



A research on comparison of elevator traffic analysis methods in educational buildings

Dostcan Deligöz^{1*}, Timuçin Harputlugil²

¹Department of Architecture, Faculty of Architecture, İzmir Institute of Technology, 35430, Urla, İzmir, Türkiye

²Çankaya University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 06530, Çankaya, Ankara, Türkiye

Highlights:

- Importance of Dynamic Simulations for Elevator Traffic Design
- Comparative analysis of traditional and modern methods for elevator traffic analysis
- Elevator system design recommendations for educational buildings

Keywords:

- Elevator Traffic Analysis
- Elevator Traffic Calculation
- Simulation
- Education Buildings

Article Info:

Research Article

Received: 17.03.2022

Accepted: 24.12.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1089591

Acknowledgement:

This research is based on the dissertation of Dostcan Deligöz named "Developing Strategies For User-Oriented Optimization of Vertical Circulation Systems in Intensive Use Buildings" supervised by Timuçin Harputlugil. The authors would like to thank Çankaya University for their valuable contribution to the research funded by the Çankaya Univ. Scientific Research Projects unit under the project number MF.20.006.

Correspondence:

Author: Dostcan Deligöz
e-mail:
dostcan.d@gmail.com
phone: +90 541 678 4299

Graphical/Tabular Abstract

With the research, potentials of the dynamic simulation method -compared to traditional method- in the elevator traffic design of the educational buildings are evaluated (Table A).

	Poor (AWT)(s)	Average (AWT) (s)	Good (AWT)(s)	Scenario 1			Scenario 2			Scenario 3		
				P.S.	M.S.	H.S.	P.S.	M.S.	H.S.	P.S.	M.S.	H.S.
1	+50	30	20	25	25	27	63	89	148	462	615	998
2	+60	50	40	25	25	27	63	89	148	462	615	998
3	+40	40	30	25	25	27	63	89	148	462	615	998

1- Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) Guide D 2015 (Educational and Office Buildings)
2-Chamber of Mechanical Engineers of Turkey Publication (Educational and Office Buildings)
3- Chamber of Mechanical Engineers of Turkey Publication (Educational and Public Buildings)
P.S.- Primary School / S.S.- Secondary School / H.S.- High School
AWT-Average Waiting Time (During any 5 minutes period)
s.- Second

Table A. Maximum waiting time during any 5 minutes period and longest permitted waiting times

Purpose:

Regarding elevator design in educational buildings; It is aimed to investigate the legal framework, to integrate dynamic simulation programs to design process, to compare traditional and dynamic simulation methods, to evaluate the adequacy of elevator features specified in the legislation and to determine the optimum scenarios according to the minimum requirements.

Theory and Methods:

Based on the findings of the literature review, which examines the issue of elevator traffic analysis together with the legislation and regulations, the carrying capacities of the elevators in the educational buildings designed by the Ministry of National Education (MNE) are tested. The stability of the system is tested by analyzing the conditions where only the disabled, disabled and building workers can be used together and all building users can use the elevators with the dynamic simulation method (with Elevate Software). The limits of the system are determined based on the waiting times during the peak usage periods. The findings of the study are evaluated according to the waiting times determined by CIBSE Guide D and the Chamber of Mechanical Engineers followed by the discussion of the outcomes.

Results:

The issue of elevator design has been overlooked in educational buildings, and a comprehensive elevator traffic analysis method has not been defined. For the effective use of all occupants, elevator design should be handled comprehensively with considering potentials of dynamic simulation method.

Conclusion:

According to the findings of the study, it is noted that the number and capacity of elevators in the legislation for educational buildings are determined only for minimum conditions and for disabled users. In addition, the legislation (considering calculation methodology) is not specific for educational buildings but related with buildings in general with public use. Considering the occupants, and their profiles of the educational buildings, a more comprehensive traffic analysis with the dynamic simulation method may enable the elevators to be designed and to be used more efficiently.



Eğitim yapılarında asansör trafik analizi yöntemlerinin karşılaştırılmasına yönelik bir araştırma

Dostcan Deligöz^{1*}, Timuçin Harputlugil²

¹İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 35430, Urla, İzmir, Türkiye

²Çankaya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 06530, Çankaya, Ankara, Türkiye

ÖNEÇIKANLAR

- Asansör trafik tasarımında dinamik simülasyon programlarının önemi
- Asansör trafik analizinde geleneksel ve modern yöntemlerin kıyaslamalı analizi
- Eğitim yapıları için asansör sistem tasarımı önerileri

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 17.03.2022

Kabul: 24.12.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1089591

Anahtar Kelimeler:

Asansör trafik analizi,
asansör trafik hesabı,
simülasyon,
eğitim yapıları

ÖZ

Eğitim yapıları gün içinde yoğun kullanıcı hareketinin görüldüğü umumi binalardandır. Düşey dolaşımda ağırlıklı olarak merdiven kullanılsa da asansör bulunması da yönetmelikler tarafından zorunlu tutulmaktadır. Konu ile ilgili standartlar ve yönetmelikler incelendiğinde eğitim yapılarında bulunması gereken asansörlerin kabin sayısı ve kapasitesinin tespiti için açıklanan kapsamlı bir analiz yöntemine veya bir izleneye rastlanmamıştır. Yapılan çalışmada önemli bir tasarım problemi olan asansör tasarımı; literatür araştırması bulgularına göre asansör trafik analizi açısından incelenmekte ve Milli Eğitim Bakanlığı'nın (MEB) yapı kataloğunda bulunan okullar üzerinden de hipotetik olarak değerlendirilmektedir. Hem matematiksel hesaba dayalı geleneksel yöntem, hem de dinamik simülasyon programı yardımıyla yapılan modern yöntemlere göre farklı kullanıcı profillerine göre asansör trafik analizleri yapılarak yapılarıdaki asansörlerin taşıma kapasitesi incelenmektedir. Analiz sonuçları, asansör trafiği açısından önemli kabul edilen Ortalama Bekleme Süresi (OBS) açısından değerlendirilerek, sistemlerin limitleri belirlenmektedir. Çalışma kapsamında incelenen hipotetik senaryolara ait trafik analizi sonuçlarına göre; mevzuattaki asgari şartların yalnızca engelli kullanıcıların asansör kullanımı göz önünde bulundurularak belirlendiği, diğer kullanıcıların asansör kullanım olasılığının ise değerlendirilmediği görülmüştür. Eğitim yapıları için mevzuatta belirtilen asansör sayısı ve kapasitelerinin ağırlıklı engelli kullanıcı sayısı gözetilerek değerlendirildiği görülmektedir. Tüm kullanıcıları kapsayan detaylı bir asansör trafik analizi yapıldığı yönünde bir bulguya rastlanmamıştır.

A research on comparison of elevator traffic analysis methods in educational buildings

HIGHLIGHTS

- Importance of dynamic simulations for elevator traffic design
- Comparative analysis of traditional and modern methods for elevator traffic analysis
- Elevator system design recommendations for educational buildings

Article Info

Research Article

Received: 17.03.2022

Accepted: 24.12.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1089591

Keywords:

Elevator traffic analysis,
elevator traffic calculation,
simulation,
educational buildings

ABSTRACT

Educational buildings are public buildings where highly dense pedestrian traffic is seen during the daytime. Although stairs are mainly used in vertical circulation, the presence of an elevator is also required by the regulations. However, when the relevant standards and regulations are observed, a comprehensive analysis method or agenda procedure detailed to determine the number and capacity of the elevator/s for the education building has not been noticed. With the research, elevator design, which is an important design problem, is examined in terms of elevator traffic analysis according to the literature review findings and is also hypothetically evaluated through the schools listed in the building catalog of the Ministry of National Education (MNE). According to both the traditional -based on mathematical calculations- and the modern method -with the help of dynamic simulation program-, elevator traffic analyzes are carried out based on different user profiles, and the carrying capacity of the elevators are tested in the buildings selected. The results of the analysis are evaluated in terms of the Average Waiting Time (AWT), which is considered important for elevator traffic, so that the limits of the system/s are determined. Based on the traffic analysis results of the hypothetical scenarios examined within the scope of the study; it has been observed that the minimum requirements in the legislation/s are determined only by considering the use of elevators due to disabled users, while the possibility of using elevators of the others is not evaluated. It is noticed that the number of elevators prescribed in the regulations for educational buildings and their capacities are examined with disabled users in mind. There was no evidence that a detailed elevator traffic analysis of all users was conducted.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *dostcan.d@gmail.com, tharputlugil@cankaya.edu.tr / Tel: +90 541 678 4299

1. Giriş (Introduction)

Yapılarda dolaşım alanı, insanların mekânlar arasındaki ilişkilerini mümkün olan en az enerjiyle, en kısa zamanda ve en rahat şekilde sağlayan mekanlar olarak tanımlanabilir [1]. Yapı içinde ise yatay ve düşey doğrultulu olmak üzere 2 tip dolaşım görülür. Bitgood [2] yatay dolaşımı, aynı yükseklikteki mekanlar arasındaki ulaşımı sağlamak olarak tanımlarken; koridor, giriş holü, lobi gibi geçiş alanları da yatay dolaşımı sağlayan araçlar olarak kabul edilebileceğini belirtmektedir. Sarı [3] düşey dolaşım elemanlarını rampa, merdiven, yürüten merdiven ve asansör olmak üzere 4 sınıfa ayırmaktadır. Barney ve Al-Sharif [4] düşey dolaşımın amacını; insanların yapı içinde, hızlı, güvenli, ekonomik bir şekilde farklı kotlar arasındaki ulaşımın sağlanması olarak tanımlarken, Batosalem vd. [5] asansörlerin bu amacı yerine getirmedeki katkısını da göz önünde bulundurarak yapılarda yaygın olarak tercih edildiğini vurgulamaktadır. İki veya daha fazla seviye arasında hizmet veren yolcu veya yük taşıma amaçlı kullanılabilen 15 derece veya daha fazla düşey eğime sahip platformlar olarak tanımlanan asansörler [6], yapılarda uzun yıllardır önemli bir düşey dolaşım elemanı olarak tercih edilmektedir. Kat yüksekliklerinin ve sayısının artması da asansörlerin yapı elemanı olarak önemini daha da artırmış ve günlük hayatta yapıların ayrılmaz bir parçası haline gelmesine katkı sağlamıştır. Yapılarda uygulanacak asansörlerin seçiminde ise; yapı türü, binanın işlevi, kullanıcı profili, kullanım yoğunluğu gibi standart ve yönetmeliklerdeki kriterler göz önünde bulundurularak yapılan asansör trafik hesabı rol oynamaktadır. Literatürde asansör kullanımı ve asansör tasarımı ile ilgili çalışmaların ise çok katlı yapılarda asansör kullanımı üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Yapılan hesaplamalar da çok katlı ofis yapıları üzerinden geliştirilmiştir [4]. Yerli literatürde ise asansör tasarımı ile ilgili konular incelendiğinde çok katlı yapılar üzerine yapılan çalışmaların ağırlıklı olduğu tespit edilmiştir. Çolakoğlu vd. [7] tarafından yapılan çalışmada bu çalışmada da kullanılan Elevate programı ile çok katlı binalardaki asansör sistemlerinin tasarımı için karar destek modeli üzerine çalışılmıştır. Az katlı binalar üzerine yapılan çalışmalar ise son derece sınırlıdır. Asansör tasarımı deyince akla çok katlı yapılar gelse de az katlı yapılarda da asansör ihtiyacı bulunmaktadır. Özellikle engelsiz tasarım anlayışı doğrultusunda tüm bireylerin yapayı aynı ölçüde özgürce kullanabilmesi adına eğitim binaları da dahil olmak üzere tüm umumi binalarda asansör bulunması gerekmektedir. Konu, standart ve yönetmeliklerde de belirtilmektedir. Bu da sadece çok katlı yapılarda değil, az katlı yapılar umumi yapılardan olan eğitim yapılarında da asansör kullanımını kaçınılmaz hale getirmektedir.

Eğitim yapıları işlevsel özellikleri, farklı yaş ve fiziksel özelliklerdeki kullanıcı sayıları, düşünüldüğünde yoğun kullanımlı yapılardan bir tanesidir. Bu kullanım, düşeyde yoğun bir kullanıcı hareketini de beraberinde getirmektedir. Yapı türündeki düşey dolaşım için yoğun bir merdiven kullanımı öngörülmektedir [6]. Evrensel tasarım ilkeleri göz önünde bulundurulduğunda ise fiziksel engelli kullanıcıların yapayı rahatça kullanabilmesi adına asansörler zorunluluk halini almaktadır.

Eğitim yapılarındaki asansörlerin düzenlenmesine ilişkin yasal çerçeve incelendiğinde, mevcut imar yönetmeliğinde umumi bina kapsamında ele alındığı görülmüştür. Bu kapsamda da umumi binalarda beklenen tek katlı olmayan binalarda asgari ölçüleri sağlayacak şekilde en az 1 asansör, zemin üzeri 3' ten fazla kata sahip yapılarda ise en az 2 adet asansör bulunması gerekliliğinin eğitim yapıları için de geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır [8]. Her ne kadar asansörlerin sayı ve kapasitelerinin ihtiyaca göre ilgili idare tarafından artırılabilmesi ilgili yönetmelikte belirtilse de eğitim yapılarında asansör sayılarının ve kapasitelerinin belirlenmesi için kullanılacak kapsamlı bir izlenecek rastlanılmamaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı (Aim and Scope)

Elde edilen kaynak taraması bulgularına göre üniversite öncesi eğitim yapılarındaki asansör tasarım koşullarının incelenerek dinamik simülasyon yöntemiyle değerlendirildiği çalışma aşağıdaki hususlar amaçlanmaktadır:

- Asansör tasarımına ilişkin yönetmeliğin incelenerek yasal çerçevenin ortaya konması.
- Asansör kullanımını zorunlu kılan faktörlerin değerlendirilmesi.
- Simülasyon yönteminin incelenen yapı türündeki asansör trafik analizine entegrasyonu.
- Yapı türü özelinde dinamik simülasyon yöntemi ile geleneksel asansör trafik analiz yönteminin kıyaslanması.
- Mevzuat tarafından belirlenen asansör tasarım şartlarının yeterliliğinin değerlendirilerek mevcut şartlara göre yapılmış bir asansör tasarımının taşıma kapasitesinin tespit edilmesi.
- Asansör sisteminin gerektirdiği asgari şartları sağlayacak optimum kullanım senaryosunun belirlenmesi.

Bu kapsamda eğitim yapılarında asansör tasarımına ilişkin mevzuat ve yasal çerçeve teorik olarak incelenmektedir. Söz konusu teorik bulgulara göre de Milli Eğitim Bakanlığı'na (MEB) bağlı İnşaat Dairesi Başkanlığı tarafından 2020 yılında basılan yapı kataloğundaki 24 derslikli ilkökul, ortaokul ve lise tip projeleri asansör tasarımları açısından analiz edilmektedir. Söz konusu projelerin seçiminde, izin verilen en yüksek kat sayısına sahip olması (zemin üzeri 3 kat), sıklıkla uygulanmaları tercih sebebi olmuştur. İncelenen projelerin asansörleri, farklı kullanıcı özelliklerine göre oluşturulmuş hipotetik senaryolar üzerinden alternatif kullanım şartları altında sınımlanmaktadır. Yapılan inceleme kapsamında sınımlanmış hipotetik senaryolarda asansör trafik analizleri; sadece engelli, engelli ve okul personeli, tüm yapı kullanıcılarının kullanımı üzere 3 farklı senaryoda sistemin dayanımının ölçülmesine göre yapılmaktadır. Analizler sonucunda, mevzuatta belirtilen asgari koşulları sağlayan bir sistemin taşıma kapasitesi belirlenmekte ve asgari şartların limitleri tartışılmaktadır. Çalışmada yapılan asansör trafik analizlerinde hem geleneksel yöntemlere göre hem de dinamik simülasyon yöntemine göre taşıma kapasitesi sınımlanmaktadır. Asansör trafik analiz yöntemlerinin karşılaştırılması ve dinamik simülasyon programlarının eğitim yapılarındaki asansörlerin tasarımına entegrasyonu da bu kapsamda incelenecek konulardandır.

Çalışma için eğitim yapı türünün seçilmesinde, kısıtlı ders arası süresince yoğun kullanıcı hareketine sahip olması ve yapı tipine ait asansör tasarımı için detaylı bir analiz yöntemine ulaşılamaması da etkili olmuştur. İncelenen yapıların seçiminde ise, bakanlık bünyesinde tasarlanması, eğitim yapıları için tip proje olarak öneriliyor olması ve önerilen projelerde minimum asansör sayısına rağmen kullanıcı yoğunluğunun yüksek olması etkindir.

Çalışmada yapılan analizler Covid-19 salgını öncesindeki normal kullanım koşullarına göre yapılmış olup sosyal mesafe koşullarında kabin kapasitesi ve ders periyotlarının salgın sürecindeki şartları göz ardı edilmiştir. Asansör trafiğini etkileyecek tüm değişkenler yapılan kaynak taraması bulgularına göre elde edilen veriler ile MEB tarafından kabul edilen koşullara göre oluşturulmuştur.

1.2. Çalışmanın Yöntemi (Method)

Çalışmada, eğitim yapılarındaki asansör tasarımına ilişkin elde edilen kaynak taraması verileri hipotetik senaryolar üzerinden farklı yöntemlere göre yapılan asansör trafik analizlerine göre incelenmekte ve konunun yasal çerçevesi değerlendirilmektedir.

- İlk aşamadaki yapılan kaynak taraması ile eğitim yapılarında asansör tasarımı ve konuyla ilgili yasal düzenlemeler irdelenerek, asansör trafik analizi ve kullanılan yöntemler üzerinde durulmaktadır. Eğitim yapılarında bulunması gereken asansörlere yönelik kapsamlı bir analiz yönteminin literatürde veya mevzuatta açıklanmadığı bu aşamada tespit edilmiştir. Her ne kadar literatürde asansör tasarımı ile ilgili yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak çok katlı binalar incelenmiş olsa da az katlı umumi binalar için de asansör kullanımı bir zorunluluktur. Bu çalışmada da az katlı umumi yapılardan olan eğitim binalarındaki asansör tasarımı ve yeterliliği incelenmiştir. Bu yapılarda asansör düşey dolaşım için öncelikli olarak kullanılsa da az katlı yapılarda da asansör kullanımı bir zorunluluktur. Bununla birlikte eğitim yapısı asansörlerinde aranan şartlar da belirlenmektedir. Kaynak taramasının ikinci aşamasında ise asansör trafik analizinin nasıl ve neleri kapsayacak şekilde yapıldığı, hangi yöntemlerin kullanıldığı üzerinde durulmaktadır.
- Çalışmanın 2. aşamasında elde edilen kaynak taraması bulguları ve mevcut yönetmelikteki eksik görülen yerler göz önünde bulundurularak MEB eğitim yapıları özelinde incelenecek yapılar ile analizlerde kullanılacak malzemeler ve uygulanacak yöntem aktarılmaktadır.
- 3. aşamada, araştırma kapsamında yapılan asansör trafik analizleri üzerinden mevzuattaki tasarım koşullarının dayanımı değerlendirilerek asansör sistemine ve gerçek hayattaki kullanımı üzerinde durulmaktadır. Hem matematiksel hesaba dayalı ve Makine Mühendisleri Odası (MMO) tarafından da tanımlanan geleneksel yöntemlere göre, hem de dinamik simülasyon yöntemiyle kapsamlı bir şekilde yapılan asansör trafik analizleriyle, seçilen MEB eğitim yapılarının farklı kullanım senaryoları altında sistemin dayanımı ve taşıma kapasitesi ölçülerek bir tartışma yürütülmektedir. Analiz sonucunda ulaşılan değerler Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) Guide D ve MMO tarafından hazırlanan Asansör Avan Projesi Hazırlama Teknik Esasları'nda belirtilen eğitim yapıları için izin verilen azami süreler açısından da değerlendirilerek asansör sayısına göre seçilen MEB eğitim yapılarına ait optimum strateji de belirlenerek sistemin limitleri tespit edilmiştir.
- Sonuç bölümünde ise çalışma bulguları göz önünde bulundurularak mevzuattaki eksik görülen yerler aktarılmakta, mevzuatta geçen ve eğitim yapıları için önerilen asansör sayılarının gerçek durumdaki kullanımı ne kadar karşılayabildiği değerlendirilmektedir. Ayrıca eğitim yapılarının asansör tasarımında dinamik simülasyon kullanımının katkısı üzerinde de durulmaktadır.

2. Literatür İncelemesi (Literature Review)

Literatür incelemesi kapsamında, eğitim yapılarında asansör kullanımı, asansörlerin genel özellikleri ve sınıflandırılması, Türkiye'deki asansör kullanımını düzenleyen mevcut mevzuatlar ve yasal çerçeve, asansör trafik analizi ve analiz yöntemleri konuları ele alınmaktadır.

2.1. Eğitim Yapılarında Asansör Kullanımı ve Yasal Düzenlemeler (Regulations And Legislations For Usage of Elevators for Educational Buildings)

MMO tarafından [9] asansörler, farklı düşey düzlemler arasında yatay düzlemle arasında 15°'den daha fazla açığa sahip olan kılavuzlar

boyunca hareket eden bir taşıyıcıya sahip insan, insan ve yük, yük veya özel amaçlı; kullanıcı tarafından kolay ulaşılabilir kontrol mekanizmasına sahip tertibatlar olarak tanımlanmaktadır.

Yapılarda kullanılacak asansörler, yapı türüne ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırılmaktadır. Bu kapsamda asansörler 6 farklı sınıfta incelenmektedir [9]. Bu sınıflandırmaya göre kullanılacak asansörlere ilişkin kapasite, hız ve kullanım amacı verileri ise Tablo 1'de verilmektedir.

MMO tarafından hazırlanan 2018 tarihli Asansör Durum Raporu'nda [9] 1. ve 6.sınıf asansörler için bina içi trafik hesabına ilişkin zorunluluk belirtilmiştir. 2.sınıf asansörler için ise bina içi trafik hesabına bakılmaksızın kapasitesinin belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. 3, 4, 5.sınıf asansörler için ise trafik hesabı gerekliliği ile ilgili herhangi bir bilgi verilmemiştir.

07.07.2005 tarih 25868 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan 5378 numaralı Engelliler Hakkında Kanun'un 3.maddesinin f bendinde erişilebilirlik tanımlanmakta ve madde 7'de erişilebilirlik standartlarına uygunluğun sağlanması gerektiğinden bahsedilmektedir [10].

Bu kapsamda söz konusu kanun uyarınca MEB'in 9648 sayılı 17.12.2009 tarihli Fiziksel Engelliler İçin Okul Binalarında Yapılması Gereken Düzenlemeler başlıklı genelgesinde, eğitim yapılarında fiziksel engelli öğrenciler için yapılması gereken değişiklikler açıkça belirtilmiştir. Bu genelge ile rampa ve merdivenlere ilişkin düzenlemelerle birlikte asansörlerin özellikleri de net bir şekilde açıklanmıştır. Asansörlerde birden fazla katlı eğitim yapıları için tekerlekli sandalyedeki kullanıcı ve refakatçisi için kapasitesi en az 630 kg, kabin ölçüleri ise en az 129,5 cm-173,0 cm olacak şekilde fiziksel engelli asansörü yapılması zorunlu tutulmuştur [11].

2015 yılında basılan Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu'nda [12] ise yapılarda bulunması gereken asansörlere dair uyulması gereken standartlar belirtilerek aşağıdakiler belirtilmektedir.

İlgili kanun, yönetmelik ve mevzuatlara göre, katlar arası erişim için kolay ulaşılabilir bir yerde 1 adet fiziksel engelli asansörünün bulunması. Asansörlerin acil müdahalelerde sedye kullanımına da olanak verecek şekilde tasarlanması.

Çağırma ve kontrol butonlarının nasıl ve nereye yerleştirilmesi.

Bilgi panelinde görme ve işitme engellilere göre yardımcı araçların kullanılması.

Aynı kılavuzda eğitim yapısının niteliğine göre kabul edilen maksimum kat sayıları ise Tablo 2'deki gibi belirlenmiştir.

Kat yükseklikleri ise bodrum kat olan eğitim yapılarında bodrum kat yüksekliği 4,50m, zemin ve normal kat yüksekliği 4,00 m; bodrum kat olmayan yapılarda ise zemin kat 4,50 m, normal katlar ise 4,00 m olarak belirlenmiştir [12].

Tablo 1. Kullanım Amacına Göre Asansörler (Elevator Classes)

	Yapı Türü	Kapasite(kg)	Hız(m/sn)	Sayı ve Kapasite
1. Sınıf	Konut	320-1000	0.6-1.6	Bina İçi Trafik Hesabı
2. Sınıf	Umuma Açık Kullanım	630-1275	0.4-2.5	-
3. Sınıf	Sağlık Merkezi (Sedye)	630-5000	0.25-2.5	-
4. Sınıf	Yük (İnsan+Yük)	630-5000	0.25-2.5	-
5. Sınıf	Servis (Sadece Servis)	40-250	0.15-0.6	-
6. Sınıf	Yüksek Yapı (20+ katlı)	1275-2000	2.5-6.0	Bina İçi Trafik Hesabı

Tablo 2. Eğitim Yapılarında İzin Verilen En Yüksek Kat Sayısı
(Maximum Permitted number of Floors For Educational Buildings)

Eğitim Yapısı Tipi	Kat Sayısı
Anaokulları	Bodrum+Zemin+1 kat
İlkokul	Bodrum+Zemin+2 kat*
Ortaokul	Bodrum+Zemin+3 kat
Lise	Bodrum+Zemin+3 kat
Öğrenci Pansiyonları	Bodrum+Zemin+5 kat
Özel Eğitim Okulları	Bodrum+Zemin+1 kat*

*Zorunlu hallerde 1 kat daha yapılabilir.

2017 yılında güncellenen Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde [8] asansörler, madde 34'te ele alınmıştır. Bu madde ile asansörün kat veya m²'ye göre hangi koşullarda zorunlu olduğu, kabin ve kapı ölçüleri, uyulması gereken standart, en az bulunması gereken kabin sayısı, kuyu özellikleri, yapı tipine göre göz önünde bulundurulması gereken faktörlere göre ele alınarak yapıdaki düşey dolaşım ve asansör tasarımının hangi azami koşulları ve mimari özellikleri taşıması gerektiği üzerinde durulmaktadır. Söz konusu maddede eğitim yapılarını da kapsayan umumi binalar için 800m²'ye kadar olan ve kat sayısı 3'ten fazla olmayan binalar için en az 1, kat alanı 800m²'den büyük veya 3'ten fazla kata sahip yapılar için en az 2 asansör zorunlu tutulmaktadır. Ayrıca asansörlerin erişilebilirlik koşullarını sağlaması gerektiği belirtilerek konunun engelsiz tasarım ilkeleri açısından da ele alınması gerektiği belirtilmektedir.

2.2. Asansör Trafik Analizi (Elevator Traffic Analysis)

Asansör ve yürüten merdiven gibi düşey dolaşım elemanlarındaki, kullanıcı hareketlerinin (ortalama kullanıcı bekleme süresi, sefer süresi, vs.), istatistikî özelliklerinin belirlenmesi işlemine trafik analizi, bu analiz için yapılan hesaplamalara ise trafik hesabı adı verilir [6]. Yapıda kullanılacak asansörlerin sayı ve kapasitelerinin belirlenmesinde de asansörler için yapılacak trafik hesabı ve analizler belirleyici olmaktadır.

Türkiye'de asansör trafik hesabı ve analizi konusunda 14.06.2017 tarih ve 30096 sayılı Resmi Gazete 'deki Asansörlerin Tasarımına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Tebliğ'in 5. Maddesi hükümlerinin güncel olarak uygulandığı tespit edilmiştir. Söz konusu 5.maddede konu; asansör trafik hesabının hangi koşullarda, kim tarafından ve neleri kapsayacak şekilde yapılacağı yönlerinden ele alınmıştır [13].

24638 sayılı 12.01.2002 tarihli "Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Makina Mühendisleri Odası Asansör Mühendis Yetkilendirme Yönetmeliği" ne göre yetki belgesi Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) MMO tarafından verilmektedir [14]. Yetki belgesi için MMO tarafından verilen eğitimlerde de yine oda tarafından basılan yayımlar kaynak olarak kullanılmaktadır. Bu kaynaklardan "Asansör Avan Projesi Hazırlama Teknik Esasları" isimli kılavuzda asansör trafik analizinin nasıl yapılacağı açıklanmaktadır. Açıklanan yöntemle göre yapıda bulunması gereken asansör sayısı, sistemin niceliği ve niteliği açısından değerlendirilerek izin verilen en uzun bekleme süresine göre tespit edilmektedir [15].

Küresel ölçekte geçerliliği bulunan CIBSE tarafından yayımlanan Guide D [6] ise dünyada asansörler için her yönüyle bir kılavuz olarak kullanılmaktadır. Bu kılavuzda asansör trafik hesabı; 5 dakikalık kullanım kapasitesini belirleyen sistemin niceliği ve kullanıcı bekleme süresi ile lobilerde oluşan yoğunluğun göz önünde bulundurulduğu sistemin niteliğine göre hesaplanmaktadır. Bir dizi matematiksel hesaba dayanan bu yöntem, söz konusu 2 kritere göre yapıdaki asansörlere yönelik ihtiyacın tespitinde ve asansör sistemine karar verilmesinde tasarımcılara yol göstermektedir.

2.2.1. Trafik analizinde sistemin niceliği (Quantity of service for traffic analysis)

Asansör trafik analizi yapılırken, 5 dakikalık yoğun kullanım periyodundaki asansör kullanım kapasitesinin bulunabilmesi gerekmektedir. Bunun için de 4 adımlı bir hesaplama kullanılmaktadır [6].

2.2.1.1. Gidiş dönüş süresi (Round trip time)

Belirlenen periyotta, kabin kapısının ana terminalde açılmasından seferini tamamlayıp tekrar ana terminalde kapısını açılmasına kadarki geçen süreye denir (Eş. 1).

$$RTT = 2Ht_v + (S + 1)(T - t_v) + 2Pt_p \quad (1)$$

RTT : Asansörün bir seferi için gerekli Seyir Zamanı
H : Ortalama en yüksek dönüş katı
t_v : Katlar arası geçiş zamanı
S : Ortalama durak sayısı
T : Kabinin duruş başına zaman kaybı
P : İndirgenmiş kabin kişi sayısı (kabin kapasitesinin(p) %80'ine eşittir)
t_p : Kişi transfer zamanı

2.2.1.2. Pik Saatteki Kabin Geliş Aralığı (Up-Peak Interval Time)

Pik saatte kapasitenin %80'i oranında dolu varsayılan kabinlerle, ana terminale gelen 2 kabin arasındaki süreye denir (Eş. 2).

$$UPPINT = RTT/L \quad (2)$$

UPPINT : Hesaplanan bekleme süresi
RTT : Asansörün bir seferi için gerekli Seyir Zamanı
L : Gerekli asansör sayısı

2.2.1.3. Taşıma kapasitesi (Up-Peak period handling capacity)

Bir asansör sisteminin %80 doluluk oranında hesaplanan en yoğun trafik koşullarındaki, 5 dakikalık süre içinde taşıyabileceği toplam yolcu sayısıdır (Eş. 3).

$$UPPHC = 300P/UPPINT \quad (3)$$

UPPHC : 5 dakikada taşınan insan sayısı
P : İndirgenmiş kabin kişi sayısı (kabin kapasitesinin(PC) %80'ine eşittir)
UPPINT : Hesaplanan bekleme süresi

2.2.1.4. Bina nüfus yüzdesi (Percentage of population in building)

Binada, belirlenen 5 dakikalık periyot boyunca taşınan kullanıcı yüzdesidir (Eş. 4).

$$\%POP = UPPHC \times 100/U \quad (4)$$

%POP : 5 dakikada taşınan bina nüfus yüzdesi
UPPHC : 5 dakikada taşınan insan sayısı
U : Aktif kullanıcı sayısı

2.2.2. Trafik analizinde sistemin niteliği (Quality of service for traffic analysis)

Asansör sisteminin yolcu bekleme süresi açısından yolcu gözünden değerlendirilmesidir. 6 parametreye göre hesaplanmaktadır [6].

2.2.2.1. *H değeri (Value of H)*

Kabin kapasitesi ve ana durak üzeri kat sayısına bağlı ortalama en yüksek dönüş katıdır (Eş. 5).

$$H = N - \sum_{i=1}^{N-1} (i/N)^P \quad (5)$$

H : Ortalama En yüksek dönüş katı
N : Ana durak üzeri kat sayısı
P : İndirgenmiş kabin kişi sayısı (kabin kapasitesinin(PC) %80'ine eşittir)

2.2.2.2. *S değeri (Value of S)*

Kabin kapasitesi ve ana durak üzeri kat sayısına bağlı ortalama durak sayısıdır (Eş. 6).

$$S = N \left(1 - \left(1 - \frac{1}{N}\right)^P\right) \quad (6)$$

S : Ortalama durak adedi
N : Ana durak üzeri kat sayısı
P : İndirgenmiş kişi sayısı (kabin kapasitesinin (PC) %80'ine eşittir)

2.2.2.3. *Ortalama yolcu sayısı (Average number of passengers)*

Kabin kapasitesinin %80'i oranındaki kabindeki ortalama yolcu sayısına denir (Eş. 7).

$$P = 0.8 \times PC \quad (7)$$

P : İndirgenmiş kişi sayısı (kabin kapasitesinin(PC) %80'ine eşittir)
PC : Maksimum kabin kapasitesi

2.2.2.4. *Tek kat geçiş süresi (Single floor flight time)*

Asansörün durmadan 1 katı geçme süresidir. Kat yüksekliği ve asansörün hızına bağlıdır (Eş. 8).

$$t_v = \frac{d_f}{v} \quad (8)$$

t_v : Katlar arası geçiş zamanı
 d_f : Katlar arası yükseklik
 v : Kabin hızı

2.2.2.5. *Performans süresi (Performance time)*

Kabinin komşu 2 katın bir tanesinde kapılarını kapatmaya başlaması ile diğerinde kapısını 80 cm açması arasında geçen süredir (Eş. 9).

$$T = t_f(1) + t_{sd} + t_c + t_o - t_{ad} \quad (9)$$

T : Kabinin duruş başına zaman kaybı
 $t_f(1)$: 1 kat geçiş zamanı
 t_{sd} : Kapı kapanma gecikmesi
 t_c : Kapı kapanma zamanı
 t_o : Kapı açılma zamanı
 t_{ad} : Gelişmiş kapı açılma zamanı

2.2.2.6. *Yolcu transfer süresi (Passenger transfer time)*

1 yolcunun kabine binerken veya ayrılırken geçirdiği ortalama süreye denir (Eş. 10). Kabin ölçüsü, kapı boyutu, yapı tipi ve yoğunluğu gibi

değişkenlerden etkilenebileceği gibi; kullanıcının yaşı, cinsiyeti, fiziksel engel durumu gibi değişkenlere bağlı olarak da değişiklik gösterebilir.

$$t_p = \frac{t_1 + t_u}{2} \quad (10)$$

t_p : Yolcu transfer süresi
 t_1 : 1 yolcu biniş süresi
 t_u : 1 yolcu iniş süresi

2.2.3. *Asansör trafik analizi ve hesaplama yöntemleri (Elevator traffic analysis and its calculation methodologies)*

Asansör trafik hesabı ve analizi sistemin niceliği ve niteliğine bağlı faktörler göz önünde bulundurularak geleneksel yöntem ve dinamik simülasyon yöntemi olmak üzere 2 farklı yöntemle yapılmaktadır [6].

Geleneksel yöntem; üstte de yer alan servisin niteliği ve niceliğinin ele alındığı formlere göre asansör trafik analizinin manuel veya bilgisayarda hesaplanarak yapıldığı analog yöntemdir. Uzun yıllardır asansör trafik analizinde tercih edilen bu yöntem kullanıcı gözünden izin verilen bekleme süresine göre sistemin yeterliliğini sınamaktadır [6]. Sistemin niceliği 4 adımda, sistemin niteliği ise 6 adımda hesaplanarak asansörlerin taşıma kapasitesi ölçülmektedir.

Dinamik simülasyon yöntemi; hem geleneksel yöntemde de göz önünde bulunduran servisin niteliği ve niceliğini hem de yapı tipi ve kullanım amacına göre farklı değişkenleri de göz önünde bulundurabilen yöntemdir. 40 yıla yakın süredir kullanılan bu yöntem ile kurgulanan senaryo birden fazla kez sınanabildiği için hem hata payı minimize edilmekte hem de analiz sonuçları karşılaştırılabilmektedir [6].

Çiftlikli ve Tartan 2018 yılında yaptığı çalışmada simülasyon programlarını, asansör firmaları tarafından geliştirilen ticari ürünler ve araştırmacılar tarafından kullanılan geliştirilen programlar olarak iki grupta incelemiştir [16].

İlk grupta yer alan dinamik simülasyon programlarından; Kone firmasına ait Building Traffic Simulator (BTS), Peters Research firmasına ait Elevate, Mac Puar firmasına ait SimMP, Ad Simulo ticari amaçla geliştirilen programlara örnek olarak verilebilir. Bu örneklerden, BTS ve SimMP asansör firmaları için geliştirilmiş ve günümüzde de ticari amaçla kullanılmakta olan programlardır. Elevate ve Ad Simulo ise ticari olmakla birlikte piyasada ve akademik araştırmalarda da kişiler tarafından kullanılabilir. İkinci grupta yer alan programlar ise çeşitli düzeylerdeki araştırmacıların geliştirdiği ve geliştiricilerinin akademik amaçlı kullandıkları programlardır [16].

3. **Malzeme ve Yöntem (Material and Method)**

Çalışma kapsamında analiz edilecek yapılarda yer alan asansörler, kamuya açık kullanım amaçlı asansörler olup 2. sınıfta değerlendirilmektedir (Tablo 1). 2005 yılında yayımlanmış olan 5387 numaralı Engelliler Hakkında Kanun uyarınca engelli kullanımına uygunluk doğrultusunda erişilebilirlik standartlarına uygunluk aranmaktadır. Ayrıca 2009 yılında 9648 sayılı kararı uyarınca birden fazla katlı eğitim yapılarında tekerlekli sandalyeli kullanıcı ve refakatçisinin kullanımına uygun olmak üzere en az 129,5 cm-173,0 cm ölçülerinde 630 kg kabin kapasitesine sahip asansörün uygulanması gerekliliği de mimari tasarımda dikkate alınmıştır. Tüm yapılar zemin üzeri 3 katlı olup ayrıca bodrum kata sahiptir. Yapılar imar yönetmeliği kapsamında tasarlanmıştır ve 1'er adet asansör bulundurmaktadır.

3.1. Analiz Edilecek Örnek Eğitim Yapıları (Educational Building to Analyze)

Çalışma kapsamında incelemek üzere MEB bünyesindeki İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı tarafından yayımlanan 2020 yılına ait tip proje kataloğundan 24 derslikli ilkökul, ortaokul, lise yapıları örnek olarak seçilmiştir [17] (Şekil 1). Okul yapılarının seçiminde uygulanma sıklığı, kat sayısının izin verilen en fazla sayıda olması önemsenmiştir.

3.1.1. İlkokul (Primary School)

Seçilen 24 derslikli MEB.İÖ.24.BZ3.20*36.BT.2020 proje kodlu ilkökul bina projesi, 720 öğrencinin kullanım ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca bu 24 dersliğin dışında müzik, resim, fen derslikleri gibi özel amaçlı derslikler; kütüphane, kantin, yemek salonu, ve idari birimler de yapı projesinde bulunmaktadır. Bodrum kat ve zemin kat üzerine 3 katlı olacak şekilde tasarlanan proje 693 m² taban oturumludur. Toplamda ise 3463 m² kullanım alanına sahiptir. Yapı projesinde 3 adet merdivenin yanı sıra 1 adet de asansör bulunmaktadır (Şekil 2) [17].

3.1.2. Ortaokul (Secondary School)

Seçilen 24 derslikli MEB.OO.24.BZ3.20*36.BT.2020 proje kodlu ortaokul bina projesi, 720 öğrencinin kullanım ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca bu 24 dersliğin dışında müzik, resim, fen derslikleri gibi özel amaçlı derslikler, teknoloji tasarım atölyesi, kütüphane, kantin, yemek salonu, beden eğitimi salonu ve idari birimler de yapı projesinde bulunmaktadır. Bodrum kat ve zemin kat üzerine 3 katlı olacak şekilde tasarlanan proje 693 m² taban oturumludur. Toplamda ise 3463 m² kullanım alanına sahiptir. Yapı projesinde 3 adet merdivenin yanı sıra 1 adet de asansör bulunmaktadır (Şekil 3) [17].

3.1.3. Lise (High School)

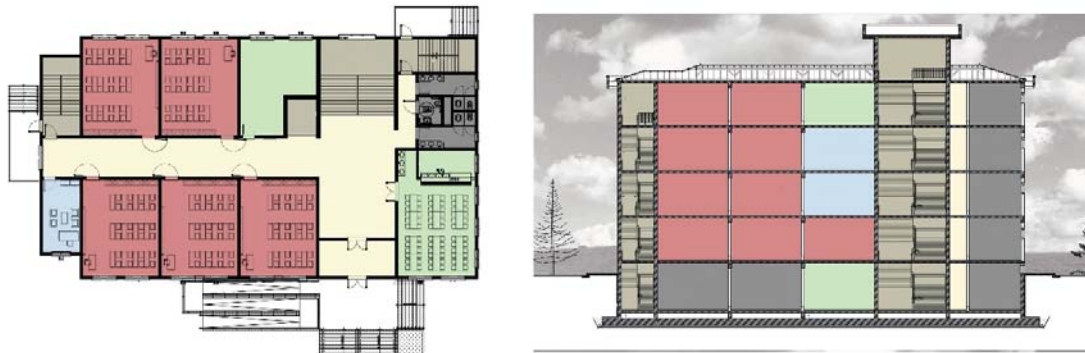
Seçilen 24 derslikli MEB.Li.24.BZ3.20*36.Bt.2020 proje kodlu lise bina projesi, 720 öğrencinin kullanım ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca bu 24 dersliğin dışında müzik, resim derslikleri; fizik, kimya biyoloji laboratuvarları; kütüphane, kantin, yemek salonu ve idari birimler de yapı projesinde bulunmaktadır. Bodrum kat ve zemin kat üzerine 3 kata sahip olacak şekilde toplam 5 katlı olarak



Şekil 1. Sınamak Üzere Seçilen Eğitim Yapılarına ait Görseller; Soldan sağa ilkökul, ortaokul, lise (Educational Building Figures Which is Chosen for Case Study; Left to Right Primary School, Secondary School, High School)



Şekil 2. MEB.İÖ.24.BZ3.20*36.BT.2020 Kat Planı ve Kesiti (Typical Floor Plan and Section)



Şekil 3. MEB.OO.24.BZ3.20*36.BT.2020 Tip Kat Planı ve Kesit (Typical Floor Plan and Section)

tasarlanan proje 711 m² taban oturumludur. Toplamda ise 3553 m² kullanım alanına sahiptir. Yapı projesinde 3 adet merdivenin yanı sıra 1 adet de asansör bulunmaktadır (Şekil 4) [17].

3.2. Analizde Kullanılacak Değişkenlerin Belirlenmesi (Determining the Variables to be Used in the Analysis)

24 derslikli bir ilkokulda, öğretmenler, müdür ve yardımcılardan oluşan idari kadro, yardımcı ve destek personel, kantin ve yemekhane çalışanları da öğrenciler dışında sürekli olarak bulunan kişilerdir. Tekli eğitimin verildiği bir okulda yaklaşık 720 öğrenci, 50 de çalışan kişi olduğu varsayılırsa 770 kişinin gün içinde düzenli olarak yapıyı kullandığı öngörülebilir.

Çalışmada baz alınacak engelli sayısı belirlenirken T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından yayımlanan bültende [18], yürümekte veya merdiven kullanmakta zorluk yaşayanların oranı %3,3 olarak tespit edilmiştir. 3 ve daha yukarı yaştakileri kapsayan bu veri, çalışma kapsamında senaryoların oluşturulması aşamasındaki engelli öğrenci sayılarının belirlenmesinde de kullanılmıştır. Ayrıca aynı bültende MEB için zorunlu tutulan %3 engelli istihdamı, öğretmen ve diğer çalışan sayılarında da kabul edilmiş ve sözü edilen engellerin tümünün asansör kullanımını zorunlu kılacak fiziki engeller olduğu varsayılmıştır.

Tüm bu öğrenci, çalışan ve engelli sayılarına göre sınırlanacak senaryolarda asansör kullanacağı öngörülen kullanıcı sayıları Tablo 3'teki şekliyle kabul edilmiştir.

Yapı tipi göz önünde bulundurulduğunda trafik analizinde önemli bir kriter olan kullanıcı ağırlığı kullanıcının yaş dağılımına göre değiştiği ve genelde kabul edilen değerlerden daha düşük olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle okullara göre öğrencilerin ağırlık hesaplamasında yaş gruplarına göre bir değerlendirme yapılmış ve Neyzi vd. [19] tarafından yapılan araştırmada tespit edilen verilere göre, Tablo 4'teki ortalama kullanıcı ağırlıkları bulunmuştur.

Bu hesaplama yapılırken öğrenci ağırlıklarında; ilkokul öğrencileri için 6 ve 9 yaş grubuna ait kız-erkek çocuk ağırlıkları ortalaması

(24,75 kg), ortaokul öğrencileri için 12 yaş kız-erkek çocuk ağırlık ortalaması (44,7), lise öğrencileri için ise 15-17 yaş kız-erkek çocuk ağırlık ortalaması (60,95) olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4. Senaryolara Göre Ortalama Ağırlık
(Average Weight of Users by Scenarios)

	İlkokul (kg)	Ortaokul (kg)	Lise (kg)
Senaryo 1	29	47,4	62,41
Senaryo 2	62	68,5	74,3
Senaryo 3	28,3	47	62,2

Çalışanlar için ise asansörlerin bilgilendirme panolarında da belirtilen 80kg değeri ortalama yetişkin ağırlığı olarak kabul edilmiştir. Ayrıca ilkokul öğrencilerinin yaşları dolayısıyla asansörü tek başlarına kullanmalarının uygun olmaması sebebiyle 1 yetişkinin de her seferde refaketchi olduğu varsayılmıştır. Ortalama kullanıcı ağırlığı toplam kullanıcı sayısındaki grupların oranına göre belirlenmiştir. Fiziksel engelli kullanıcıların kullandığı ekipmanlar ağırlık hesabına dahil edilmemiştir. Tablo 5'te belirtilen zaman aralığına ait hareketli kullanıcılar bina nüfusuna oranlanarak verilmektedir.

Oluşturulan senaryolarda, 1 ve 2 senaryodaki kullanıcıların tenefüslerde tamamıyla hareketli olduğu ve merdiven kullanmadığı, senaryo 3'te ise merdiven kullanımının ortalama %75 olduğu ve %50 hareket öngörülmüştür. Merdiven kullanım oranında CIBSE Guide D'de verilen ve katlara göre kullanıcıların merdiven kullanma eğilimlerinin verildiği değerler temel alınmaktadır [6]. Giriş-çıkış saatlerinde ve öğle arasında her 3 senaryoda da tüm kullanıcıların kat değiştirdiği varsayılmış, ancak giriş-çıkış saatlerinde insanların tek yönlü hareketi olduğu için %100 kullanıma göre hesap yapılırken; öğle arasında gidiş ve dönüş olmak üzere 2 kez kullandığı için belirlenen periyotta %200 oranında bir kullanım olacağı öngörülmüştür. Ders saatlerinde ise senaryolara ve kullanıcılara göre farklı değerler belirlenmiştir. Bu değerler belirlenirken de 1.ve 3. senaryolarda öğrenci yoğunluğu fazla olduğu için ders saatindeki hareket düşük tutulurken çalışan ağırlığının fazla olduğu 2.senaryoda ders saatindeki hareket oranı daha yüksek varsayılmıştır.



Şekil 4. MEB.Li.24.BZ3.20*36.Bt.2020 Tip Kat Planı ve Kesiti (Typical Floor Plan and Section)

Tablo 3. Senaryolara Göre Olası Kullanıcı Sayıları (Potential Number Of Passengers By Scenarios)

Öğrenci Sayısı	720	720	720
Çalışan Sayısı	50	50	50
Engelli Öğrenci (%3.3)	≅24	≅24	≅24
Engelli Çalışan (%3)	≅2	≅2	≅2
	1.Senaryo (Engelli)	2.Senaryo (Çalışan ve engelli)	3.Senaryo (Tümü)
Olası Kullanıcı Sayısı	26	74	770

Zaman periyotları için trafik analizinde ise yine CIBSE GUIDE D’de yer alan eğitim yapıları ile ilgili kriterler dikkate alınmıştır. Ancak zaman aralıklarına göre yoğun kullanım periyotlarında trafik yönünün oranı ile ilgili eğitim yapıları özelinde bir veri bulunmamaktadır. Bu nedenle eğitim yapıları başlığındaki diğer veriler için kullanılabilen belirtilen ofis yapılarına ait özellikler ile literatürden alınan sayısal veriler temel alınarak trafik yüzdesi oluşturulmuştur [6, 20, 21] Ofis yapılarına ilişkin belirlenen ve yapılan hipotetik sınımalarda temel alınan kullanım yüzdeleri de Tablo 6’da verilmiştir.

Seçilen yapılara ait asansör trafik analizleri Peters Research firmasının geliştirdiği ve hem piyasada hem de akademik çalışmalarda kullanılan dinamik simülasyon programı Elevate ile yapılmıştır. Elevate; bina, yolcu, asansör, simülasyon ve o işe ait verilerin tasarımcı tarafından girilmesine imkan veren asansör kontrol ve trafik analiz programıdır. Elevate ile yapılan analizlerde;

- kabin, kullanıcı ve kapı hareketlerinin gözlemlenebilir,
- asansör yönünün anlık olarak takip edilebilir,
- zaman aralıklarına göre gelen giden kullanıcı sayılarının ve trafiğin özelleştirilebilir,
- merdiven kullanım faktörünün de göz önünde bulundurulabilir,
- farklı asansör sayı ve hızına ait verilerin sınımlanabilir [22].

Program aracılığıyla yapılan analizlere ait sonuçlar tablo ve grafikler ile dışarı aktarılabilir. Ayrıca analiz sonuçlarının yanı sıra yavaş ve hızlandırılmış simülasyon ile anlık olarak da gözleme imkanı sunar. Bu da girilen verilerden kaynaklanan bir sorun durumunda simülasyon sürecinin bitmesini beklemeden düzeltme şansı vermekte ve zaman kaybını önlemektedir [22, 23].

Senaryoda sınanacak yapılara ilişkin yapı kataloğundaki proje özelliklerine göre oluşturulan [17] “Bina Verileri”, projenin tasarlandığı dönemdeki yasal mevzuata göre oluşturulan [13] “Asansör Verileri”, yolcu hareketi ile ilgili ise CIBSE verileri [6] temel alınarak oluşturulan “Yolcu Verileri” Tablo 7’de verilmektedir. Söz konusu veriler yapılan analizlerde de kullanılmaktadır.

Asansör analizleri bu verilere göre aşağıdaki 3 farklı senaryoya göre yapılmıştır.

1. Sadece engellilerin kullandığı durum
2. Engellilerin ve tüm eğitim görevlilerinin kullandığı durum
3. Tüm bina kullanıcılarının kullandığı durum

Bu senaryolara göre de elde edilen veriler kıyaslanarak asansör analizi yapılarak en uygun senaryo belirlenmektedir.

Tablo 5. Senaryolardaki Kullanıcı Hareket Oranı (PassengerMovement Percentages of Scenarios)

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
Teneffüs	%200	%200	%100
Öğle Arası	%200	%200	%200
Ders Saatleri	%10	%20	%5
Giriş-Çıkış	%100	%100	%100
Merdiven Kullanımı	%0	%0	%75

Tablo 6. Zaman Periyotlarına Göre Kullanım Yüzdeleri (Elevator Usage Percentages By Time Periods)

	Gelen Kullanıcı	Giden Kullanıcı	Katlar arası Kullanıcı
Sabah Giriş (30 min.)	%85	%10	%5
Ders Saati (40 min.)	%40	%40	%20
Teneffüs (15 min.)	%45	%45	%10
Öğle Arası (50 min.)	%45	%45	%10
Akşam Çıkış (20 min.)	%10	%85	%5

Tablo 7. Senaryolarda Sabit Tutulacak Değişkenleri (Constant Variables in Scenarios)

Veri	İlkokul	Ortaokul	Lise	
Bina Verileri	Toplam Kat Sayısı	5	5	5
	Ana Durak Sayısı	1	1	1
	Ana Durak Üzeri Kat Sayısı	3	3	3
	Normal Kat Yüksekliği (cm)	400	400	400
	Taban Alanı	693	693	711
	Toplam Alanı	3463	3463	3553
Asansör Verileri	Asansör Sayısı	1		
	Hız	2.5 m/s		
	Kabin Alanı (m ²)	1.66 m ²		
	Kabin Kapasitesi (kg)	630 kg		
	Kabin Kapısı Açılma Süresi	1.5 sn		
	Kabin Kapısı Kapanma Süresi	2.0 sn		
	Kabin Kapısı Kapanma Gecikmesi	0.5 sn		
Kabin Türü	Tek Katlı kabin			
Yolcu Verileri	Yolcu Çıkış Süresi	1.2 sn		
	Yolcu Biniş Süresi	1.2 sn		
	Alan Kapasite Oranı	%100		
	Kütle Kapasite Oranı	%80		

Tablo 8. Zaman Periyotlarına Göre Kullanım Yüzdeleri (Elevator Usage Percentages By Time Periods)

	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
Geliş Gidiş Süresi (s.)	97,28	97,28	97,28
5 Dakikada Taşınan İnsan Sayısı	19,73	19,73	19,73
Gerekli Asansör Sayısı	0,25	0,78	7,3

Tablo 9. Elevate Analiz Verileri (Elevate Analysis Datas)

	Senaryo 1			Senaryo 2			Senaryo 3		
	İlkokul (İÖ)	Ortaokul (OO)	Lise (Lİ)	İÖ	OO	Lİ	İÖ	OO	Lİ
1. Periyot (s.)	183,1	186,6	192,3	132,0	134,9	141,6	118,6	112,1	100,0
2. Herhangi Bir 5 Dakikalık Periyottaki En Uzun Bekleme Süresi (s.)	25,1	25,1	26,9	63,4	88,6	147,6	462,1	615,1	998,1
3. Herhangi Bir 5 Dakikalık Periyottaki En Uzun Sefer Süresi (s.)	22,2	22,2	21,8	33,2	33,2	31,7	50,1	45,6	38,9
4. Ortalama Bekleme Süresi (s.)	16,3	17,2	18,2	38,7	49,6	83,0	239,2	343,1	412,7
5. Ortalama Sefer Süresi (s.)	18,4	18,7	19,2	26,2	26,8	26,3	43,4	40,7	33,7
6. Hedef Durağa Ortalama Varış Süresi (s.)	34,7	35,9	37,4	64,9	76,5	109,3	282,6	383,8	446,3

4. Değerlendirmeler ve Tartışmalar (Evaluations and Discussions)

Yaklaşık 26'sı engelli olmak üzere toplam 770 kullanıcı (720 öğrenci, 50 öğretmen ve diğer çalışan) üzerinden yapılan asansör trafik analizleri geleneksel yöntemde tanımlanan hesaba göre ve dinamik simülasyon yöntemine göre 3 farklı senaryo ve 3 yapı türü için de yapılmıştır.

Geleneksel yöntemde göre kullanıcı sayıları temel alınarak yapılan asansör trafik hesabı sonucunda her 3 senaryoya göre de bulunması gereken asansör sayıları Tablo 8'de verilmektedir.

Sadece engelli kullanımının öngörüldüğü senaryo 1 için mevzuatta geçen 1 asansörün yeterli olduğu görülmektedir. Engelli kullanıcılar ve çalışanların bir arada asansörü kullanabildiği senaryo 2'de de hesap sonucunda 1 asansörün yeterli olduğu bilgisine ulaşılmaktadır. Tüm yapı kullanıcılarının sistemi kullanabildiği senaryo 3'teki kullanım durumunda ise 7 asansör gerektiği tespit edilmiştir.

Dinamik simülasyon yöntemine göre yapılan asansör trafik analizler ise mevzuatta da belirtilen ve projede yer alan 630 kilogram kabin kapasiteli ve 2.5m/sn kabin hızına sahip sistemin (Tablo 7), yapı tiplerine ve farklı kullanımlara ait senaryolara göre (Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6) yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları Tablo 9'da verilmektedir.

Dinamik simülasyon sonucunda elde edilen verilere göre seçilen ilkökul, ortaokul ve lise yapılarında en büyük yoğunluğun teneffüs ve öğle arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5). Giriş-çıkış saatlerinde ise yoğunluk gözlemlense de teneffüs gibi kısa bir sürede yüksek bir kullanım yerine yaklaşık 30 dakikalık bir süreye yayılması bir dereceye kadar yoğunluğu azaltmaktadır. Ayrıca giriş ve çıkış saatlerinde yoğunluklu olarak yukarı veya aşağı tek yönlü trafik görülmekteyken teneffüs ve öğle arasında çift yönlü yoğun trafik görülmektedir. Bu da asansör sisteminden beklenen talebi, dolayısıyla da trafiği artırmaktadır. Ders süresinde ise sadece öğretmen, çalışan ve çok düşük bir öğrenci hareketinin görülmesi en düşük kullanımın bu zaman periyotlarında görülmesine sebep olmuştur.

İlkokul ve ortaokul yapılarındaki kullanıcıların kütle ve hacim özellikleri kabinlerin daha fazla kişi tarafından kullanılmasına sebep olmaktadır. Bu da kabinde daha fazla kişi olduğundan dolayı iniş biniş sürelerini etkileyerek sefer süresini ve periyodu (Tablo 9)

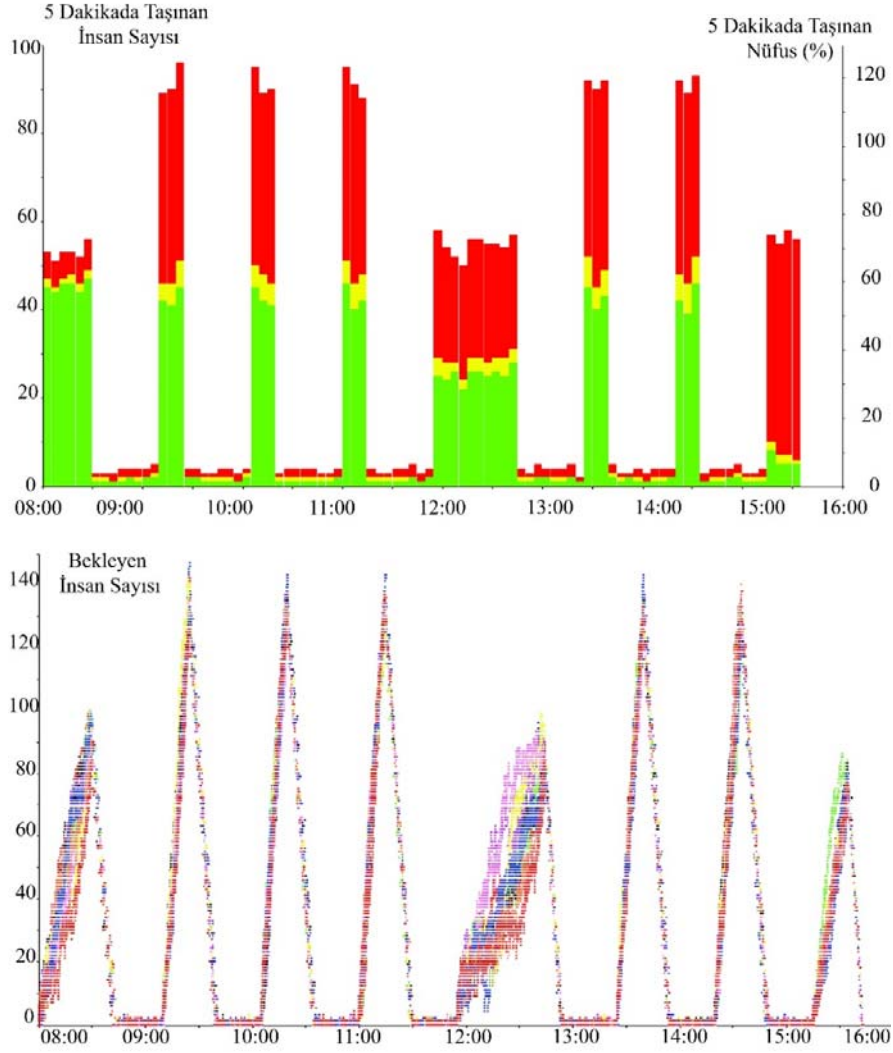
artırmaktadır. Ancak bekleme süreleri ve hedefe varış süreleri azalmaktadır. Bu da periyot ve sefer süresindeki artışa rağmen sistemin daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Bu da asansörlerde kullanıcı özelliklerinin asansör trafiğini doğrudan etkilediğini göstermektedir.

MMO ve CIBSE Guide D'den alınan, izin verilen en yüksek bekleme süreleri açısından senaryolar değerlendirilmiştir (Tablo 10) [6, 15].

- Sadece engellilerin asansörü kullanabildiği ilk senaryoda, her 3 yapıya ait asansör sisteminin de talebi karşılamakta yeterli olduğu görülmektedir. MMO'daki ofis ve kamu yapıları için izin verilen bekleme süreleri açısından sistem en iyi değerler senaryo 1'de sağlanmaktadır. Cibse Guide D'deki ofis yapıları için izin verilen bekleme süreleri açısından ise standart değer sağlanmaktadır.
- 2. Senaryo olarak sınanan engelli kullanıcılar ve çalışanların sistemi kullanmasına izin verilen durumda yapıdaki talep mevcut sistem ile karşılanamamaktadır. Hem MMO hem de CIBSE'de söz edilen izin verilen süreler mevcut sistem ve 2.senaryodaki kullanım şartlarında aşılmaktadır.
- 3.senaryo olan tüm yapı kullanıcılarının asansörleri kullanabildiği durumda ise izin verilen sürelerin çok üzerinde bekleme süreleri görülmektedir. Bu senaryoda tek kat için merdiven kullanım oranı ortalama %70 olmasına rağmen izin verilen süreler her iki kurum sınırlarının da üzerindedir.

Çalışma sonucunda yapılan asansör trafik analizleri, analiz yöntemlerinin birbirinden farklı sonuçlar verebildiğini ortaya koymakta ve mevzuattaki sayının yetersiz kalabileceğini gözler önüne sermektedir. Buna göre:

- Geleneksel yöntemde göre yapılan hesap senaryo 1 (sadece engelli kullanıcılar) ve senaryo 2 (engelli kullanıcı ve çalışanlar) şartlarında sistemin taşıma kapasitesi istenen değerleri sağlayabilmektedir. 3.Senaryo olan tüm yapı kullanıcılarının yapıyı kullanabildiği durumda geleneksel yöntemde göre 7 asansör gerektiği bilgisine ulaşılmıştır (Tablo 8).
- Dinamik simülasyon yöntemine göre yapılan analizlerde ise sadece senaryo 1'de (sadece engelli kullanıcılar) izin verilen değerler sağlanabilmektedir. Senaryo 2'deki ve senaryo 3'teki kullanım şartlarında ise sistemin yetersiz olduğu görülmüştür Tablo 9, Tablo 10).



Şekil 5. Saatlere Göre Yoğun Kullanım Periyotları ve Bekleyen Kişi Dağılımları
(Up/Down Peak Periods and Distribution of Waiting Passenger Per Hour)

Tablo 10. İzin Verilen ve Analiz Edilen Bekleme Süreleri (Permitted and Analyzed Waiting Time)

	Kabul Edilemez	Standart	İyi	Senaryo 1			Senaryo 2			Senaryo 3		
				İÖ	OO	LI	İÖ	OO	LI	İÖ	OO	LI
CIBSE Guide D Ofis	+50 s	30	20	25,1	25,1	26,9	63,4	88,6	147,6	462,1	615,1	998,1
MMO Ofis	+60 s	50	40	25,1	25,1	26,9	63,4	88,6	147,6	462,1	615,1	998,1
MMO Kamu Yapısı	+40 s	40	30	25,1	25,1	26,9	63,4	88,6	147,6	462,1	615,1	998,1

İlk senaryo ve 3.senaryoda iki yöntem de aynı sonucu verse de 2.senaryoda yöntemlere göre ulaşılan sonuçların farklı olduğu görülmektedir. Bu da kısıtlı değişkene göre matematiksel hesaba dayanan geleneksel yöntemin güvenilirliğinin sorgulanması gerektiğini göstermektedir.

- Mevzuatta belirtilen asansör sayıları açısından değerlendirildiğinde mevzuatta belirtilen sayının sadece engelli kullanıcılar göz önünde bulundurularak ve tüm umumî yapı türleri için genel olarak belirlendiği düşünülmektedir.

5. Sonuçlar (Conclusions)

Asansör kullanımı, kullanıcı konforu, engellilerin yapıyı rahat bir şekilde kullanabilmesi, yapının her alanının ulaşılabilir olması gibi

sebeplerden dolayı günümüzde kaçınılmaz bir gerekliliktir. Yapıda uygulanması gereken asansör sistemine karar verilmesi, sayı ve kapasitelerinin belirlenmesi ise farklı meslek dallarından uzmanların, birden çok faktörü bir arada değerlendirilmesi gereken bir tasarım sürecidir. Bu tasarım süreci ne kadar doğru gerçekçi analiz edilirse sistemin limitleri bilindiği için operasyon sürecinde de o derece katkı sağlar. Bu da tasarım aşamasında simülasyon kullanımının önemini göstermektedir. Doğru verilerle yapılan bir simülasyon yapının operasyon sürecine ilişkin birçok sorunun çok erken aşamalarda tespit edilebilmesinde ve önlem alınabilmesinde yardımcı olmaktadır. Asansör trafik analizi için geleneksel yöntemle hesaplama yerine yapılacak simülasyon da operasyon aşamasındaki durumu tasarımcıya gösterebilmekte ve buna göre yeni bir tasarım yapmak mümkün olmasa dahi alternatif kullanım stratejilerinin belirlenmesinde ve tüm

kullanıcıların yapıyı mümkün olan en yüksek verimle kullanabilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada incelenen eğitim yapılarına ait asansör sistemleri de mevzuattaki koşulları sağlayacak niteliklere sahiptir. Ancak mevzuattaki sayılar belirlenirken yapının özelliklerinin kapsamlı olarak ele alınmamış olması ve sistemin hangi koşullarda kullanılacağı net bir şekilde açıklanmamış olması bina kullanım sürecinde önemli bir sorun teşkil edebilir. Her ne kadar umumi binalarda asansör kullanımı yerine merdiven kullanımı yoğun olarak görülsede elde edilen analiz sonuçlarına göre mevzuattaki asansör sayılarının yetersiz kalabildiği görülmektedir. Yapılan çalışma üzerinden, incelenmiş MEB'e ait tip projelere sahip eğitim yapılarındaki asansörlerin sadece engelli kullanıcılar tarafından kullanıldığı durumda sistemin talebi karşılayabileceği düşünülmektedir. Ancak engelli kullanıcılar dışındaki kullanıcıların da düşey dolaşım için asansör opsiyonunu değerlendirmesi bekleme sürelerini artıracak ve sistemin yetersiz kalmasına sebep olacaktır. Bu da mevzuattaki sayıların sadece engelli kullanıcıların asansör kullanım durumu düşünülerek asansör tasarımının yapıldığını düşündürmektedir. Umumi binalar için merdiven kullanım oranı yüksek olsa da asansörlerin de kullanılabilmesi göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak herhangi bir fiziksel engeli bulunmayan kullanıcıların da asansörleri kullanabileceği öngörülmelidir. Ayrıca asgari şartlarda olması gereken 1 asansörün, herhangi bir sebeple geçici olarak kullanılmadığı durum ya da salgın hastalık kaynaklı kapasitelerin azaltıldığı durumdaki dayanımı da göz önünde bulundurularak asansör tasarımı yapılmalıdır. Bu noktada da asansör tasarımının tüm kullanıcılar için belli bir oranda kullanım öngörülebilecek şekilde belirlenmesi ve kapsamlı bir asansör trafik analiziyle taşıma kapasitelerinin belirlenmesi, yapı operasyon sürecinde daha verimli bir kullanım sağlayabilir.

Literatürde, eğitim yapılarındaki asansörlere ilişkin kapasite ve sürelerin yeterliliklerinin net olarak belirlenmemiş olması da çalışmada görülen bir diğer önemli noktadır. CIBSE Guide D'de bekleme süreleri açısından ofis yapıları için belirlenen değerlerin adres gösterilmesi güncel MMO kılavuzunda eğitim yapıları için azami bekleme süresinin belirtilmemektedir. Mevzuatta ise umumi bina olarak genel kapsamda değerlendirilmektedir. Yapı tipinin karakteristik özellikleri ve beraberinde getirdiği kullanıcı profilinin asansör trafiği için önemli bir kriter olduğu düşünüldüğünde eğitim yapıları için daha kapsamlı bir analiz yönteminin önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada incelenen ilkökul yapısındaki kullanıcı profili ile lise yapısının kullanıcı profili birbirinden farklıdır. Üstelik bu durum ikisi de umumi bina olarak değerlendirilen bir eğitim yapısı ile bir ofis yapısındaki merdiven/asansör kullanım oranının değerlendirilmesinde çok daha büyük farklılıkları beraberinde getirebilir. Bu nedenle tüm umumi binaları kapsayacak şekilde genel bir asansör hesabından ve asansör tasarımından söz etmek yerine yapıya göre özelleştirilmiş bir asansör tasarımı önemli görülmektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu araştırma, Dostcan Deligöz'ün Timuçin Harputlugil danışmanlığında yürüttüğü Yoğun Kullanımlı Yapılarda Düşey Sirkülasyon Sistemlerinin Kullanıcı Odaklı Optimizasyonuna Yönelik Stratejilerinin Geliştirilmesi başlıklı yüksek lisans tezine

dayanmaktadır. Yazarlar, Çankaya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından MF.20.006 numaralı proje kapsamında finanse edilen araştırmaya değerli katkılarından dolayı, Çankaya Üniversitesi'ne teşekkür eder.

Kaynakça (References)

1. Rengel R.J., Shaping Interior Space, Fairchild Publications, New York, 2014.
2. Bitgood S., An Analysis of Visitor Circulation: Movement Patterns and The General Value Principle, Curator: The Museum Journal, 2006.
3. Sarı A., Düşey Sirkülasyon Araçları Merdivenler, YEM Yayınları, İstanbul, 2019.
4. Barney G.C., Al-Sharif L., Elevator Traffic Handbook: Theory and Practice, Routledge, London, 2016.
5. Batasalem A. C., Gaba J.M.B., Ngo J.B.O., Ticug J.R.G., Ngo C.A.M., Static Zoning Division Elevator Traffic Simulation, Proceedings of the 2019 Winter Simulation Conference, National Harbor-USA, 145-156, 2019.
6. CIBSE GUIDE D., Transportation System in Building, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London, 2015.
7. Çolakoğlu A., Suter G., Çağdaş G., A Decision Support Model for Elevator System Design in Tall Buildings, Sürdürülebilir Sayısal Ekolojiler: Sayısal Tasarım, Malzeme, Başarım, İstanbul, 24-37, 25-26 Haziran 2015.
8. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 30113, T.C. Resmi Gazete, 03 07 2017.
9. Makine Mühendisleri Odası, Asansörlerde Durum Raporu 2018 – Uygulamalar ve Yapılması Gerekenler, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara, 2018.
10. Engelliler Hakkında Kanun. Engelliler Hakkında Kanun. 25868, T.C. Resmi Gazete, 7 7 2005.
11. Fiziksel Engelliler İçin Okul Binalarında Yapılması Gereken Düzenlemeler, 9648, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı 2009/90, 17 12 2009.
12. İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı, 2015 Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2015.
13. Asansörlerin Tasarımına İlişkin Usul ve Esaslara Dair. Asansörlerin Tasarımına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Tebliğ, 30096, T.C. Resmi Gazete, 17 12 2019.
14. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Makina Mühendisleri Odası Asansör Mühendis Yetkilendirme Yönetmeliği. 24638, T.C. Resmi Gazete, 12 01 2002.
15. Makine Mühendisleri Odası, Asansör Avan Projesi Hazırlama Teknik Esasları (MMO/697), Makine Mühendisleri Odası, İzmir, 2020.
16. Çiflikli C., Tartan E. Ö., Simulation of Elevator Group Systems, Engineer and Machinery, 59(693), 1-18, 2018
17. İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı, İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı Proje Kataloğu, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2020.
18. Aile ve Yaşlı Hizmetleri Müdürlüğü, Engelli ve Yaşlı İstatistik Bülteni 2020-Ocak, T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Ankara, 2020.
19. Neyzi O., Bunak R., Gökçay G., Günöz H., Furman A., Darendeliler F., Baş F., Weight, Height, Head Circumference and Body Mass Index References for Turkish Children, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 51, 1-14, 2008.
20. Al-Sharif L., Peters R., Using the Monte Carlo Simulation to Evaluate the Round-Trip Time Under Destination Group Control, The 9th Symposium on Lift & Escalator Technology, Northampton, 2018.
21. Gerstenmeyer S., Peters R., Reverse Journeys and Destination Control, The 4th Symposium on Lift & Escalator Technology, Northampton, 2014.
22. Peters-Research. About Elevate. <https://peters-research.com/index.php/elevate/about-elevate>. Erişim Tarihi Ekim 26, 2020.
23. Peters R, Simulation for Control System Design and Traffic Analysis. The International Congress on Vertical Transportation Technologies: ELEVCON ZURICH, Zürich, 1998.