyonunu doğru orantılı ömrünü azaltırken gürültü ve vibrasyonu hızla tırmandırır.

Yanal taşlama, yukarıda bahsedildiği üzere teker budenin konikliğinden ve yanda biriken metal alınması için yapılır. Orijinal ray profilinin sağlanması için, budenin rayın ekartman köşesine olan temasının kesinlikle önlenmesi gerekir.

Hiçbir zaman tekerin raya birden fazla noktada temas etmesi istenmez, aykırı durumlar rayın yan yüzeyini aşındırır, çatlaklara yol açar ve araca ekstra titreşim verdiğinden aracın performansını etkiler. Tekerleğinde zamanından önce bandaj kalınlığının azalmasına yol açar.

Yüzeyde yapılan taşlamalar ise yine kendi içinde 3 gruba ayrılır. Yeni rayda yüzey pürüzlülüğünün ve imalat sırasındaki hasarların/pasın giderilmesi çalışması işletme öncesi yapılması tavsiye edilen taşlamadır. İkinci grup yüzeyde oluşan mikro çatlakların silinmesi, ekartman köşesi çatlakları ve parça kopmaları, pullanmalar, kavlanmalar ray conta noktalarının eziklikleri, kaynak hataları/düzensizlikleri, plastik deformasyonlar, kılcal çatlaklar, metal birinkitileri/akmaları, metal yorgunluğunu gösteren tehlikeli siyah noktaların taşlanması kapsar. Son grup ise değişken şartlardan kaynaklanan (balast ve benzer sert malzemelerin ezilmesi sonucu çıkan) bozuklukların taşlanmasıdır.



Şekil 1 - Rayın aynı anda 10 farklı noktası taşlanıyor

Sadece yüzeydeki bozuklukların giderilmesi ile (taşlanması ile) gürültü 4-5 dbA azalır. Özellikle 5 Db, tünel içinde hemen farkındalık sağlayan bir iyileşmedir.

1. 2. Kurplardaki sürtünme gürültüsünün seviyesinin düşürülmesi; Sağlıklı ray-teker ilişkisi neticesinde araç bakım masraflarının azalması; ithal edilen araç tekerlerin zarar görmesini engellenmesi.

Tramvay, metro ve banliyö EMU'ları veya DMU araçlar raylar üzerinde tekerleri vasıtasıyla ray gibi çok küçük bir düzlemde gitmekte; buna karşın rayda büyük gerilmeler oluşturmakta, bunun yansıması ise çoğunlukla 90-95 Db'a'lık gürültü şeklinde olmaktadır. Bunun sebebi ray ve teker yüzeyindeki farklı eğimlerden kaynaklanmakta, kurplarda bu durum yüklerin ray mantarına eksantrik etkimesinden dolayı daha da kompleks bir duruma dönüşmekte özellikle mantardan gövdeye oradan da ray tabanına farklı içsel gerilmeler oluşmaktadır.

Kurplarda bogiye bağlı her 2 tekerlek de aynı yuvarlanma çapı ile dönerse, dış tekerlek iç tekerleğe yetişmek için kayar. Bu olumsuzluğun yaşanmaması için bu tip kurplara stratejik özel profiller vermek gerekir. Böylece araç tekerlerinin bakım masrafları azalır, bekleme süreleri kısalmır. Ek olarak tekerlerin birbirinden fazla aşınması, aracı yanal sinüzoidal hareket yapmasına neden olmakta ve yolcu konforu düşmektedir. Taşlamanın yapılmadığı hatlarda kullanılan filolarda zaman zaman apletlere rastlanır. Ray mantarının düzleşmesi sonucu iç köşesinde biriken metal ve tekerlekte istenmeyen izler veya aşınmalara yol açar. Ayrıca sert frenlemelerinde hattaki yağ miktarı ile ilişkili apleti yaptığı bilinmektedir. Apleti sonucu atölyelerdeki talaş alma tezgahlarına giren araçların bozulmuş teker profillerinden talaş alma suretiyle tekerlerin geometrisi düzeltilir. Bu işlem hem bozuk tekerdeki en kötü duruma göre o akstaki karşı teker ve diğer tekerlere de uygulanır. Böylelikle taşlama yapmamak araçların teker çaplarının bu gibi hatalar sonucu çabuk tükenmesine de yol açar. Örneğin her talaş almada tekerden 0,5 mm ile 3 mm arasında eksilebilir. Bir tren dizisinde talaş almanın maliyeti hesaplamak için işlemin süresi, aracın dar depo hatlarından içeri girmesi, dizinin bozulup manevra kaybı, tekerlek maliyeti ve tezgah amortismanlarını da ekleyince ray taşlamanın değeri bir kez daha anlaşılabilir.

1. 3. Ray ömrünün maximize edilmesi; Ray taşlama çalışması, tüm raylı sistemlerde en pahalı yatırımlardan bir olan hattın baş elemanı olan rayların (ülkemizde S49-UIC60-Ri59-Ri60-S54 sınıfı raylar kullanılmaktadır) özellikle işletme şartlarından minimum etkilenmesini hedefler. Bu sebeple rayla olumsuz ilişkisi olan her türlü etkiyi elimine eder, ray-teker arasındaki olumsuzlukları ortadan kaldırır. Seyir rayında ideal sürtünme yüzeyini sağlar.



Şekil 2 - Park hattına çekilmiş 8 taşlı bir Taşlama makinesi -2005-Almanya

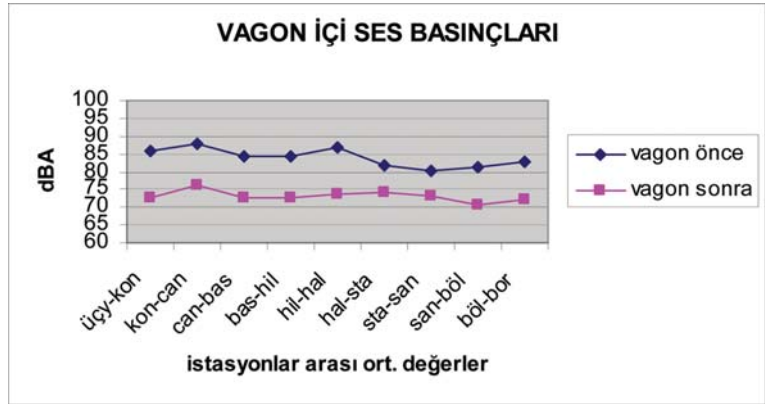
1.4. Makasların Taşlanması: Demiryollarında en kompleks elemanlar makaslardır. Düz veya kurplu raylardan çok makasların taşlanması büyük önem arz etmektedir. Yüzey sathı bozuk bir makas demiryollarında en büyük gürültüyü çıkaran ve vibrasyon üreten elemandır. Yüzeydeki basma yüzeyi bozuk olan makaslarda tren geçişi ile tahrik olan bağlantı malzemeleri gevşer ve gürültü artar. Taşlama yapılmayan bir makasın burajında zamanla bozulduğu bilinmektedir. Günümüzde Avrupa'da yıllık trafik yükü 25- 30 MGT olan tramvay veya metro işletmeleri yılda bir kez makaslarına koruyucu bakım taşlaması yapmaktadır.

1.5. Araç içi ve dışındaki Gürültü ve Vibrasyon düzeyi düşürülür: Ulaştırma sistemlerinde konforlu seyahat için gürültü düzeyi 65 dB, tahammül bölgesi 65-75 dB, rahatsızlık bölgesi ise 75-120 dB olarak kabul edilmektedir. Ülkemiz için yukarıda verilen değerler olan 65dB-06:00-22:00 ve 55dB-22:00-06:00 olarak kabul edilmiştir. Bu kriterler eşliğinde başarılı bir taşlama çalışması sonrası özellikle dar yarıçaplı kurplarda 8~12 dB'lik ses azalması olur. Bu seviye aracın ortasından yerden 1 m yükseklikte ve sürücü kabininde pencereler kapalı iken yerden 1 m yükseklikte ölçülerek kaydedilir. Şekil 4 ve şekil 5'te İzmir'deki çalışmada önce ve sonrasında yaptığımız test sonuçları görülmektedir. Bu çalışmalar sırasında sadece eşdeğer ses basınç düzeyleri ölçülmemiş aynı zamanda frekans spektrumları da incelenmiştir. 100-1000 Hz arasındaki frekans bölgesinin konuşma aralığı olduğu bilindiğine göre 2 ölçüme dayanarak konuşma anlaşılabilirliğinin arttığı ölçümlerden gözlenmektedir.

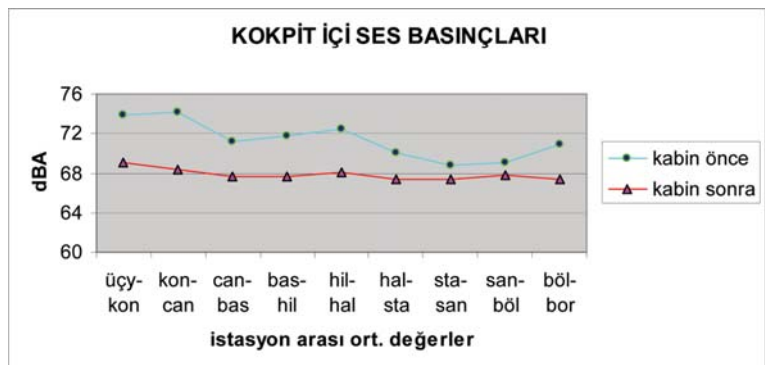
Çalışma 5,7 m çapında dairesel kesitli tünelde; tasarım ölçüleri R=250 m kurpta; L=199 m uzunluğunda 140 mm deverli yolda yapılmıştır. Haziran 2004 ve 2005'de bu bölgede yapılan çalışmada saatte 70 km/h hızla geçen sürücü kokpiti ve yolcu bölümünden elde edilen değerler 86.4 dBA ile 93dBA arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aynı bölgede 2006 Mayıs ayında yapılan bir çalışma ise 98.4 dBA'lık ortalama vagon içi için tespit edilen ortalama değerdir. Bölgedeki rayların mantar iç yüzeylerinde trafik yönüne doğru 45° açılı ve boyları 3mm ile 18mm arasında değişen kılcal çatlaklar (head-checks) vardır. Bunun yanı sıra pirinç taneleri boyutunda birbirini ardına kopan metal parçaları da tespit edilmiştir. Bu kesimdeki vibrasyonun ve gürültü miktarının artmasının sebebi budur. Taşlama operasyonu sonrası mantarın ekartman köşesinde biriken metal sıyrılacak ve profil bozukluğu giderilerek, yuvarlanma yüzeyi (running band) eski konumuna (20-25 mm) getirilip doğru teker-ray ilişkisi sağlanacaktır. Taşlama sonrası vagon içindeki ses 75 dBA seviyesine düşmüştür (şekil 5). Bu düzey gürültüye maruz kalma skalasında bir insanın devamlı 7,5-8 saat/gün dayanabileceği bir düzeydir. Bahsedilen kurptan trenin geçme süresi ortalama 10-13sn'dir.

İzmir'de 11 km'lik hat taşlanmış, İzmir metrosunda çalışan sürücüler arasında yapılan görüşmelerde tüm sürücüler gürültü ve vibrasyonun ortadan kalktığını onaylamıştır. Bu çalışmalar öncesi hattın gürültü düzeyi ölçülmüş vagon içi gürültü seviyesi 90-95 desibel olduğu ve bunun taşlama sonunda ~74-76 desibele indiği görülmüştür. Taşlama öncesi hattın tamamında boyuna ve enine ölçümler yapılmıştır.

Benzer çalışmalar İstanbul'da da yapıl-



Şekil 3 - Tüm çalışmalarda Brüel&Kjær analizör ve mikrofonları kullanılmıştır. Vagon içi ses basınçları,İZMİR 2006 Temmuz



Şekil 4 - Tüm çalışmalarda Brüel&Kjær analizör ve mikrofonları kullanılmıştır. Kokpit içi ses basınçları,İZMİR 2006 Temmuz

miş, İstanbul LRTS sisteminde yapılan ölçümlerde 11 dbA; Zeytinburnu tramvayında 9,5 dbA; İstanbul Metrosunda 12 dbA ortalama kazanç elde edilmiştir.

1. 6. Enerji tasarrufu sağlanır; Hatta oluşan ray kökenli hataların yakıt tüketimini veya daha fazla enerji harcadığı bilinmektedir. Maden cevheri taşıyan 25 ton dingil basıncına sahip trenlerde yapılan bir analiz sonrası derin genlikli ondülasyonların ortalama %3-4 daha fazla enerji tükettiği anlaşılmıştır. Bu tip ondülasyonlar raya gelen basıncı artırır ve üstyapı malzemelerine de zarar verir. Kısa dalgali ve ortalama 1 mm derinliğindeki ondülasyonlar üzerinde yapılan incelemelerde hızla bağlı olarak 3 kat daha fazla enerji harcadığı Avrupalı taşlama firmaları tarafından saptanmıştır.

1. 7. Ray taşlamanın BURAJ bakımına katkısı ve diğer üst yapı malzemeleri yararları; Rayların taşlanması sayesinde traversler, bağlantı malzemeleri de korunmuş olur. Ray taşlama çalışması dinamik yükleri azalttığı için hat stabilizesi korunur buna paralel buraj ihtiyacı azalır. Taşlama ve burajın birlikte veya birbirinin ardından yapılmasının daha iyi sonuçlar verdiği kanıtlanmıştır. Aksi takdirde taşlama yapılmayan rayda varolan ondülasyonlar vibrasyonu artırır buda yapılan buraj bakımının hızlı bozulmasına sebep olur.

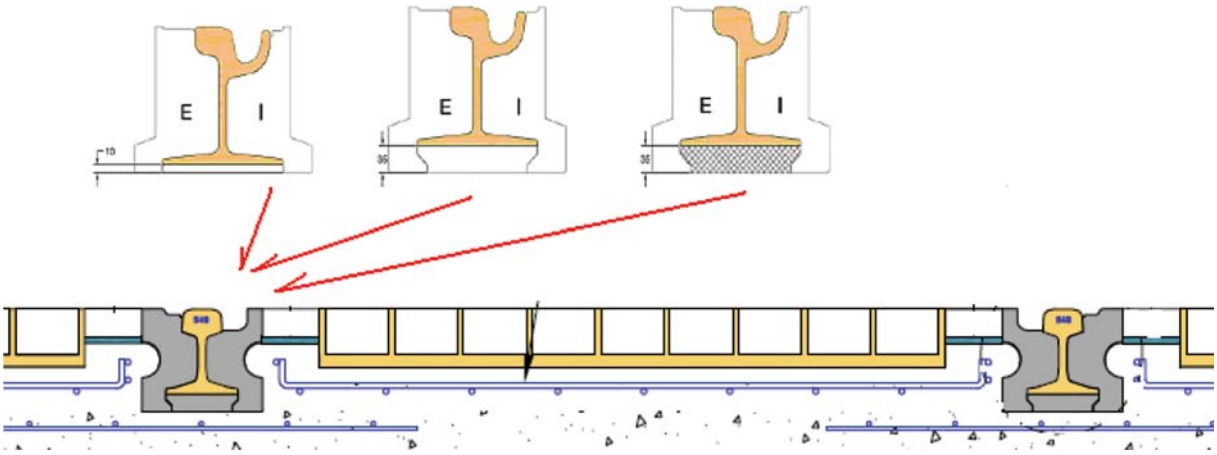
Ray taşlamanın faydalarını birkez daha tekrar edersek ,rayın faydalı ömrünü maximize etmesi,yakıt tasarrufu sağlaması,ray geometrisini koruması,üstyapı bakım maliyetlerinin azalması ve gürültü düzeyinin düşürülmesine sebep olur.Unutmamalıdır ki araştırmalar geç kalınmış bir taşlamada- ray kaybının dışında extra fazla enerji harcanır,vibrasyonlar yakın yapıları rahatsız eder, yolcu konforu düşer, üstyapı malzemeleri zarar görür,bir sonraki bakım çalışmanız olan burajın verimliliği düşer.

2. Gömülü Ray Sistemleri

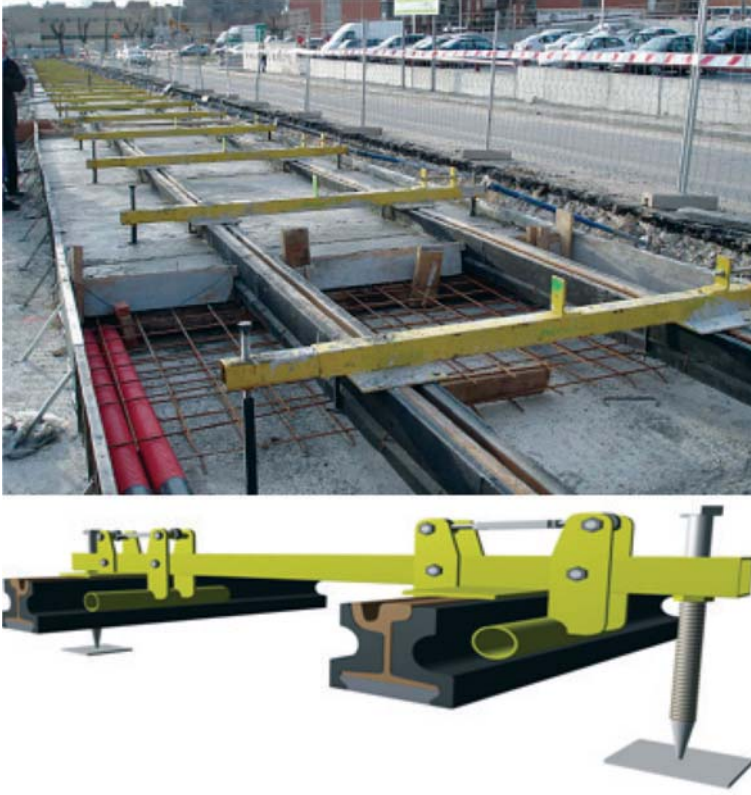
Son 15 seneden bu yana Avrupa ve Uzakdoğu'da çok sık kullanılan bir raylı sistem yapım metodu olan balastsız üstyapı uygulamalarını farklı inşaat metotları ile irdelemek mümkündür. Bu uygulamaların odağında da "ceket veya kapsülasyon sistemi" olarak tabir edilen, yüksek kalitede rayı saran ve çevreleyen reçine bazlı kauçuk malzemeler vardır. Bu malzemenin rayın etrafında kullanılmasının en önemli nedeni, gürültü, vibrasyon ve kaçak akım izolasyonudur.

Gürültünün daha odağında yok edilmesini ve vibrasyonu durdurmayı tasarlayan bu mantık özelliklerle kent içi ulaşım yapan sistemlerde tercih edilir.

"Bağlantı malzemesiz sürekli ekartman ayarlı" sistemler Avrupa'nın şu anda kullandığı en hızlı gömülü ray inşaat metodudur ve özellikle tramvay sistemi inşaatlarında kullanılmaktadır. Ses ve vibrasyon izolasyonu ray etrafındaki "kauçuk ceket" ve alttaki ekstra ped ile en üst seviyededir. Ceket 3 parçadır ve en alt parçanın kalınlığı 10mm ile 35 mm arasında proje ihtiyaçlarına ve yerleşim yerlerinin yakınlığına göre değişir Bağlantı malzemelerinin olmayışı inşaat hızını artırır ve ilerideki olası bakımları minimize eder. (fastener-less embedded system).



Şekil 5 - Ray kapsülasyonu, ray etrafında reçine esaslı kauçuk kaplıdır. Farklı kaplama seçenekleri üstte verilmiştir. Bu yöntemle ray izolasyonu sağlandığında ve bağlantı malzemeleri kullanılmadığında vibrasyon ortadan kalkmaktadır.



Şekil 6 - Bağlantı malzemesiz ekartman ayarlı sistem (Gauge support fixation,GSF)



Şekil 7 - İstanbul Tarihi yarımada da Unesco dünya miras listesinde yer alan Çemberlitaş Bizans kolonu sürekli kiriş sistemi ile sönümlenmiştir. Yaklaşık 1500 yıllık Bizans kolonuna 5 m uzaktaki hattan gelen tüm zararlı etkiler minimize edilmiş ve üst kaplama asfalt seçilmiştir. Prefabrik kirişlerin içinde özel kauçuk kapsülasyon bulunmaktadır.

Tablo 1 - 54 metrede yapılan iyileştirme sonuç tablosu Ölçüm istasyonunun 24 metre ve 12 metre öncesi ve sonrasında da ölçüm alınarak fark anlaşılmasına çalışılmıştır. İstasyonda ise 6 m sık aralıkla yerden 1,5 metre yukarıdan ölçüm alınmıştır.

Ölçüm istasyonu	klasik -dbA	gömülü-dbA	Fark -dbA
m1-24m	74,4	73,2	1,2
m2-12m	72,5	70,4	2,1
m3-0 m	72,2	57,1	15,1
m4+6m	71,9	57,6	14,3
m5+12m	71,8	57,3	14,5
m6+18m	71,6	57,9	13,7
m7+24m	72	57,8	14,2
m8+30m	71,7	57,9	13,8
m9+36m	72,1	57,8	14,3
m10+42m	71,9	57,1	14,8
m11+48m	72,1	57,8	14,3
m12+54m	71,8	57,5	14,3
m13+66m	73,1	73,5	0,4
m14+78m	74	74,7	0,7

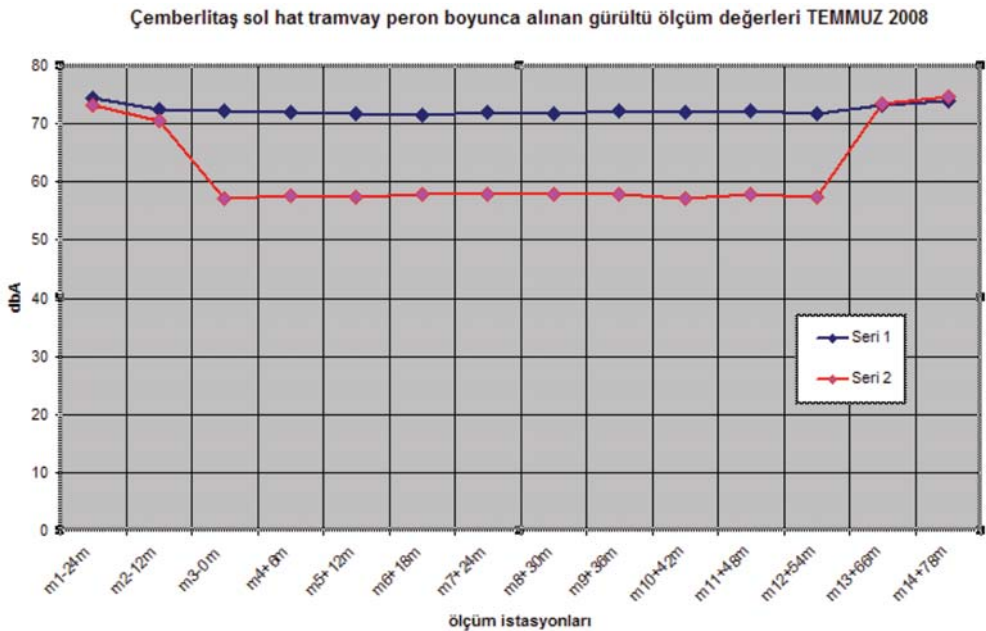
Avantajları arasında gürültü seviyelerindeki kazanç ön plana çıkmaktadır.

1. Kolay montajları (günde 120m-144 m'lik döşeme hızı)
2. En düşük seviyede gürültü -15 dbA kazanç, > -20 dBV. Kazanç 63,80,100,120 Hz ,1/2 oktav bant.
3. Günlük montajda max 12 hat işçisi+ 2 kaynakçı.
4. Minimum inşaat kalınlığı (245 mm'ye varan) sayesinde daha az toprak işi, zaman ve para tasarrufu.
5. Mükemmel kaçak akım izolasyonu (EN 50122-2 +A1 normuna uygun).
6. Yüksek yatay stabilite.
7. Her hava koşulunda montaj (Örnek: Oslo veya Barselona)
8. Kanıtlanmış sürekli destek sayesinde daha yavaş ondülasyon gelişimi.

38 mm. çaplı galvaniz destekler, M12 cıvatalı masarlı düzenek sayesinde ekartman devamlı korunmaktadır. Beton döküldükten sonra düzenek kolaylıkla çıkarılır, rayın etrafındaki ceket betonun içinde kalır. Bu sistemin Fransa, İspanya, Belçika,

İtalya, Polonya, Almanya, Portekiz ve Yunanistan'da 480 km uygulaması bulunmaktadır. Günde 120 -144 metre yol döşeyerek zamandan ve maliyetten tasarruf edilebilir. Tüm sistem 12-14 kişilik bir yapım grubuyla uygulanabilir. 10 km'lik tek hattı sadece 90 günde trafığe açmaya hazır hale gelen klasik sistemlerde 10 km'lik tramvay inşaatı 450-550 gün sürmektedir.

Tablo 2 - Tramvayda yapılan iyileştirme sonucu ortalama 14,33 DbA kazanç elde edilmiştir. Bu değer kentin yoğun kalabalık olan bu noktasında dahi farkındalığı son derece tetikleyecek bir değerdir. Ölçümler gündüz 08:00-08:15-08:30'da ve akşam 17:00-17:15-17:30'da yapılmış ve ortalamaları alınmıştır.



Bu sistemler önceden tesiste veya sahada çelik kalıplar içinde hazırlanan kirişlerin içinde tamamen reçine esaslı kauçuk ile kaplı ray sistemleridir. Uzunlukları ortalama 6 m ile 18 m arasında değişir. Bu sistem sayesinde yaklaşık 20 dBA kazanç elde edilir. Çok pratik montaj yapılır ve özellikle vibrasyonun kötü etkisi nedeniyle Avrupa'da tarihi binaların veya yapıların olduğu yerlerden geçen sistemler bu sistemler ile değiştirilir. Ülkemizde de Çemberlitaş ve Taksim yanından geçen tramvay hattında bu şekilde bir korumaya gidilmiştir. Kirişler 9m uzunluğunda toplam uzunluğu 54 m'lik sistemlerdir. En pratik uygulama ise kirişlerin yerleştikten sonra dökülen beton sonrası; ister yine beton, asfalt, blok taş, doğal veya yapay çimenle kaplanabilir. Bu sistemin en büyük avantajlarından biri de yapım sırasında trafiğe ara verilmesinin gerekmesidir.

Makaslarda elastikiyet ve vibrasyon önleyici sistemler

Bilindiği gibi makaslar demiryollarında en yüksek gürültüyü çıkaran elemanlardır, bu sebeple makasları da gürültü kirliliğine karşı izole etmek gereklidir. Ceket sistemi ile elastik reçine esaslı kauçuk kaplanan makaslar yerinde 18-20 dbA'e varan fayda elde edildiği görülmüştür. Sistemin montajı fabrika ortamında yapılır ama sahada sonuç edilmesi mümkündür makasın tümü uygun kalınlıktaki (25mm ile 65mm kalınlığında)kauçuk ceketle kaplanır. Şekil 8 'de görülen makas Avrupa 'da İspanya, İngiltere, Belçika, Hollanda, İtalya ,Macaristan 'da kentiçi taşıma sistemlerinde ve kentçiindeki demiryollarında kullanılmaktadırlar.

Bu hatlarda yapılan ölçümlerin asfaltı patlamamış-gergi çubukları kırılmamış noktalara göre 7,7 dBA daha fazla gürültü yaydığı ölçümlerle saptanmıştır. Bu noktalarda oluklu rayın daha fazla aşındığı da saptamalar arasındadır.

Üstyapı ve altyapıda elastik malzeme kullanımı ileride karşılaşmak istemeyeceğimiz büyük sorunları minimize etmektedir. Bu yöntem, inşaat bütçelerini zorlamayacağı gibi ileride karşılaşılabilecek büyük makineli bakımları da azaltır, inşaat maliyetlerini bağlantı malzemeli sistemlere %5 ila %20 arası düşürür. Montajı pratik olan proje zamandan da km başına %15-25 kazanım sağlıklar. Bakım maliyetlerini yarı yarıya düşüren bu uygulama yolcuya uluslararası standartlara uygun yolculuk imkanı ve konforunu da sağlar.

Günümüzde özellikle Avrupa ve Uzakdoğu'da başarılı yüzlerce örneği olan elastikten üretilen malzemelerin üstyapıda kullanılması veya balastsız üstyapı sistem inşaatlarında kullanılan elastik reçine esaslı kauçuk sönümleyiciler, şartnameler ve yönetmeliklerle kanuni bir zorunluluk olma yolunda ilerlemektedir. Kentlerdeki ana arterlere yakın tarihi eser niteliğindeki yapıların vibrasyondan arındırılması, eski omurgalarına raylı sistemin zararlı yan etkilerinin aktarılmaması şarttır. İstanbul ve tarihi dokuların özellikle yoğun olduğu diğer yerlerde, kent içine sarkan demiryollarının ana



Şekil 8 - Atölye ortamında reçine esaslı kauçuk ceket ile kaplanan basit makas



Şekil 9 - Klasik yapım yöntemleri ile yapılan hatlarda (Fransız ve Alman sistemleri ile yapılmış) zamanla üstyapı sorunları yaşamaya başlamış, aşırı vibrasyon ve tasarım hataları sebebiyle bozulan yollardan derlenen örnekler görülmektedir. Bu tip hatlarda üst tabaka ne olursa olsun (üstte asfalt kaplamalar) trafiğe bağlı 20-25 MGT sonunda sorunların ortaya çıktığı, gergi çubuklarının asfaltın içinde kırıldığı, yolun ekartmanının bozulduğu, ray altı taşlarının titreşim ve vibrasyon nedeniyle yerinden oynadığı gözlemlenmiştir.

hatlarında, eski çelik köprülerde, tünel ve platformlarda, metro ve hafif raylı sistemlerde, tünel ve viyadüklerde elastik çözümlere gidilmesi gürültü ve vibrasyonun önlenmesi açısından doğal bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Ses Perdeleri

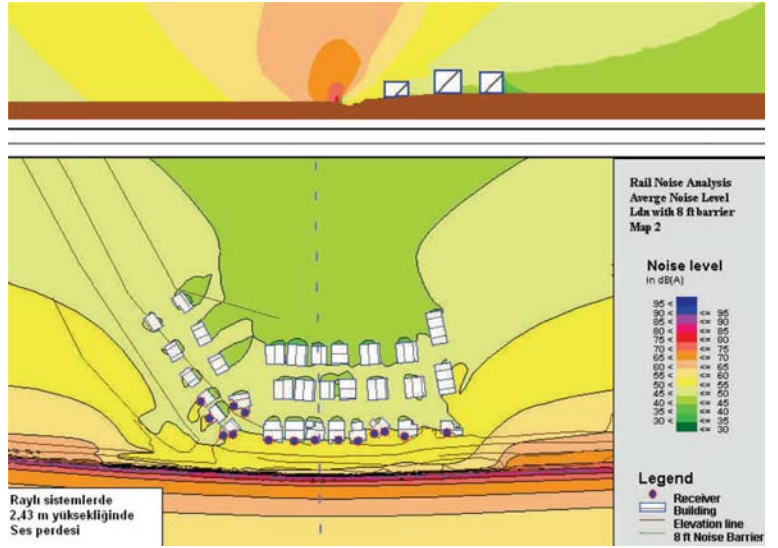
Kent içi raylı sistemlerin yarattığı gürültüyü azaltmak için kullanılan bir başka önlem paketi olan ses perdeleri ülkemizde raylı sistemler için oldukça yenidir. Çok farklı yapılar ve malzemeler ile tasarlanabilen ses perdelerinin transparan olanları da görselliğin artması açısından yoğun olarak kullanılmaktadır. Ses de tıpkı ışık gibi her yerden yansıdığı için bu perdelerin genel mantığı örtücü şekilde olmalıdır. Kısa ve tek düzlemli perdeler gürültüyü tam kapatamazlar.



Şekil 10 - Solda çelik karkası olan bir ses perdesi ve sağda konut bölgesinde yapılan bir çalışma görülmektedir.

Günümüzde daha çokça karayollarında rastladığımız ses perdelerini Avrupa'da, Amerika'da ve Uzakdoğu'da demiryolları ve viyadükler boyunca ve özellikle istasyonlardaki pasajlarda veya büyük hollerin etrafında görmek mümkündür. Ses perdeleri özellikle tekerlekten kaynaklanan keskin sesler için kullanılırlar.

Farklı kalınlıklarda 10mm-15mm-20mm kalınlıklarında transparan malzemenin üretilirler. Ray seviyesinden 2-3,5 m yüksekliğinde hattın her iki yanına montajları gerçekleştirir veortalama 8dbA ile 15 dbA arası kazanım elde edilir.



Şekil 11 - Farklı renk indikasyonları ile haritalanmış bir demiryolu iyileştirme projesi. 2,43metre yüksekliğinde ses bariyeri kullanılmıştır.

Sonuç

Bu çalışmada Raylı Sistemlerin neden olduğu gürültü ve vibrasyonu önlemek için uygulanan 3 farklı metottan ve bu metotların yararlarından bahsedilmiştir. Yazıya konu olan ray taşlama, gömülü ray sistemleri-bağlantı malzemesiz hat imalatları ve ses perdeleri günümüzde en çok kullanılan raylı sistem gürültü ve vibrasyonu önleme biçimleridir.

Bu metotlardaki enstrümanların kullanılması raylı sistem işletmecileri açısından son derece önem arz etmektedir. Hali hazırda tüm Avrupa ve Amerika, Çin, Tayvan, Japonya ve Avustralya'da kullanılmaktadır. İşletmelerin en önemli ögesi olan yolcuların yolculuklarının konfor içinde geçmesinin sağlanması bu yöntemlerin aktif olarak kullanılmasından geçmektedir. Ayrıca bu çalışmada bahsedilmeyen farklı tasarımlar ve projeksiyonlarla da gürültü ve vibrasyon önenebilir.

Sırası gelmişken bu ve raylı sistemi ilgilendiren konularda ülkemizde de arge'ye yönelik çalışmalara teşvik verilmesi milli ve kamu yararına olacaktır. Özellikle Raylı sistemler üzerine sadece araştırma ve geliştirme faaliyetleri yapacak akademik çalışmalarla milli sanayiye destek verecek yol gösterici, destekleyici bir onay makamı olması gerekliliğini de bu makalede yazmadan geçmek istemedik. Önümüzdeki 10-15 sene içinde ülke sathında 6000 km hızlı demiryolu imalatı projelendirilmekte bazı yabancı ülkelerle bu konularda işbirliği ve iyi niyet anlaşmaları imzalanmaktadır. İMO olarak üyelerimizin bu çalışmaların daima merkezinde olması ve uzman bir danışma kurulu oluşturulması önümüzdeki 2023 ve 2035 vizyonunu yakalamak adına şart hale gelmiştir.

Kaynakça

- 1- Candemir, Ilgaz, (2004) Gürültü ölçümü CEL-368, tr No:329, IM
- 2- Candemir, Ilgaz, (2005) Hızlı Raylı Sistemlerde Taşlama Çalışmasının Önemi,Değerlendirilmesi ve Türkiye'deki Örnekleri, 6.Ulaştırma Kongresi, pp: 426-439
- 3- Candemir, Ilgaz,(2008), Metro ve Demiryollarımızdaki Gürültü ve Vibrasyon Problemlerinin Başlıca Çözüm Yöntemleri ve Güncel Örnekler, Türkiye Akustik Derneği Kongresi, Bildiriler Kitabı